

УДК 614.842

О.М. Ларін, А.Я. Калиновський, Р.І. Коваленко

Національний університет цивільного захисту України, Харків

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ В ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛАХ

На сьогодні більша частина парку пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів, якими оснащені державні пожежно-рятувальні підрозділи м. Харкова є морально та фізично застарілими і згідно вимог чинних нормативних документів потребують заміни на сучасні зразки, одними з найбільш перспективних серед яких є багатофункціональні мобільні аварійно-рятувальні комплекси контейнерного типу. В роботі запропонована методика визначення необхідної чисельності даних автомобілів і спеціалізованих модулів контейнерів до них на основі теорії управління запасами та теорії масового обслуговування.

Ключові слова: багатофункціональні мобільні аварійно-рятувальні комплекси, цільові завдання, потік викликів, статистичні закономірності.

Постановка проблеми

На сьогоднішній день парк пожежних та аварійно-рятувальних автомобілів, що знаходяться на оснащенні державних пожежно-рятувальних частин (ДПРЧ) м. Харкова застарів, а тому потребує модернізації та оновлення. В багатьох закордонних країнах спостерігається тенденція щодо оснащення даних підрозділів багатофункціональними мобільними аварійно-рятувальними комплексами (БМАРК) (рис. 1).



Рис. 1. Багатофункціональний мобільний аварійно-рятувальний комплекс контейнерного типу

Така тенденція пояснюється тим, що БМАРК мають ряд переваг, у порівнянні з пожежними та аварійно-рятувальними автомобілями (ПРА) «традиційної» компоновки, до яких можна віднести:

- скорочення витрат на експлуатацію парку ПРА (БМАРК в залежності від набору спеціалізованих контейнерів можуть виконувати широке коло цільових завдань, тобто для забезпечення належного рівня оперативно-тактичної готовності підрозділів необхідна менша кількість спеціалізованих автомобілів, що в свою чергу впливає на зменшення матеріальних витрат

- пов'язаних з проведенням технічних обслуговувань та ремонтів);

- підвищення мобільності ДПРЧ (можливість мультимодальних перевезень спеціалізованих контейнерів до місця ліквідації надзвичайних ситуацій (НС), що в свою чергу скорочує час та затрати на їх доставку);

- підвищення оперативно-тактичної готовності оперативних підрозділів до виконання дій за призначенням (при розміщенні БМАРК у ДПРЧ м. Харкова коло цільових завдань, які можуть виконувати підрозділи стає ширшим, а тому ймовірність залучення додаткових спеціальних автомобілів з інших підрозділів зменшується, що в свою чергу впливає на скорочення часу ліквідації НС).

Нормативні документи, які регламентують необхідну кількість та типи ПРА в населених пунктах України [1, 2] не дають можливості обґрунтування необхідної кількості БМАРК безпосередньо у кожному оперативному підрозділі з врахуванням специфіки його району виїзду (обслуговування), а тому розробка науково обґрунтованої методики визначення необхідної кількості типів та особливостей розміщення БМАРК у оперативних підрозділах міста є актуальною проблемою, яка потребує вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботах [3, 4] пропонується на основі вирішення задачі геометричного моделювання визначити необхідну кількість ДПРЧ необхідних для обслуговування території населеного пункту, яка має певну площу, але в даних роботах не розглядаються питання комплектації даних підрозділів ПРА.

У роботі [5] знаходиться опис розробленого в США програмного продукту «ISPARK», який дозволяє на основі виконання геопросторового аналізу даних, які стосуються місць виникнення викликів пожежно-рятувальних підрозділів виконувати прогнози місць виникнення нових небезпечних подій та надавати рекомендації стосовно місць розміщення (будівництва) нових пожежних депо з урахуванням мінімального часу прибуття оперативних підрозділів. Даний програмний продукт не здатен надавати рекомендації стосовно необхідної кількості ПРА необхідних для обслуговування визначеної території населеного пункту.

У роботах [6 - 8] знаходиться опис методики імітаційного моделювання, яка дозволяє визначити необхідну чисельність ПРА в ДПРЧ населених пунктів. В роботах [9, 10] на основі описаної у [6 - 8] методики були розроблені способи побудови комп'ютерних імітаційних систем для проектування пожежно-рятувальної служби населених пунктів «ТИГРИС» та «КОСМАС». За допомогою комп'ютерної імітаційної системи «КОСМАС» було розроблено проект розвитку пожежно-рятувальної служби м. Москви [11] та Ярославської області [12], а також таких міст світу як Берлін, Потсдам, Санкт-Петербург, Гамбург, Ростов-на-Дону, Волгоград, Франкфурт-на-Майні, Любек, Мюнхен, Оренбург, Дюссельдорф, Калуга, Тольятті, Сочі, Аугсбург та ін. Значною складністю при використанні даної системи є необхідність її адаптації для конкретного регіону, що займає від 4 до 6 місяців часу та вимагає від дослідника певних знань та навичок роботи з подібними системами через свою складність. Дана система також являється комерційною, що також обмежує можливість її впровадження в оперативні підрозділи України через обмежене їх фінансування.

