

*А.Я. Калиновський, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ,  
С.В. Говаленков, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
Р.І. Коваленко, ад'юнкт, НУЦЗУ*

**ОЦІНКА ПАРАМЕТРУ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОТОКУ ВИКЛИКІВ,  
КОЛИ ВИНИКАЄ ЙМОВІРНІСТЬ ВІДСУТНОСТІ ВІЛЬНИХ  
ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ АВТОМОБІЛІВ  
ДЛЯ ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ В ДЕРЖАВНИХ  
ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛАХ М. ХАРКОВА**

(представлено д.т.н. Ларіним О.М.)

Проведено оцінку параметру інтенсивності потоку викликів при якому наступає ймовірність того, що пожежно-рятувальних автомобілів в державних пожежно-рятувальних підрозділах м. Харкова буде недостатньо для обслуговування викликів на основі основних положень теорії надійності і теорії ймовірності.

**Ключові слова:** інтенсивність потоку викликів, пожежно-рятувальні автомобілі, оцінка готовності парку пожежно-рятувальних автомобілів до виконання дій за призначенням.

**Постановка проблеми.** В ході досліджень проведених у роботі [1] було встановлено, що впродовж 2009-2014 років в м. Харкові спостерігається стрімке зростання кількості пожеж, і як наслідок (так як виїзди на ліквідацію пожеж складають 78% викликів), зростає число викликів, які надходять до державних пожежно-рятувальних частин (ДПРЧ). У 2014 році траплялися випадки, коли на обслуговування 1-го виклику залучалося 19 оперативних відділень. Мали місце також випадки одночасного виникнення декількох викликів на обслуговування яких залучалася переважна більшість сил та засобів ДПРЧ м. Харкова. Відповідно при обґрунтуванні штатної чисельності особового складу та спеціальної техніки в підрозділах, необхідно враховувати характеристики потоку викликів, що потребує детального дослідження їх інтенсивності та структури, тому тема дослідження є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах [2–3] було встановлено, що потоки викликів, які надходять до ДПРЧ можна описати законом розподілу Пуассона, а часові інтервали процесу обслуговування викликів згідно [3] законом розподілу Ерланга. У роботі [4] було проведено перевірку виконання названих статистичних закономірностей для процесу оперативного функціонування ДПРЧ м. Харкова, де була встановлена їхня відповідність. Виходячи з результатів досліджень [2–4] стає очевидним, що процес оперативного функціонування ДПРЧ можна адекватно описати певними статистичними закономірностями. Дана гіпотеза дозволяє зробити припущення про можливість проведення оцінки ймовірності потоку викликів, коли кількості пожежно-рятувальних автомобілів (ПРА) для обслуговування одночасних викликів в м. Харкові буде недостатньо, користуючись положеннями теорії ймовірностей. Дослідниками в роботах [3, 5–8] запро-

понована методика визначення необхідної кількості ПРА для ДПРЧ, яка ґрунтується на основних підходах теорії масового обслуговування, суть яких зводиться до розрахунку імовірності того, що при обслуговуванні викликів в населеному пункті буде одночасно зайнято  $k$  автомобілів. В той же час проведення оцінки інтенсивності потоку викликів, коли кількості ПРА в населеному пункті буде не достатньо для обслуговування одночасних викликів в роботах, що наведені вище, проведено не було.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою роботи є визначення параметру інтенсивності, методами теорії імовірності та теорії масового обслуговування, за умови недостатньої кількості сил та засобів для обслуговування всіх викликів, при певній інтенсивності надходження викликів. Необхідні статистичні дані для проведення відповідної оцінки наведено в роботі [1].

Розрахуємо середню приведену кількість автомобілів на один виклик за наступною формулою

$$n_{\text{ср.п}} = \sum_{i \geq 1}^{19} n_i \cdot \frac{N_i}{N_k}, \text{ авт./виклик}, \quad (1)$$

де  $n_i$  – кількість автомобілів, які виїздили на обслуговування викликів коли було залучено 1, 2, 3...19 відділень (згідно статистичних даних [1]);  $N_i$  – кількість викликів на обслуговування яких залучалося 1, 2, 3...19 відділень (згідно наявних статистичних даних);  $N_k$  – загальна кількість викликів на які виїжджали підрозділи (згідно статистичних даних)

$$n_{\text{ср.п}} = 1,6312, \text{ авт./виклик}.$$

Так як в результаті розрахунку було визначено показник приведеної кількості автомобілів на один виклик у вигляді дрібного числа, ми пропонуємо округлювати його в більшу та в меншу сторону і надалі розрахунки проводити при двох показниках  $n_{\text{ср.п}}$ :

