УДК 614.8

А.Я. Калиновський, Р.І. Коваленко

Національний університет цивільного захисту України, Харків

СТАТИСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПОДІЙ, ЯКІ ВИНИКАЮТЬ В МІСТІ ХАРКОВІ

В роботі було проведено статистичне дослідження потоку викликів, які надходять до пожежно-рятувальних підрозділів та перевірено виконання основних статистичних закономірностей, що дозволяє в майбутньому описати даний процес за допомогою імітаційної моделі та на її основі експериментальним шляхом визначити необхідну штатну чисельність пожежно-рятувальних підрозділів.

Ключові слова: *потік викликів, статистичні закономірності, штатна чисельність пожежно-рятувальних підрозділів.*

Постановка проблеми

Щодня в м. Харкові та на території інших населених пунктів виникають різного роду небезпечні події (НП), які несуть загрозу життю і здоров'ю населення, а також спричиняють суттєві матеріальні збитки. Досконалі знання оперативної обстановки, яка пов'язана з виникненням НП, а саме структури викликів пожежно-рятувальних підрозділів, частоти викликів, особливостей нерівномірності потоку викликів і закономірностей їх виникнення, дозволяють побудувати ефективну систему запобігання та реагування на дані деструктивні прояви, що безумовно являється пріоритетним завданням держави при забезпеченні безпеки життя населення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В роботах [1, 2] були проведені статистичні дослідження оперативної обстановки в м. Харкові за період 2014 року. Дослідниками було встановлено, що потік викликів, які надходять до пожежно-рятувальних підрозділів має достатньо нерівномірний характер на який впливають кліматичні особливості пори року, дні тижня (будні, вихідні, святкові) та час доби. Крім цього було встановлено, що потоки викликів з ймовірнісно-статистичної точки зору можна описати законом розподілу Пуассона. Згідно [3, 4] часові інтервали між надходженням викликів, які розподіляються за законом Пуассона можна описати експоненціальним законом розподілу, що було перевірено в ході проведення досліджень [5]. При проведенні статистичних досліджень [1, 2, 5] аналізувалися статистичні дані лише за період 2014 року, що звичайно не дозволяє робити достатньо надійні висновки про особливості оперативної обстановки в м. Харкові, оскільки як вже було зазначено вище потік викликів характеризується певною нерівномірністю, яка може проявлятися циклічно. Зокрема річна циклічна нерівномірність потоку пожеж була досліджена в роботі [6], при цьому дослідниками було встановлено, що в населених пунктах з чисельністю населення менше 1 млн. осіб динаміка змінюється за синусоїдальним законом з періодом в два роки, а для населених пунктів з населенням більше 1 млн. чоловік – з періодом в один рік. Згідно [1] пожежі становлять 78 % від загальної структури викликів, а тому динаміка виникнення пожеж найбільш істотно впливає на інтенсивність потоку викликів.

В роботах [7, 8] з метою побудови комп'ютерної імітаційної системи, яка б адекватно відображала процес функціонування пожежно-рятувальних підрозділів проводились статистичні дослідження для виявлення характерних закономірностей, які властиві потоку викликів та часовим характеристикам процесу обслуговування викликів. В наведених роботах було встановлено, що потоки викликів, які надходять до пожежно-рятувальних підрозділів можна описати законом розподілу Пуассона, інтервали часу між надходженням викликів та час обслуговування викликів особовим складом оперативних підрозділів експоненціальним законом розподілу, а час прибуття підрозділів до місця виклику так, як він є значно меншим від загального часу обслуговування виклику, законом розподілу Ерланга певного порядку, що визначається для кожного населеного пункту шляхом проведення статистичних досліджень.

В роботах [9, 10] з метою проведення адаптації комп'ютерної імітаційної системи, яка була побудована в рамках досліджень [8] до особливостей населених пунктів були проведені відповідні перевірки основних статистичних

© Калиновський А.Я., Коваленко Р.І.

закономірностей, які властиві процесу обслуговування викликів. Необхідність проведення перевірок справедливості властивих процесу надходження та обслуговування викликів статистичних закономірностей пояснюється рекомендаціями наведеними в роботі [4], якими керувалися дослідники в роботах [7-10] тому, що в залежності від особливостей населеного пункту (чисельність населення, площа, кліматичні умови та ін.) описані вище закономірності не завжди можуть виконуватись.