Така ситуація вимагає від дослідників пошуку альтернативних рішень для вирішення зазначеної проблеми, яка безумовно є актуальною.

Виклад основного матеріалу

Для визначення необхідної кількості та типів БМАРК нами було проведено аналіз продукції світових виробників даної техніки, а також спеціальних контейнерів до них: ВАТ «Пожтехніка» (Російська Федерація), ТОВ «Велмаш-С» (Російська Федерація), ТОВ «Темперо» (Російська Федерація), «Bruns» (Німеччина), «Ziegler» (Німеччина), «GREIS» (Німеччина), «ТНТ» (Чехія), «HFS» (Нідерланди), «Rosenbauer» (Австрія).

За результатами проведеного аналізу було встановлено, що БМАРК за своїми функціональними можливостями здатні повноцінно замінити будь-який спеціальний автомобіль який на сьогодні використовується в оперативній діяльності

ДПРЧ, але звичайно крім автодрабин та автопідйомників.

Наступним кроком стало визначення необхідної номенклатури спеціалізованих контейнерів для комплектації ДПРЧ м. Харкова. Для цього за методиками описаними в роботах [13 - 15] було проведено АВС-аналіз на основі якого здійснено групування видів ПРА за частотою залучення на обслуговування викликів за період 2014 року в м. Харкові.

Виділення груп (рангів) класифікації в класичному АВС-аналізі здійснюється на основі закону Парето, який стверджує, що 80% відсотків значень якісного критерію визначають 20% кількості вибраної сукупності об'єктів. Але при сучасному підході до АВС-аналізу допускається змінювати межі класифікації [13 - 15], при цьому необхідно керуватися величиною вкладу кожного окремого типу ПРА у обслуговування викликів. Виходячи з цього стає зрозумілим, що типи ПРА, які мають найбільшу частоту залучення до обслуговування викликів отримують найвищий ранг.

Для проведення АВС-аналізу згідно [13 - 15] необхідно було реалізувати ряд етапів:

- 1) вибрати критерій класифікації;
- 2) розрахувати накопичувальний підсумок значення критерію класифікації;
- 3) виділити класифікаційні групи.

В якості критерію класифікації враховуючи задачу дослідження було обрано долю (відсоток) від загальної кількості виїздів окремо кожного типу ПРА. В табл. 1 відображені результати проведеного АВС – аналізу. Керуючись рекомендаціями [13 - 15] були встановлені наступні межі груп: категорія А - від 80 до 95%, В - від 96 до 98%, С - від 99 до 100%.

З табл. 1 можна зробити висновок про те, що до групи ПРА, які мають найбільшу частоту залучень (група А) можна віднести пожежні автоцистерни та автодрабини, порівняно меншу частоту залучень мають автомобілі першої допомоги та аварійно-рятувальні автомобілі (група В). Наступними за накопичувальним підсумком в таблиці знаходяться спеціальні машини радіаційного та хімічного захисту (лабораторного контролю) та оперативно-піротехнічна машина.

Виходячи з результатів проведеного аналізу можна сформулювати номенклатуру спеціалізованих контейнерів для БМАРК та перелік цільових завдань, які вони повинні виконувати:

- 1) контейнер №1 – пожежний – повинен містити пожежно-технічне оснащення для проведення пожежогасіння, димовидалення, розбору будівельних конструкцій, містити запас вогнегасних речовин та засобів для евакуації людей з небезпечних зон;