$$n^1 = \lfloor n_{\text{ср.п}} \rfloor = 1;$$

$$n^2 = \lceil n_{\text{ср.п}} \rceil = 2.$$

Оцінимо ймовірність зайнятості парку ПРА (під зайнятістю розуміється перебування ПРА на обслуговуванні виклику) за наступною формулою

$$Q = \sum_{i=1}^L \frac{T_i}{T}, \quad (2)$$

де  $L$  – параметр часу (рік, квартал, місяць, тиждень, доба, година і т.д.);  $T$  – час спостереження, год.;  $T_i$  – час зайнятості підрозділів обслуговуванням викликів, год.

Так як у роботі [1] було докладно досліджено функціонування

ДПРЧ м. Харкова за період 2014 року, тому час спостереження  $T$  приймається 8760 год. Впродовж 2014 року ДПРЧ м. Харкова були зайняті на обслуговуванні викликів 5009 год. ( $T_i$ ), а тому ймовірність зайнятості парку становить 0,572.

Оцінимо готовність всього парку ПРА до виконання завдань за призначенням наступним чином

$$P_{\hat{a}} = 1 - Q = 1 - 0,572 = 0,428. \quad (3)$$

Виконаємо оцінку готовності ПРА до виконання завдань за призначенням за наступною формулою [9]

$$P = \sqrt[n]{P_{\hat{a}}}, \quad (4)$$

де  $n$  – визначений показник приведеної кількості ПРА на один виклик, авт./виклик.

$$P^1 = \sqrt[1]{0,428} = 0,428;$$

$$P^2 = \sqrt[2]{0,428} = 0,654.$$

Розрахуємо ймовірність того, що при надходженні чергового виклику не готово рівно  $i$  машин (де  $i=0, 1, 2, \dots, 19$ ) за формулою Бернуллі [10]

$$P_i = C_k^i \cdot P^i \cdot (1-P)^{k-i} = \frac{k!}{i!(k-i)!} \cdot P^i \cdot (1-P)^{k-i}, \quad (5)$$

де  $k$  – сумарна кількість ПРА, що знаходяться в ДПРЧ і виїзять на обслуговування викликів ( $k=47$ );  $P$  – оцінка готовності ПРА до виконання завдань за призначенням ( $P^1$  і  $P^2$ ).

Визначимо інтенсивність викликів, коли на виклик залучається 1, 2, 3 ... 19 ПРА

$$\lambda_i = \frac{N_i}{8760}, \text{ год}^{-1}, \quad (6)$$

де  $N_i$  – кількість викликів на обслуговування яких залучалося 1, 2, 3 ... 19 ПРА (згідно статистичних даних наведених в роботі [1]).

При інтенсивності викликів, коли на обслуговування виклику необхідно, наприклад, рівно два ПРА відмова у наданні допомоги може наступити у випадках коли не готові всі ПРА (подія А), або коли не готово рівно 46 ПРА з 47-ми наявних (подія Б). Дані події являються несумісними, а ймовірність суми цих подій, тобто того, що відбудеться або подія А або подія Б, дорівнює сумі ймовірностей цих подій і обчислюється за формулою [10]

$$P(A + B) = P(A) + P(B). \quad (7)$$

Відповідно кожній інтенсивності надходження викликів (котра являється також свого роду ймовірнісною оцінкою), коли на обслуговування виклику необхідно рівно 1, 2, 3 ... 19 ПРА буде відповідати певна сума ймовірностей  $P_i$ . Величини  $\lambda_i$  і  $P_i$  з точки зору теорії ймовірностей є взаємозалежними, а вірогідність їх настання (подія  $V_i$ ) є добутком відповідних ймовірностей. При настанні однієї з  $V_i$ -подій виникає ситуація, коли відбувається відмова обслуговування виклику. Інтенсивність потоку викликів коли числа ПРА для обслуговування виклику, що надійшов буде недостатньо буде оцінюватися за формулою повної імовірності [10]

$$\lambda = P_0 \cdot \lambda_1 + P_1 \cdot \lambda_2 + \dots + P_{i-1} \cdot \lambda_i + P_{18} \cdot \lambda_{19}, \text{ год}^{-1}. \quad (8)$$