Постановка задачі

З метою детального дослідження оперативної обстановки з НП необхідно провести відповідне статистичне дослідження та перевірити характер нерівномірності потоку викликів продовж періоду 2014-2016 рр. та виконати перевірку основних статистичних закономірностей, які властиві процесу надходження та обслуговування викликів.

Виклад основного матеріалу

Обслуговуванням викликів в м. Харкові займаються 19 державних пожежно-рятувальних частин (ДПРЧ) та аварійно-рятувальний загін спеціального призначення (АРЗ СП). Підрозділи ДПРЧ виїздять переважно на всі види НП, які виникають в м. Харкові крім викликів, що пов'язані з проведенням знешкодження військових боєприпасів, проведенням пошуково-рятувальних водолазних робіт та інші специфічні і складні види робіт. Відповідно на специфічні і складні виклики в м. Харкові залучаються підрозділи АРЗ СП.

Структура викликів підрозділів ДПРЧ м. Харкова за період 2014-2016 рр. наведена в табл. 1.

Таблиця 1.

Причини виїздів ДПРЧ м. Харкова за період 2014-2016 рр.

Причини викликів ДПРЧ	Аналізований період		
	2014 рік, %	2015 рік, %	2016 рік, %
ліквідація наслідків пожеж та вибухів	78	75,13	66,76
проведення аварійно-рятувальних робіт під час дорожньо-транспортних пригод	0,63	0,94	1,62
допомога населенню	11,57	15,7	23,07
чергування	5,51	4,58	5,99
проведення демеркуризації	3,96	2,41	1,85
інші	0,04	1,24	0,72

Ступінь близькості структури викликів ДПРЧ за період 2014-2016 рр. можна оцінити шляхом проведення кореляційного аналізу табл. 2.

Таблиця 2.

Матриця парних кореляцій (причини викликів підрозділів ДПРЧ за період 2014-2016 рр.)

Змінна	Причини викликів (2014 рік)	Причини викликів (2015 рік)	Причини викликів (2016 рік)
Причини викликів (2014 рік)	1	1	0,98
Причини викликів (2015 рік)	1	1	0,99
Причини викликів (2016 рік)	0,98	0,99	1

Проаналізувавши структуру викликів підрозділів ДПРЧ за період 2014-2016 рр. (табл. 1) можна зробити висновок про те, що найбільш частим видом НП є пожежі. Провівши аналіз числових значення коефіцієнтів кореляції (табл. 2) можна прийти до висновку про те, що впродовж останніх 3-х років спостерігається стабільна структура викликів підрозділів ДПРЧ.

Стосовно кількості викликів ДПРЧ та АРЗ СП по м. Харкову то у 2014 році їх було 5403, у 2015 році – 6288, а у 2016 році – 5544. Більшу кількість викликів у 2015 році, порівняно з 2014 та 2016 роками можна пояснити зростанням кількості пожеж у вересні та жовтні 2015 року, що пов'язано з кліматичними умовами та можна спостерігати на гістограмі (рис. 1).

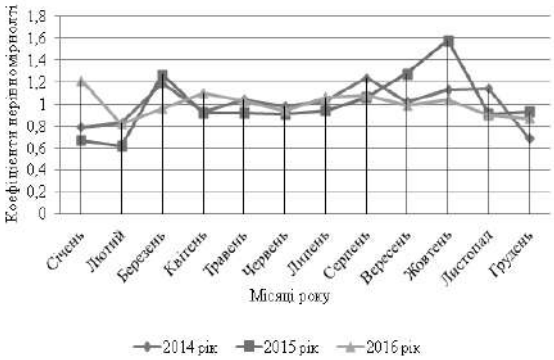

Рис. 1. Коефіцієнти нерівномірності потоку викликів по місяцям 2014-2016 рр.

Для більшої наочності на рис. 1 кількість викликів було відображено у вигляді коефіцієнтів нерівномірності, які були розраховані за наступною формулою:

$$k_i = \frac{N_i}{\frac{\sum_{n=1}^{n} N_i}{n_i}}, \quad (1)$$

де N_i – кількість викликів за аналізований період часу; n_i – кількість циклів в аналізованому періоді (кількість місяців, днів, годин і т.д.).

На гістограмі (рис. 2) зображено характер нерівномірності потоку викликів впродовж доби в м. Харкові за аналізовані періоди 2014-2016 рр. З даної гістограми видно, що максимальні значення інтенсивності потоку викликів спостерігаються у період з 15:00 до 21:00 години, а мінімальні з 04:00 до 08:00 години доби. Ступінь близькості кількості викликів по годинам доби впродовж аналізованих років можна оцінити шляхом проведення кореляційного аналізу. В табл. 3 відображені розрахункові значення коефіцієнтів кореляції, які свідчать про сильну подібність параметрів нерівномірності потоку викликів.