Таблиця 1. Результати проведення АВС - аналізу

ПРА	Відсоток від загальної кількості виїздів	Накопичувальний підсумок	Група
Автоцистерна	81,79%	81,79%	А
Автодрабина	8,70%	90,49%	А
Автомобіль першої допомоги	6,36%	96,84%	В
Аварійно-рятувальний автомобіль	1,08%	97,92%	В
Спеціальна машина радіаційного та хімічного захисту – лабораторного контролю	0,52%	98,44%	С
Оперативно-піротехнічна машина	0,38%	98,82%	С
Автопідйомник	0,37%	99,18%	С
Спеціальна машина радіаційного та хімічного захисту	0,20%	99,39%	С
Автомобіль газодимозахисної служби	0,17%	99,55%	С
Спеціалізований медичний автомобіль	0,13%	99,68%	С
Кузов уніфікований нульового (нормального) габариту	0,11%	99,79%	С
Оперативно-піротехнічна машина - водолазна	0,11%	99,89%	С
Авторозливна станція	0,04%	99,93%	С
Пожежна насосна станція	0,02%	99,95%	С
Вантажні	0,02%	99,98%	С
Автомобіль рукавний	0,01%	99,99%	С
Автомобіль повітряно-пінного гасіння	0,01%	100,00%	С

2) контейнер №2 – радіаційного, хімічного та біологічного захисту (РХБЗ) (для проведення демеркуризації, дегазації та дезактивації). Необхідність в даному контейнері пояснюється тим, що на території м. Харкова розміщені великі промислові об'єкти та об'єкти з наявністю небезпечних хімічних речовин (37 об'єктів) та джерел іонізуючого випромінювання (3 об'єкта), виникнення аварійних ситуацій на яких буде загрожувати життю та здоров'ю населення, також згідно досліджень проведених в роботі [16] значний відсоток причин виїздів підрозділів складають виїзди на проведення демеркуризації, дегазації та відбору проб повітря;

3) контейнер №3 – аварійно-рятувальний модуль (для проведення аварійно-рятувальних робіт пов'язаних зі звільнення постраждалого населення з під завалів, з ям, з транспортних засобів під час виникнення дорожньо-транспортних пригод; допомога населенню яка пов'язана з відкриттям дверей будинків, квартир, підвалів та ін.; допомога комунальним службам міста у ліквідації наслідків природних катаклізмів);

4) контейнер № 4 – транспортний (для забезпечення перевезення різноманітних вантажів та забезпечення господарських потреб підрозділів).

В залежності від цільового призначення контейнерів можна виділити для м. Харкова характерні три класи небезпек:

- до першого класу небезпек можна віднести пожежі (контейнер №1);

- до другого класу небезпек можна віднести небезпечні події, які пов'язані з розливами та викидом в атмосферу небезпечних хімічних та радіоактивних речовин (контейнер №2);

- до третього класу небезпек можна віднести небезпечні події, які супроводжуються затисненням та блокуванням потерпілих, потрапляння їх в ями, а також ситуації пов'язані з допомогою населення (відкриття дверей будинків, квартир, підвалів; допомога у перенесенні людей з обмеженими можливостями; допомога комунальним службам міста пов'язана з ліквідацією наслідків стихійних лих та ін.) (контейнер №3).

Кожна ДПРЧ має свою зону обслуговування, яка характеризується певною оперативною обстановкою, а тому частота та імовірність реалізації небезпечних подій визначених 3-х класів небезпек в них буде різною. Визначити реальну потребу ДПРЧ в комплектуванні тими чи іншими типами контейнерів можна за допомогою проведення XYZ-аналізу. В класичному варіанті XYZ-аналізу показником, який описує потребу в запасі, являється коефіцієнт варіації V [13 - 15], який являється відношенням значення середньоквадратичного відхилення ряду до середньоарифметичного значення і розраховується за формулою (1).

$$V = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2}{n}}}{\bar{a}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де a_i – i -й елемент вибірки, \bar{a} – середнє арифметичне вибірки, n – обсяг вибірки.

Алгоритм проведення XYZ-аналізу складається з наступних етапів:

- 1) визначення коефіцієнтів варіації для аналізованих ресурсів;
- 2) групування ресурсів у відповідності зі зростанням коефіцієнта варіації;
- 3) розподіл по категоріям X, Y, Z (найвищий пріоритет мають ресурси категорії X, далі Y, а потім Z).

Згідно [13] для групування ресурсів по категоріям використовується загальновізнана класична шкала, проте в залежності від певних особливостей допускається змінювати межі класифікації. Крім цього можна скористатися середнім значенням коефіцієнта варіації як основою для виділення груп X, Y, Z з використанням методу експертних оцінок.

Для розрахунку коефіцієнтів варіації було проведено аналіз статистичних даних стосовно виїздів ПРА з кожного окремого підрозділу на обслуговування викликів, причини яких було віднесено до 3-х вищеназваних класів небезпек. Результати розрахунку коефіцієнтів варіації відображені в табл. 2.