**Висновки.** В ході проведення відповідних розрахунків було виконано оцінку інтенсивності потоку викликів у випадку виникнення імовірності того, що кількості ПРА для обслуговування виклику, який надійшов буде недостатньо. При  $n^1$  параметр  $\lambda=2,74 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$ , а при  $n^2$  параметр  $\lambda=3,71 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$ , тобто при таких достатньо невисоких параметрах інтенсивності потоку викликів вже виникає імовірність того, що чисельності ПРА в ДПРЧ буде недостатньо для обслуговування викликів. Такі низькі параметри інтенсивності потоку викликів можна пояснити стохастичною природою характеру НП, при ліквідації деяких з них можуть залучатися майже всі наявні сили та засоби підрозділів ДПРЧ, що підтверджено статистичними дослідженнями проведеними в роботі [1]. Надалі планується провести дослідження впливу чисельності ПРА, які перебувають на оснащенні ДПРЧ, на параметри ймовірності травмування або загибелі населення та на можливу величину збитків в результаті виникнення НП в м. Харкові.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ларін О.М. Дослідження параметрів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів міста Харкова на сучасному етапі для розробки програмного блоку «ПРОГНОЗ НС» / О.М. Ларін, А.Я. Калиновський, Р.І. Коваленко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – 2015. – №62 (1171). – С. 77-83.
2. Анциферов Д.С. Анализ закономерностей потока вызовов противопожарной службы Кемеровской области [Электронный ресурс] / Анциферов Д.С. // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». – 2014. – №1 (53). – С. 75-77. – Режим доступа к журн. : <http://academygps.ru/uploads/files/uhxDoQo7S81igVBDJh19.pdf>.
3. Алехин Е.М. Разработка компьютерной имитационной системы для проектирования и экспертизы деятельности противопожарных служб городов автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук: 05.13.10, 05.13.06 / Алехин Евгений Михайлович. – М., 1998. – 24 с.
4. Коваленко Р.І. Дослідження основних статистичних закономірностей процесу функціонування державних пожежно-рятувальних частин міста Харкова [Электронный ресурс] / Коваленко Р.І. // Сб. науч.

трудов «Проблемы пожарной безопасности». – Харьков: НУГЗУ, 2016. – Вып. 39. – С. 129-136. – Режим доступа к журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol39/Kovalenko.pdf>.

5. Брушлинский Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы [Текст] : учебник / Брушлинский Н.Н. – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.

6. Брушлинский Н.Н. Безопасность городов. Имитационное моделирование городских процессов и систем [Текст] : учеб. пособие / Н.Н. Брушлинский, Ю.И. Коломиец, С.В. Соколов, П.М. Вагнер. – ФАЗИС, 2004. – 172 с.

7. Соколов С.В. Методологические основы разработки и использования компьютерных имитационных систем для исследования деятельности и проектирования аварийно-спасательных служб в городах: дис. на соискания уч. степени доктора тех. наук: 05.13.10/ Соколов Сергей Викторович – М., 1999. – 298 с.

8. Белов В.А. Проектирование гарнизонов пожарной охраны на основе технологий имитационного моделирования: дис. на соискания уч. степени канд. тех. наук: 05.13.10 / Белов Виктор Александрович – М., 2010. – 149 с.

9. Надежность технических систем и техногенный риск / [Акимов В.А., Лапин В.Л., Попов В.М. и др.]. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002. – 368 с.

10. Бочаров П.П. Теория вероятностей. Математическая статистика / П.П. Бочаров, А.В. Печинкин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 296 с.

*Отримано редколлегією 18.10.2016*

А.Я. Калиновский, С.В. Говаленков, Р.И. Коваленко

**Оценка параметра интенсивности потока вызовов, когда возникает вероятность отсутствия свободных пожарно-спасательных автомобилей для их обслуживания в государственных пожарно-спасательных подразделениях г. Харькова**

Проведена оценка параметра интенсивности потока вызовов, при которой наступает вероятность того, что пожарно-спасательных автомобилей в государственных пожарно-спасательных подразделениях г. Харькова будет недостаточно для обслуживания вызовов на основе основных положений теории надежности и теории вероятности.

**Ключевые слова:** интенсивность потока вызовов, пожарно-спасательные автомобили, оценка готовности парка пожарно-спасательных автомобилей.

A.Y. Kalinovskiy, S.V. Govalenkov, R.I. Kovalenko

**Parameter estimation of intensity stream of calls when there is no likelihood of free fire and rescue vehicles for their service to the state fire and rescue departments of Kharkiv**

The estimation parameter stream intensity challenges with which comes the likelihood that fire-rescue vehicles to the state fire and rescue departments of Kharkiv will be insufficient to service calls based on the main provisions of the reliability theory and the theory of probability.

**Keywords:** intensity of the flow challenges, fire and rescue vehicles, fleet readiness assessment fire and rescue vehicles to perform actions on purpose.