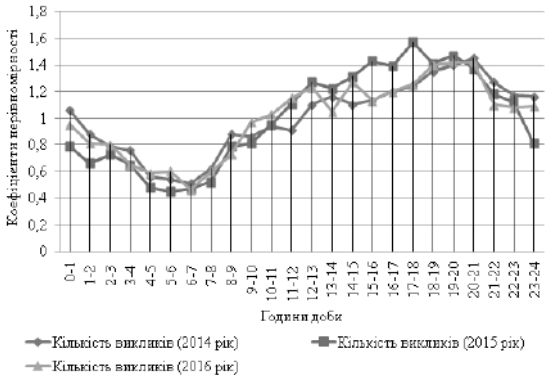

Рис. 2. Коефіцієнти нерівномірності потоку викликів по годинам доби в м. Харкові за 2014-2016 рр.

Таблиця 3.

Матриця парних кореляцій (кількість викликів по годинам доби 2014-2016 рр.)

Змінна	Кількість викликів (2014 рік)	Кількість викликів (2015 рік)	Кількість викликів (2016 рік)
Кількість викликів (2014 рік)	1	0,89	0,93
Кількість викликів (2015 рік)	0,89	1	0,93
Кількість викликів (2016 рік)	0,93	0,93	1

З метою перевірки статистичної гіпотези про те, що потоки викликів, які надходять до ДПРЧ можна описати законом розподілу Пуассона було використано програмний продукт STATISTICA. У якості критерію узгодженості було обрано критерій Романовського, що дозволяє на відміну від критерію Пірсона не звертатись до спеціальних таблиць (для того щоб знайти критичне значення критерію). Знаючи розрахункове значення критерію χ^2 Пірсона за наступною формулою можна визначити розрахункове значення критерію Романовського [4]:

$$R = \frac{\left|\chi^2 - s\right|}{\sqrt{2s}}, \quad (2)$$

де χ^2 – розрахункове значення критерію узгодженості Пірсона; s – кількість степенів свободи.

Кількість степенів свободи визначається за наступною формулою [3]:

$$s = k - r - 1, \quad (3)$$

де k – кількість груп вибірки; r – кількість параметрів передбачуваного розподілу.

У випадку, якщо розрахункові значення критерію Романовського $R<3$, то можна стверджувати, що висунута статистична гіпотеза є підтвердженою [4].

Для того щоб не виконувати перевірку статистичної гіпотези для всіх ДПРЧ м. Харкова необхідно провести групування підрозділів за показником частоти викликів. При цьому для кожного підрозділу було визначено по чотири показники частоти викликів:

а) частота загального потоку викликів;

б) частота викликів на НП, які пов’язані з виникненням пожеж та негативних чинників, що з ними пов’язані;

в) частота викликів на НП, оперативні роботи особового складу пожежно-рятувальних підрозділів на яких пов’язані з проведенням ліквідації наслідків витоку та/або викиду різноманітних хімічних речовин;

г) частота викликів, які пов’язані з наданням допомоги населенню (витягування людей з ям та погребів, відкривання дверей будинків та квартир, допомога населенню та працівникам швидкої медичної допомоги у перенесенні хворих та ін.).

Групування проводилося за допомогою використання програмного продукту STATISTICA шляхом проведення кластерного аналізу.

Для проведення категорування ДПРЧ за частотою викликів на першому етапі було проведено ієрархічний кластерний аналіз. Як міра відстані для ознак кластеризації була обрана евклідова метрика. Для побудови ієрархічної структури був використаний метод Варда, в якому оцінки відстаней між групами знаходяться методом дисперсійного аналізу. В результаті проведення ієрархічного кластерного аналізу було побудовано

вертикальну дендрограмму (рис. 3), за допомогою якої було виділено окремі групи.