Найбільші показники коефіцієнта варіації спостерігаються у ДПРЧ, які мають невисоку порівняно з іншими частоту виїздів. Підтвердженням цього є проведений нами кореляційний аналіз, де було перевірено залежність між частотою виїздів ДПРЧ на виклики окремо по трьом класам небезпек з розрахованими коефіцієнтами варіації, і як результат були отримані наступні величини коефіцієнтів кореляції – (-0,78), (-0,77) та (-0,78). Проаналізувавши розраховані коефіцієнти кореляції можна зробити висновок, що кореляційна залежність є сильною від'ємною, тобто при збільшенні частоти виїздів підрозділів пропорційно зменшується коефіцієнт варіації.

Наступним кроком є розподіл ДПРЧ по категоріям X, Y, Z. Звичайно враховуючи статистику причин виїздів оперативних відділень з ДПРЧ на виклики [16], необхідність оснащення підрозділів контейнерами №1 не викликає сумнівів. Стосовно контейнерів №2 та №3 з врахуванням рекомендацій [13 - 15] нами були встановлені наступні класифікаційні межі, які відображені в табл. 3. та проведено класифікацію по рівню необхідності контейнерів №2 та №3 (табл. 2).

Нами рекомендується розміщення контейнерів в частинах, які за результатами XYZ-аналізу отримали категорію X.

Розміщення контейнера №4 пропонується в кожній частині в кількості 1 одиниця, чого буде достатньо для забезпечення господарських потреб підрозділів.

Для визначення необхідної кількості контейнерів №1, №2 та №3 пропонується скористатись методами теорії масового обслуговування, суть яких зводиться до розрахунку імовірності того, що обслуговуванням викликів у місті буде одночасно зайнято k одиниць БМАРК. Даний підхід лежить в основі алгоритму роботи комп'ютерних імітаційних систем «ТИГРИС» та «КОСМАС» [9, 10].

Для застосування даного методу згідно рекомендацій наведених в роботах [6 - 10] необхідно перевірити виконання наступних статистичних закономірностей в процесі оперативного функціонування ДПРЧ:

- потік викликів, які надходять до ДПРЧ є найпростішим та описується законом розподілу Пуассона (для м. Харкова було підтверджено у роботі [17]);

- часові інтервали між надходженням викликів до ДПРЧ описуються експоненціальним законом розподілу.

Щоб спростити завдання підтвердження статистичної закономірності, яка пов'язана з описом часових інтервалів експоненціальним законом розподілу, враховуючи значний масив фізичної роботи, яка пов'язана з обробкою значного масиву статистичних даних нами було проведено ієрархічний кластерний аналіз для групування ДПРЧ по частоті виїздів з них ПРА на обслуговування викликів визначених 3-х класів небезпек. На рис. 2 зображена побудована за допомогою програмного продукту STATISTICA вертикальна дендрограма.

В результаті проведення кластерного аналізу було отримано три групи (класи) ДПРЧ, які мають подібні характеристики по частоті виїздів ПРА з них.

З даних наведених в табл. 4 можна зробити висновок, що до першої групи потрапили райони обслуговування з найвищим ступенем реалізації загроз. Різниця між першою та другою, а також першою та третьою групою за показником частоти викликів по класу небезпеки 1 становить 37% та 71%, по класу небезпеки 2 – 53% та 85% відповідно, по класу небезпеки 3 – 45% та 78% відповідно.

Таблиця 2. Коефіцієнти варіації, які відображають міру коливання при залученні ПРА до ліквідації одного з 3-х класів небезпек

Найменування ДПРЧ	Коефіцієнт варіації, V_1 , % (клас безпеки 1)	Коефіцієнт варіації, V_2 , % (клас безпеки 2)	Коефіцієнт варіації, V_3 , % (клас безпеки 3)	Розподіл по категоріям X, Y, Z (модуль №2)	Розподіл по категоріям X, Y, Z (модуль №3)
ДПРЧ-5	119,387	812,655	353,815	Y	X
ДПРЧ-18	125,491	266,667	172,209	X	X
ДПРЧ-9	137,607	394,853	236,054	X	X
ДПРЧ-11	108,675	-	180,116	Z	X
ДПРЧ-1	144,876	560,325	289,119	X	X
ДПРЧ-32	151,302	595,819	417,536	X	X
ДПРЧ-17	126,468	483,046	572,681	X	Y
ДПРЧ-8	137,665	385,611	248,208	X	X
ДПРЧ-27	133,472	1098,484	500,714	Z	Y
ДПРЧ-2	167,529	452,444	231,73	X	X
ДПРЧ-3	151,478	467,039	591,564	X	Y
ДПРЧ-6	148,284	-	385,611	Z	X
ДПРЧ-4	153,834	773,52	515,536	Y	Y
ДПРЧ-7	258,44	1098,484	628,932	Z	Z
ДПРЧ-26	302,654	1098,484	773,52	Z	Z
ДПРЧ-25	196,569	1907,878	372,8	Z	X
ДПРЧ-22	144,59	848,528	419,875	Y	X
ДПРЧ-36	493,429	-	715,142	Z	Z
ДПРЧ-41	219,991	1347,219	457,165	Z	X