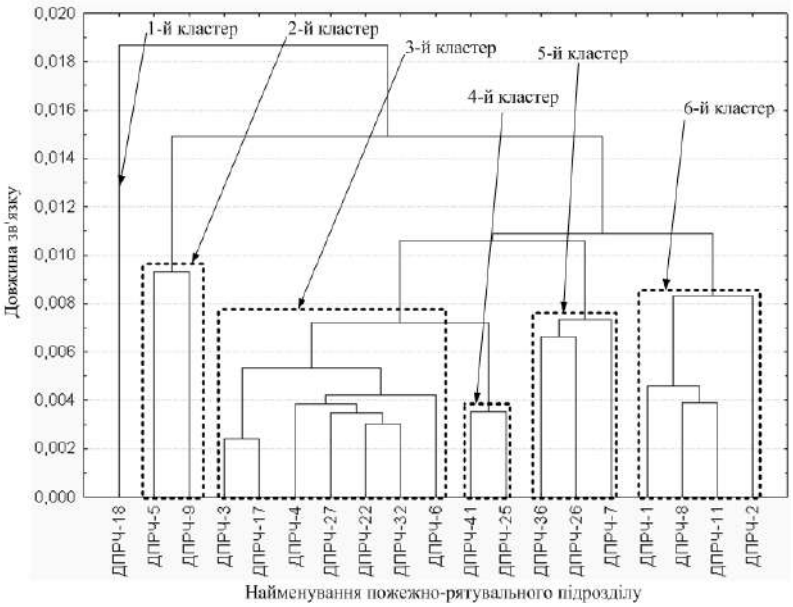

Рис. 3. Результати кластеризації (групування) ДПРЧ за частотою викликів

Для перевірки точності отриманих в результаті ієрархічного кластерного аналізу результатів було використано ітеративний метод групування *k*-середніх. На відміну від ієрархічних агломеративних методів, які вимагають розрахунку і зберігання матриці схожості між об'єктами розмірністю $N \times N$, ітеративні методи працюють безпосередньо з первинними даними, а тому з їх допомогою можна обробляти доволі значні об'єми даних. Більш того, ітеративні методи роблять декілька переглядів даних і можуть компенсувати наслідки поганого початкового розбиття даних, тим самим усуваючи головний недолік ієрархічних агломеративних методів. Мірою відстані для ознак кластеризації в ітеративному методі групування *k*-середніх є евклідова метрика. Число кластерів було визначене за дендрограмою (рис. 3), на якій обрано їх кількість за принципом наочності кластеризації.

Результати групування підрозділів за частотою викликів при проведенні кластеризації методом *k*-середніх відображені в табл. 4.

На рис. 4 відображена діаграма розподілу емпіричного і теоретичного потоку викликів ДПРЧ-3 м. Харкова.

Розрахункові значення критеріїв узгодженості χ^2 та Романовського при проведенні перевірки гіпотези про те, що потік викликів, які надходять до ДПРЧ м. Харкова можна описати законом розподілу Пуассона відображені в табл. 5. При аналізі даних наведених в табл. 5 можна зробити висновок про те, що потік викликів, які надходять до ДПРЧ м. Харкова можна описати законом розподілу Пуассона.

Таблиця 4.

Результати проведення кластерного аналізу ітераційним методом *k*-середніх

Номер кластеру	Найменування пожежно-рятувального підрозділу	Загальна кількість викликів, яка надходила до ДПРЧ за період 2016 року	Середнє значення загальної кількості викликів по ДПРЧ
1	ДПРЧ-6	325	312
	ДПРЧ-32	303	
	ДПРЧ-22	283	
	ДПРЧ-17	358	
	ДПРЧ-4	294	
	ДПРЧ-27	261	
	ДПРЧ-3	357	
2	ДПРЧ-25	212	200
	ДПРЧ-41	188	
3	ДПРЧ-7	137	93
	ДПРЧ-26	90	
	ДПРЧ-36	51	
4	ДПРЧ-11	453	442
	ДПРЧ-8	442	
	ДПРЧ-1	430	
5	ДПРЧ-2	519	519
6	ДПРЧ-9	588	601
	ДПРЧ-18	690	
	ДПРЧ-5	524	

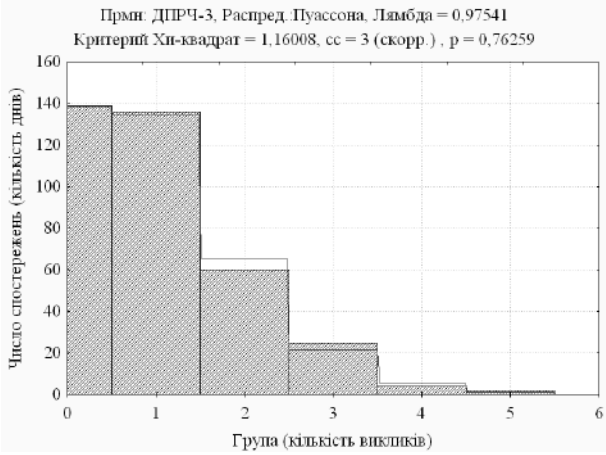

Рис. 4. Порівняння емпіричного і теоретичного розподілу кількості викликів, які надходили до ДПРЧ-3

Таблиця 5.

Значення критеріїв узгодженості χ^2 та Романовського (перевірка можливості опису потоку викликів законом розподілу Пуассона)

Відношення до кластеру	Найменування підрозділу	Розрахункове значення критерію χ^2	Розрахункове значення критерію Романовського
1	ДПРЧ-3	1,16008	0,751
2	ДПРЧ-25	3,25773	0,629
3	ДПРЧ-7	2,54934	1,096
4	ДПРЧ-1	1,95516	0,427
5	ДПРЧ-2	10,84357	2,43
6	ДПРЧ-18	0,78555	1,135

Згідно з [3] у випадку, якщо потік викликів описується законом розподілу Пуассона, то часові інтервали між надходженням викликів можна описати експоненціальним законом розподілу. Для перевірки даної статистичної гіпотези враховуючи значний масив статистичних даних необхідно виконати вибіркові статистичні дослідження. Для цього необхідно виконати повторно поділ ДПРЧ на групи і при цьому виконати їх укрупнення. На дендрограмі, яка зображена на рис. 3 було виділено три кластери (рис. 5).

В табл. 6 наведено три групи ДПРЧ, які були отримані після проведення кластерного аналізу методом *k*-середніх.

З трьох груп ДПРЧ було обрано три підрозділи на вибір (ДПРЧ-5, ДПРЧ-41, ДПРЧ-3) та виконано вибірку зі статистичних даних за період 1-го кварталу 2016 про часові інтервали між надходженням викликів до них. Після цього було проведено перевірку даної статистичної гіпотези.

На рис. 6 відображена діаграма розподілу емпіричного і теоретичного часового інтервалу між надходженням викликів до ДПРЧ-5 м. Харкова, а в табл. 7 розрахункові значення критеріїв узгодженості χ^2 та Романовського проаналізувавши, які можна зробити висновок про підтвердження висунутої гіпотези.

Таблиця 6.

Результати проведення кластерного аналізу ітераційним методом *k*-середніх

Номер кластеру	Найменування пожежно-рятувального підрозділу	Загальна кількість викликів, яка надходила до ДПРЧ за період 2016 року	Середнє значення загальної кількості викликів по ДПРЧ
1	ДПРЧ-11	453	521
	ДПРЧ-8	442	
	ДПРЧ-1	430	
	ДПРЧ-2	519	
	ДПРЧ-9	588	
	ДПРЧ-18	690	
	ДПРЧ-5	524	
2	ДПРЧ-7	137	117
	ДПРЧ-26	90	
	ДПРЧ-36	51	
	ДПРЧ-41	188	
3	ДПРЧ-6	325	299
	ДПРЧ-32	303	
	ДПРЧ-22	283	
	ДПРЧ-17	358	
	ДПРЧ-4	294	
	ДПРЧ-27	261	
	ДПРЧ-3	357	
	ДПРЧ-25	212	

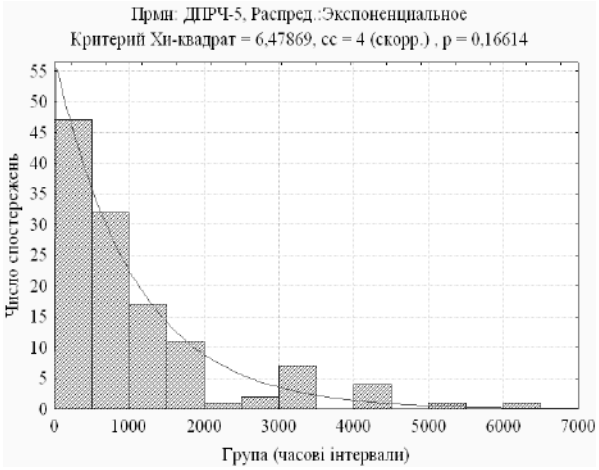

Рис. 6. Порівняння емпіричного і теоретичного розподілу інтервалів часу між надходженням викликів до ДПРЧ-5