Таблиця 3. Межі категорій X, Y, Z

	Модуль №2	Модуль №3
X	$V < 600\%$	$V < 500\%$
Y	$600\% < V < 900\%$	$500\% < V < 600\%$
Z	$V > 900\%$	$V > 600\%$

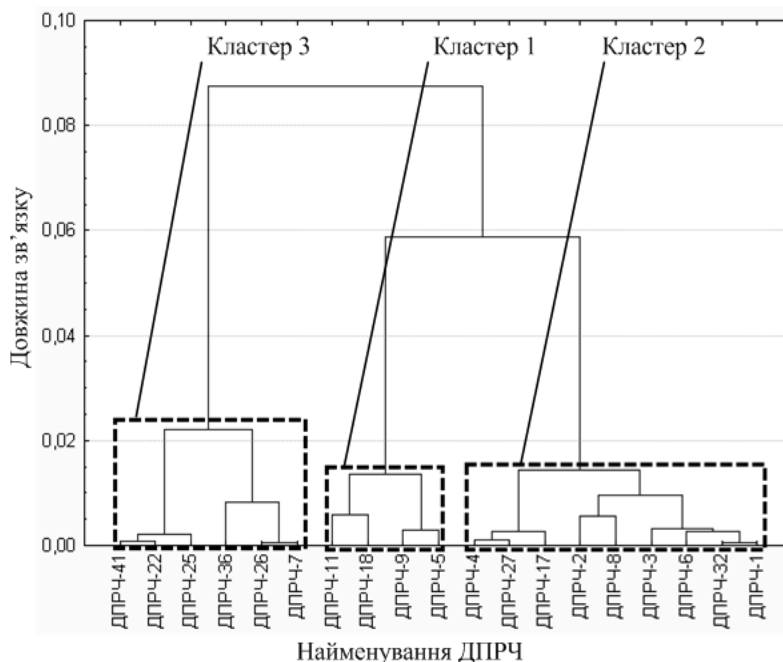


Рис. 2. Результати кластеризації (групування) ДПРЧ за частотою виїздів ПРА з них на обслуговування викликів визначених 3-х класів небезпек

Таблиця 4. Результати проведення ієрархічного кластерного аналізу

Номер кластеру (групи)	ДПРЧ	Частота викликів ПРА з ДПРЧ, виклик/годину (1-й клас небезпеки)	Частота викликів ПРА з ДПРЧ, виклик/годину (2-й клас небезпеки)	Частота викликів ПРА з ДПРЧ, виклик/годину (3-й клас небезпеки)
1	ДПРЧ-5	0,03630137	0,001141553	0,003881279
	ДПРЧ-18	0,03869863	0,005136986	0,013242009
	ДПРЧ-9	0,035616438	0,002511416	0,006278539
	ДПРЧ-11	0,042922374	0,003082192	0,009817352
середнє		0,038384703	0,002968037	0,008304795
дисперсія		$1,08975 \cdot 10^{-3}$	$2,75397 \cdot 10^{-6}$	$1,6779 \cdot 10^{-3}$
2	ДПРЧ-1	0,022374429	0,001255708	0,0043379
	ДПРЧ-32	0,02283105	0,001255708	0,004109589
	ДПРЧ-17	0,025570776	0,001712329	0,002853881
	ДПРЧ-8	0,026141553	0,002853881	0,006278539
	ДПРЧ-27	0,027511416	0,000342466	0,001712329
	ДПРЧ-2	0,022945205	0,00239726	0,010844749
	ДПРЧ-3	0,021232877	0,001826484	0,006164384
	ДПРЧ-6	0,021118721	0,000114155	0,003424658
середнє		0,024023338	0,001395231	0,004578894
дисперсія		$5,82867 \cdot 10^{-6}$	$8,20255 \cdot 10^{-7}$	$8,38065 \cdot 10^{-6}$
3	ДПРЧ-7	0,008789954	0,000456621	0,001141553
	ДПРЧ-26	0,008561644	0,000684932	0,000570776
	ДПРЧ-25	0,015068493	0,000114155	0,003767123
	ДПРЧ-22	0,016210046	0,001027397	0,002511416
	ДПРЧ-36	0,002283105	0,000114155	0,000799087
	ДПРЧ-41	0,015753425	0,000342466	0,002054795
середнє		0,011111111	0,000456621	0,001807458
дисперсія		$3,06065 \cdot 10^{-3}$	$1,25102 \cdot 10^{-7}$	$1,47733 \cdot 10^{-6}$