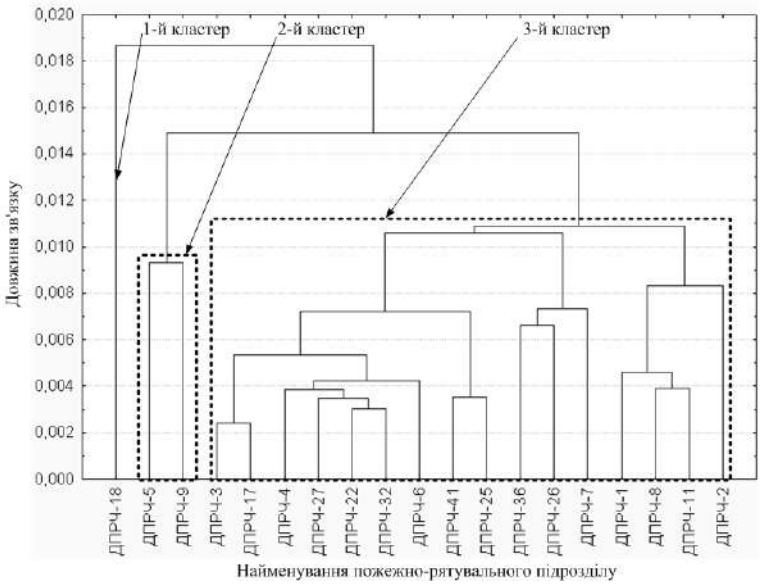

Рис. 5 - Результати кластеризації (групування) ДПРЧ за частотою викликів

Таблиця 7.

Значення критеріїв узгодженості χ^2 та Романовського (перевірка можливості опису часових інтервалів між надходженням викликів до ДПРЧ експоненціальним законом розподілу)

Відношення до кластеру	Найменування підрозділу	Розрахункове значення критерію χ^2	Розрахункове значення критерію Романовського
1	ДПРЧ-5	6,47869	0,88
2	ДПРЧ-41	6,23439	0,393
3	ДПРЧ-3	4,0899	0,29

Важливе значення при аналізі діяльності пожежно-рятувальних підрозділів мають такі часові характеристики, як час прямування до місця виклику та загальний час обслуговування викликів (час від моменту виїзду особового складу підрозділу на виклик і до моменту повернення його з виклику). Від часу прямування особового складу підрозділів до місця виклику залежать можливі розміри збитків та ризик травмування і загибелі людей від небезпечних чинників НП, а тому в багатьох країнах світу час прямування підрозділів до місця виклику є нормованим значенням і в середньому не повинен перевищувати (для особового складу підрозділів, які зосереджені в місті) 10 хв [11].

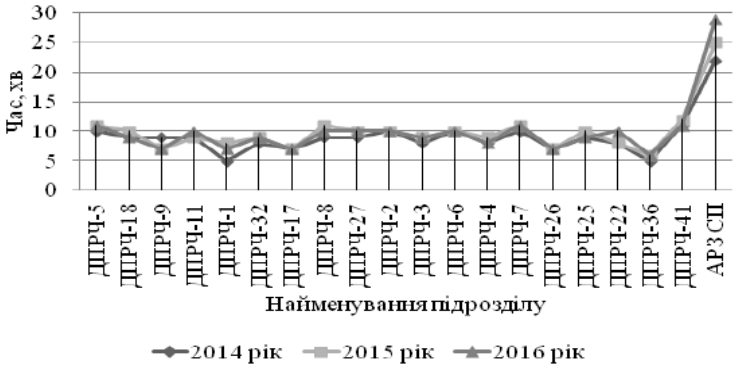

Рис. 7. Середній час прямування підрозділів ДПРЧ та АРЗ СП м. Харкова

На рис. 7 наведено середні значення часу прямування особового складу ДПРЧ та АРЗ СП до місця виклику. Для підрозділів ДПРЧ середній час прямування за період 2016 року складав 9 хв, а для АРЗ СП – 29 хв. Більший показник середнього часу прямування особового складу підрозділу АРЗ СП у порівнянні з аналогічним показником у ДПРЧ можна пояснити значним територіальним віддаленням першого у порівнянні з більшістю місць викликів на території міста. Показник варіації середнього часу прямування особового складу підрозділів ДПРЧ до місця виклику за оцінюваний період (2014-2016 рр.) складав 3,3 %, а для особового складу підрозділу АРЗ СП – 11,32 %.

На рис. 8 наведено середній час обслуговування викликів особовим складом підрозділів ДПРЧ. Середній показник даної часової характеристики для підрозділів ДПРЧ за оцінюваний період складав 63 хв, а показник варіації 0,64 %.

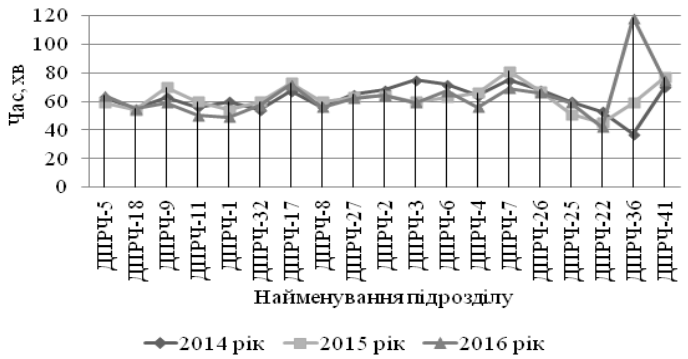

Рис. 8. Середній час зайнятості підрозділів ДПРЧ м. Харкова на обслуговуванні виклику

Висновки

В ході проведення статистичного дослідження характеру НП, які виникають в м. Харкові було встановлено, що:

- основним видом НП, які виникають на території м. Харкова є пожежі, які становлять в середньому майже 74 % причин викликів підрозділів ДПРЧ;
- потік викликів, які надходять до ДПРЧ м. Харкова характеризується нерівномірністю, що залежить від кліматичних умов і часу доби та може бути описаним законом розподілу Пуассона, а часові інтервали між надходженням викликів експоненціальним законом розподілу;
- при опрацюванні статистичних даних були визначені середні значення часових характеристик процесу обслуговування викликів: час прямування до місця виклику та загальний час обслуговування викликів.

В подальшому результати досліджень планується використати при вирішенні задач визначення необхідної штатної чисельності пожежно-рятувальних автомобілів в підрозділах.

Література

1. *Ларін, О.М. Дослідження параметрів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів міста Харкова на сучасному етапі для розробки програмного блоку «ПРОГНОЗ НС» [Текст] / О.М. Ларін, А.Я. Калиновський, Р.І. Коваленко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: зб. наук. праць. – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. - №62 (1171). – С. 77-83. (Серія «Нові рішення у сучасних технологіях»).*
2. *Коваленко, Р.І. Дослідження основних статистичних закономірностей процесу функціонування державних пожежно-рятувальних частин міста Харкова [Електронний ресурс] / Р.І. Коваленко // Проблемы пожарной безопасности: сб. науч. трудов. – Х.: НУГЗУ, 2016. – Вып. 39. – С. 129-136. ─ Режим доступу: http://books.nuczu.edu.ua/list.php?IDlist=Q_1#up*
3. *Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учеб. пособие для вузов / Гмурман В. Е. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.*
4. *Брушлинский, Н.Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы [Текст]: учебник / Н.Н. Брушлинский – М.: МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.*
5. *Ларін, О.М. Розробка методики визначення чисельності парку автомобілів в пожежно-рятувальних підрозділах [Текст] / О.М. Ларін, А.Я. Калиновський, Р.І. Коваленко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. - №130. – С. 92-100. - (Серія: «Технічні науки та архітектура»).*
6. *Войтович, Д.П. Підвищення ефективності функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 21.06.02 / Войтович Д.П.; Львівський державний університет безпеки життєдіяльності. - Львів, 2011. – 20 с.*
7. *Алехин, Е.М. Разработка компьютерной имитационной системы для проектирования и экспертизы деятельности противопожарных служб городов [Текст]: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. техн. наук : 05.13.10, 05.13.06 / Алехин Евгений Михайлович. – М., 1998. – 24 с.*
8. *Соколов, С.В. Методологические основы разработки и использования компьютерных имитационных систем для исследования деятельности и проектирования аварийно-спасательных служб в городах [Текст]: дис. на соиск. уч. степени доктора тех. наук: 05.13.10 / Соколов Сергей Викторович – М., 1999. – 298 с.*
9. *Климкин, В.И. Совершенствование организации и управления оперативной деятельностью пожарных подразделений города Москвы на основе применения технологий имитационного моделирования [Текст]: дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук: 05.13.10 / Климкин Виктор Иванович – М., 2005. – 141 с.*

10. Белов, В.А. Проектирование гарнизонов пожарной охраны на основе технологий имитационного моделирования [Текст]: дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук: 05.13.10 / Белов В.А. – М., 2010. – 149 с.
11. Мамон, В.П. Разработка метода определения маршрутов следования пожарных автомобилей к очагам пожаров [Текст]: дис. на соиск. уч. степени канд. тех. наук : 05.26.03 / Мамон Вадим Полиевктович – Х., 1998. – 187 с.