Перевірка гіпотези про те, що часові інтервали між надходженням викликів до ДПРЧ описуються експоненціальним законом розподілу проводилися для ДПРЧ-5, ДПРЧ-1 та ДПРЧ-7 за статистичними даними їх оперативної роботи за період 1-го кварталу 2014 року. Для перевірки даної статистичної гіпотези було використано програмний продукт STATISTICA. Критерієм узгодженості було обрано критерій Колмогорова-Смірнова, критичне значення якого ($\rho_{кр}$) приймалося на рівні 0,05 і згідно [18] становить 1,3581. Результат перевірки даної статистичної гіпотези для ДПРЧ-5 м. Харкова зображений на рис. 3.

Статистична гіпотеза про експоненціальний закон розподілу часових інтервалів між надходженням викликів до ДПРЧ-5 є підтвердженою. Для ДПРЧ-1 та ДПРЧ-7 значення критерію узгодженості Колмогорова-Смірнова (ρ) становили 0,08857 та 0,21899, що значно менше його критичного значення, а тому висунуту гіпотезу можна вважати підтвердженою.

Так як дві вищезазначені статистичні закономірності процесу оперативного функціонування ДПРЧ є підтвердженими, то згідно

формул (2) та (3) наведених в [19] можна оцінити імовірність того, що в довільний момент часу обслуговуванням викликів будуть зайняті 0 та 1 БМАРК відповідно. Даний підхід знайшов своє відображення в роботах [6 - 12].

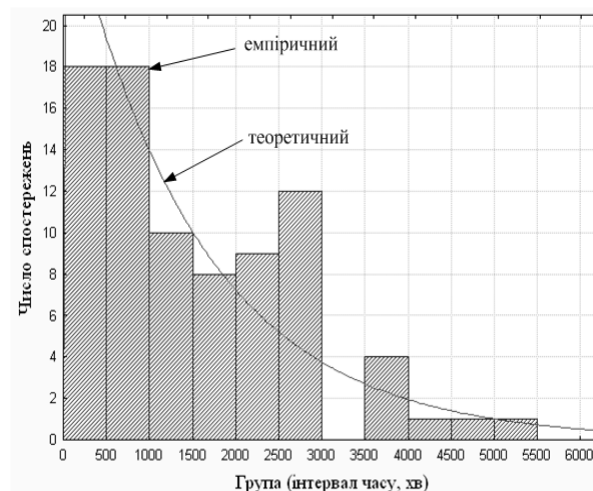


Рис. 3. Порівняння емпіричного і теоретичного розподілу інтервалу часу між надходженнями викликів до ДПРЧ-5 ($\rho=0,07274 < \rho_{кр}=1,3581$)

$$P_t(0) = e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

$$P_t(1) = \lambda t e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

де $P_t(0)$, $P_t(1)$ – імовірності того, що в довільний момент часу обслуговуванням викликів будуть зайняті 0 і 1 БМАРК відповідно; λ – інтенсивність викликів ПРА на обслуговування викликів, які відносяться до одного з 3-х класів небезпек, викликів/годину; t – середній час обслуговування викликів, годин.

Даний підхід до визначення імовірності того, що в довільний момент часу обслуговуванням викликів будуть зайняті 0 і 1 БМАРК є одним з найпростішим, який дозволяє на основі отриманих результатів робити висновки про достатню чи недостатню чисельність БМАРК в підрозділі. Іншим підходом до визначення даних ймовірностей враховуючи стохастичну природу інтенсивності потоку викликів є розгляд процесу надходження та обслуговування викликів як однорідного марківського [19]. При даному підході шляхом проведення моделювання будуючи системи диференціальних рівнянь за правилом Колмогорова можна визначити так звані граничні імовірності станів системи і тим самим визначити ймовірності залучення певного числа БМАРК до обслуговування викликів.

Висновки

Процедура обґрунтування оптимальної чисельності ПРА в ДПРЧ є надзвичайно складною так як з одного боку від часових характеристик процесу обслуговування викликів може залежати ступінь ризику для життя і здоров'я людей та величина матеріальних збитків спричинених НС, а з іншого боку необхідно враховувати розмір видатків з державного бюджету на забезпечення процесу функціонування оперативних підрозділів. Існуючі методи визначення оптимальної чисельності ПРА в ДПРЧ є на сьогодні недосконалими, а тому вирішення даної проблеми потребує комплексного підходу.