References

1. Larin, O.M., Kalynovsky, A.Ya., Kovalenko, R.I. (2015). Study parameters of the fire and rescue units city of Kharkov at this stage for the development of the block «WEATHER EMERGENCIES». Proceedings of the National Technical University «KPI», 62 (1171), 77-83.
2. Kovalenko, R.I. (2016). Study basic statistical regularities of the functioning of the state fire and rescue units city of Kharkov. Retrieved from http://books.nuczu.edu.ua/list.php?IDlist=Q_1#up
3. Gmurman, V.E. (2003). Theory of Probability and Mathematical Statistics (9rd ed.). Moscow: Higher School.
4. Brushlinsky, N.N. (1998). System analysis of the State Fire Service. Moscow: Moscow Fire Safety Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia.
5. Larin, O.M., Kalynovsky, A.Ya., Kovalenko, R.I. (2016). Development of methods for determining the size of the vehicle fleet in fire-rescue units. Utilities city, 130, 92-100.
6. Voitovych, D.P. (2011). Improving the efficiency of fire-rescue units during fire suppression in. (Doctoral dissertation). National Library of Ukraine Vernadsky.
7. Alekhin, E.M. (1998). Development of a computer simulation system for designing and examining the activities of fire services in cities. (Doctoral dissertation). National Library of Ukraine Vernadsky
8. Sokolov, S.V. (1999). Methodological bases for the development and use of computer simulation systems for researching the activities and design of emergency services in cities. (Doctoral dissertation). National Library of Ukraine Vernadsky.
9. Klimkin, V.I. (2005). Improvement of the organization and management of operational activities of fire departments of Moscow based on the use of simulation technologies. (Doctoral dissertation). National Library of Ukraine Vernadsky.
10. Belov, V.A. (2010). Design of garrisons of fire protection on the basis of simulation technologies. (Doctoral dissertation). National Library of Ukraine Vernadsky.
11. Mamon, V.P. (1998). Development of a method for determining routes for following fire trucks to fires. (Doctoral dissertation). National Library of Ukraine Vernadsky.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Ларін, Національний університет цивільного захисту України

Автор: КАЛИНОВСЬКИЙ Андрій Якович
кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри
Національний університет цивільного захисту України
E-mail - kalinovskiy.a@nuczu.edu.ua

Автор: КОВАЛЕНКО Роман Іванович
ад'юнкт ад'юнктури
Національний університет цивільного захисту України
E-mail - kovalenko@nuczu.edu.ua

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ОПАСНЫХ СОБЫТИЙ, КОТОРЫЕ ВОЗНИКАЮТ В ГОРОДЕ ХАРЬКОВЕ

А.Я. Калиновский, Р.И. Коваленко
Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков

В работе было проведено статистическое исследование потока вызовов, которые поступают в пожарно-спасательные подразделения и призведена проверка выполнения основных статистических закономерностей, что в будущем позволяет описать данный процесс с помощью имитационной модели и на ее основе экспериментальным путем определить необходимую штатную численность пожарно-спасательных подразделений.
Ключевые слова: *поток вызовов, статистические закономерности, штатная численность пожарно-спасательных подразделений.*

STATISTICAL STUDY OF THE NATURE OF HAZARDOUS EVENTS WHICH ARE IN THE KHARKOV CITY

A.Ya. Kalynovsky, R.I. Kovalenko
National University of civil protection of Ukraine, Kharkiv

Every day in the city of Kharkov there are different kinds of dangerous events. For a successful response to them requires a certain number of forces and means of fire and rescue units. One method that allows determining the required number of capabilities is mathematical modeling. To describe the process of service personnel call the fire and rescue units in the statistical study was conducted flow challenges and proven statistical regularities. It was found that the flow of calls obeys the Poisson distribution and the time intervals between the incoming call distributions exponentially. It was also found that most dangerous of all events occur in Kharkov fire, and that the last three years there in a stable operational environment. The research results will be used in determining the required staffing level fire and rescue units.
Keywords: *the flow of calls, statistical regularities, the number of fire-rescue units.*