В рамках дослідження була запропонована методика визначення чисельності парку БМАРК, а також спеціалізованих контейнерів до них в ДПРЧ м. Харкова на основі методів теорії управління запасами та теорії масового обслуговування.

Недосконалою стороною даної методики є визначення меж категорій X, Y, Z, тому у подальшому планується розробити комплекс критеріїв ефективності, які б дозволяли оцінити вплив чисельності БМАРК на ефективність виконання цільових завдань пов'язаних з

ліквідацією НС, що дозволить науково обґрунтувати вищезазвані межі.

Література

1. ДБН 360-92** «Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/dbn_360_92_ua/1-1-0-116
2. Наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій від 27.06.2013 року №432 «Настанова з експлуатації транспортних засобів в органах та підрозділах ДСНС України» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/files/2013/7/3/432_nast.pdf
3. Росоха В. О. Моделювання деяких параметрів системи протипожежного захисту великих міст [Електронний ресурс] : навч. посібник / В. О. Росоха, В. Г. Палюх, В. М. Комяк, А. Г. Коссе. – Х. : 2005. – 110 с. – Режим доступу : <http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/004/index.html>
4. Кязімов К. Т. Геометричне моделювання розміщення пожежних підрозділів в сільській місцевості на прикладі Азербайджану: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / Кязімов К. Т. – К., 2010. – 24 с.
5. ISPART: Interactive Visual Analytics for Fire Incidents and Station Placement [Electronic resource]. - Access mode: <http://poloclub.gatech.edu/idea2015/papers/p29-das.pdf>
6. Брушлинский Н. Н. Математическая модель для проектирования системы противопожарной защиты города / Н. Н. Брушлинский, Н. Н. Соколов. – М. : НПО АСУ «Москва», 1985. – С. 79-81.
7. Брушлинский Н. Н. Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы [Текст] : учебник / Брушлинский Н. Н. – М. : МИПБ МВД России, 1998. – 255 с.
8. 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. – М. : ФАЗИС, 2004. – 172 с.
9. 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.
10. 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.
11. Клишкин В. И. Совершенствование организации и управления оперативной деятельностью пожарных подразделений города Москвы на основе применения технологий имитационного моделирования: дис. на соискания уч. степени канд. тех. наук: 05.13.10 / Клишкин Виктор Иванович – М., 2005. – 141 с.
12. 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.

13. Стерлигова А. Н. Управление запасами в цепях поставок / Стерлигова А.Н.–М.: ИНФРА-М, 2008. – 430 с.

14. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами / Шрайбфедер Дж. ; пер. с англ. – 2-е изд. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2006. – 304 с.

15. Рыжиков Ю. И. Теория очередей и управления запасами / Рыжиков Ю. И. – СПб: Питер, 2001. – 384 с. – (Серия «Учебники для вузов»).

16. 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.

17. Коваленко Р. І. Дослідження основних статистичних закономірностей процесу функціонування державних пожежно-рятувальних частин міста Харкова / Коваленко Р. І. // Сб. науч. трудов «Проблемы пожарной безопасности». – Харьков : НУГЗУ, 2016. – Вып. 39. – С. 129-136.

18. Большев Л. Н. Таблицы математической статистики / Л. Н. Большев, Н. В. Смирнов. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 416 с.

19. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов / Гмурман В. Е. – 9-е изд., стер. – М. : Высш. шк., 2003. – 479 с.

References

1. State building codes (1992). Urban Planning. Planning and development of urban and rural settlements. Retrieved from http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/dbn_360_92_ua/1-1-0-116
2. Order of the State Emergency Service of Ukraine from (2013). Guidance on vehicle operation in organs and departments of the State Service of Ukraine of Emergencies. Retrieved from http://www.mns.gov.ua/files/2013/7/3/432_nast.pdf
3. Rosoha, V. O., Palyuh, V. G., Komyak, V. M., Kosse, A. G. (2005). Simulation certain parameters of the fire protection of large cities, 110. Retrieved from <http://univer.nuczu.edu.ua/e-books/004/index.html>
4. Kyazimov, K. T. (2010). Geometric modeling placing fire departments in rural areas on the example of Azerbaijan. Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.01.01 «Applied geometry, engineering graphics», 24.
5. (n.d.). ISPART: Interactive Visual Analytics for Fire Incidents and Station Placement. Retrieved from <http://poloclub.gatech.edu/idea2015/papers/p29-das.pdf>
6. Brushlinsky, N. N., Sobolev, N. N. (1985). Mathematical model for the design of fire protection systems of the city, 79-81.
7. Brushlinsky, N. N. (1998). Systemic analysis of the State Fire Service, 255.
8. Brushlinsky, N. N., Kolomiets, Yu. I., Sokolov, S. V., Wagner P. (2004). Urban safety. Simulation modeling of urban processes and systems, 172.

9. Alekhin, E. M. (1998). Development of a computer simulation system for the design and examination of fire service activities synopsis cities. Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty: 05.13.10, 05.13.06, 24.

10. Sokolov, S. V. (1999). Methodological bases of the development and use of computer simulation systems for research activities and design of emergency services in the cities. The dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences, specialty: 05.13.10, 298.

11. Klimkin, V. I. (2005). Improving the organization and management of the operational activities of the fire brigade of the city of Moscow on the basis of simulation technologies. The dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty: 05.13.10, 141.

12. Belov, V. A. (2010) Design garrison of fire protection on the basis of simulation technologies. The dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty: 05.13.10, 149.

13. Sterligova, A. N. (2008). Inventory management in supply chains, 430.

14. Shraybfeder, J. (2006) Effective inventory management. Translation from English, 304.

15. Ryzhikov, Y. I. (2001). Theory of queues and inventory management, 384.

16. Larin, O. M., Kalynovsky, A. Y., Kovalenko, R. I. (2015). The study parameters of fire-rescue units of Kharkiv at this stage for the development of the block «FORECAST OF EMERGENCIES». Proceedings of the National Technical University «KPI». Collected Works. Series: New solutions in modern technologies, 62 (1171), 77-83.

17. Kovalenko, R. I. (2016). Research basic statistical regularities of the functioning of the state fire and rescue units city Kharkiv. Collections of the Scientific Labor «Problems of fire safety», 39, 129-136.

18. Bol'shev, L. N., Smirnov, N. V. (1983). Tables of Mathematical Statistics, 416.

19. Gmurman, V. E. (2003). Probability theory and mathematical statistics, 479.

Автор: ЛАРИН Олександр Миколайович
доктор технічних наук, професор, професор кафедри
Національний університет цивільного захисту
України
E-mail - o.m.larin@gmail.com

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 докторантури та ад'юнктури
Національний університет цивільного захисту
України
E-mail - kovalenko@nuczu.edu.ua

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ ПАРКА АВТОМОБИЛЕЙ
У ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ**

А.Н. Ларин, А.Я. Калиновский, Р.И. Коваленко

Национальный университет гражданской обороны Украины, Харьков

На сегодня большая часть парка пожарных и аварийно-спасательных автомобилей, которыми оснащены государственные пожарно-спасательные подразделения г. Харькова уже есть морально и физически устаревшими, и в соответствии с требованиями действующих нормативных документов требуют замены на современные образцы. Одними из перспективных среди которых можно назвать многофункциональные мобильные аварийно спасательные комплексы модульного (контейнерного) типа. В работе предложена методика определения необходимой численности данных автомобилей и специализированных модулей (контейнеров) к ним на основе теории управления запасами и теории массового обслуживания.

Ключевые слова: *многофункциональные мобильные аварийно-спасательные комплексы, целевые задачи, поток вызовов, статистические закономерности.*

**DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE SIZE OF THE VEHICLE FLEET IN FIRE-
RESCUE UNITS**

O.M. Larin, A.Y. Kalynovsky, R.I. Kovalenko

National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkiv

Today, most of the fleet of fire and rescue vehicles, which are equipped with state fire and rescue units city. Kharkov is morally and physically obsolete and in compliance with applicable regulations need to be replaced with modern designs, one of the most promising of which is multi-functional mobile rescue centers modular systems (container) type. The aim is to develop a methodology for determining the required number of these cars and specialized modules (containers). The authors of the study suggested based on ABC-analysis to determine the required range of specialized cars for the city, and on the basis of the XYZ-analysis to determine the level of need units. The number of cars using the methods proposed to identify queuing theory, which essentially boils down to calculating the probability that the service call will be simultaneously in busy k units of cars. Definition of probability allows conclusions regarding the adequacy of special vehicles in the fire and rescue units. The technique can simplify the tasks relating to manning fire-rescue units necessary special permit cars as based on statistical data on the structure of their visits to the challenges to determine the actual level of need in the art.

Keywords: *multifunctional mobile rescue systems, targets, call flow, statistical patterns.*