

*О.М. Соболев, д.т.н., с.н.с., нач. каф., НУЦЗУ,
А.С. Рогозін, к.т.н., доцент, нач. НДЛ, НУЦЗУ,
М.М. Долгодуш, к.т.н., ГУ ДСНС в Харківській області,
В.О. Липовий, викладач, НУЦЗУ,
Р.Т. Левченко, ад'юнкт, НУЦЗУ*

МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ОСОБОВОГО СКЛАДУ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

Розроблено модель визначення кількості особового складу оперативно-рятувальних підрозділів. Модель побудована на основі аналізу результатів моделювання оперативної діяльності підрозділів методами теорії масового обслуговування.

Ключові слова: модель, чисельність, штат, сили, цивільний захист, виклики, обслуговування.

Постановка проблеми. Необхідною умовою забезпечення ефективності заходів цивільного захисту є адекватність кількості сил існуючим загрозам на території. Завдання нормування сил оперативно-рятувальних підрозділів ускладнюється ще і тим, що територія навіть одного регіону має великі розбіжності в інтенсивності проявів загроз і відповідно окремі ділянки потребують різної кількості сил. Також ситуацію усугубляє обмеженість існуючих підходів щодо визначення необхідної кількості сил на території, відсутність чіткого нормування рівня безпеки територій. Основною проблемою в адекватному оціненні стану небезпеки є необхідність врахування, з одного боку, потенційних загроз природного та техногенного характеру, з другого, інтенсивність реалізації цих загроз, з третього, кількісний склад сил та засобів призначених для попередження та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Суттєва різниця між територіями за геофізичними властивостями, рівнем урбанізації, інтенсивності реалізації існуючих загроз, об'єктивна необхідність підвищення адекватності заходів у сфері цивільного захисту обумовлюють актуальність наукової задачі розроблення підходів та моделей по визначенню штатної чисельності оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Критерії утворення оперативно-рятувальних підрозділів визначено у постанові Кабінету Міністрів України [1]. В [2] викладені результати аналізу викликів оперативно-рятувальних підрозділів. Питання застосування математичних методів для вирішення організаційно-управлінських задач розглядалися в [3, 4]. Нормуванню кількісних параметрів оперативно-рятувальних підрозділів присвячені роботи [5-8]. Питання нормування кількісних параметрів чергових змін оперативно-рятувальних підрозді-

лів, для території України не розглядались.

Постановка завдання та його вирішення. Ключовим питанням організації аварійно-рятувальної служби гарнізонів є обґрунтування кількісного складу чергових змін. Суттєві розбіжності в напруженості оперативної обстановки території адміністративних одиниць України, та відсутність норм визначення кількісних характеристик чергових сил оперативно-рятувальних підрозділів обумовлює актуальність задачі створення моделей визначення кількості особового складу оперативно-рятувальних підрозділів.

На сучасному етапі кількість депо та число основних автомобілів визначається нормативно [1], [8]. Світовий досвід побудови оперативно-рятувальних служб свідчить, що підхід нормування чисельності служб спираючись тільки на кількість населення [8] не є оптимальним а у ряді випадків є помилковим, нормативна не урегульованість питань кількісного складу чергових сил підрозділів призводить до визначення кількості сил виходячи із суб'єктивної оцінки суб'єктів, що обумовлює об'єктивну необхідність формалізації визначення кількісних параметрів чергових сил.

Враховуючи обмеження за критерієм часу прибуття підрозділів на виклик, закономірності виникнення деструктивних подій на території, визначальним для оцінки напруженості оперативної обстановки для підрозділів оперативно-рятувальної служби є не кількість населення, а його щільність. На рис.1 представлено залежність зміни щільності населення від кількості мешканців в населених пунктах України.



Рис. 1. Залежність щільності населення від кількості мешканців в населених пунктах

На рис. 2 представлено результати розрахунку кількості основної техніки, що необхідна для обслуговування району виїзду однієї частини виходячи з вимог [1] та [8].



Рис. 2. Коливання середньої кількості основної техніки, що необхідна для обслуговування району виїзду однієї частини

Результати проведених обчислень вказують на суттєву нерівномірність рівня забезпечення основною технікою частин, спираючись на практичний досвід та результати моделювання оперативної діяльності оперативно-рятувальних підрозділів, кількість основної техніки, яка розраховується за нормами [8] є надмірною. Розмах коливань кількості основної техніки дорівнює більш ніж 25%, також у [8] відсутні роз'яснення щодо визначення необхідної кількості відділень для забезпечення належного рівня реагування на виклики, що у свою чергу вимагає використовувати підходи визначення штатної чисельності оперативно-рятувальних підрозділів на основі моделювання їх діяльності.

Одним з підходів визначення необхідної кількості основної техніки є моделювання оперативної діяльності підрозділів на основі застосування теорії масового обслуговування. Даний підхід пройшов широку апробацію більш ніж в 500 містах різних країн світу [9].

При здійсненні моделювання виходять з того, що виникнення надзвичайних подій, які потребують залучення оперативно-рятувальних підрозділів, підкоряються закону Пуасона

$$P_k = \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} e^{-\lambda\tau}, \quad (1)$$

де λ – параметр розподілу (середня кількість викликів в одиницю часу); k – кількість надзвичайних подій на інтервалі часу.

Нормативна площа обслуговування одним депо [8] складає 28,26 км². Зв'язок між кількістю населення, інтенсивністю виникнення надзвичайних подій та площею обслуговування визначається наступним чином:

$$\lambda = \frac{N \cdot S_{\text{обсл}} \cdot n}{S_{\text{нп}} \cdot 0,876}, \quad (2)$$

де N , $S_{\text{нп}}$ – кількість населення в населеному пункті та площа населеного пункту; $S_{\text{обсл}}$ – площа обслуговування одним депо; n – показник виїздів на 10 тис. населення на рік.

Час ліквідації наслідків реалізації загроз підкоряється показовому закону розподілу.

$$P_k = P\{\tau_k \leq \tau_{\text{обсл}} < \tau_{k+1}\} = e^{-\mu\tau_k} - e^{-\mu\tau_{k+1}}, \quad (3)$$

де μ – параметр розподілу (середній час ліквідації наслідків); $P\{\tau_k \leq \tau_{\text{обсл}} < \tau_{k+1}\}$ – ймовірність того, що час ліквідації наслідків буде знаходитись в інтервалі часу від τ_k до τ_{k+1} .

Застосування методів теорії масового обслуговування для розрахунків необхідної кількості відділень засновано на розрахунку імовірності того, що обслуговуванням викликів у місті буде одночасно зайнято j відділень

$$P_j = \frac{\lambda\tau_{\text{обсл}}}{j} \sum_{i=0}^{j-1} (j-i)P_i \cdot a_{(j-i)}, \quad (4)$$

де $P_0 = e^{-\lambda\tau_{\text{обсл}}}$; λ – середня кількість викликів за одну годину; $\tau_{\text{обсл}}$ – середній час обслуговування одного виклику (у годинах); $a_{(j-i)}$ – оцінка імовірності того, що для обслуговування викликів потрібно $(j-i)$ відділень.

Для великих міст, в яких реєструється тисячі викликів за рік, представлений підхід дає адекватні оцінки одночасного обслуговування викликів оперативно-рятувальними підрозділами. Але даний підхід має свої обмеження щодо застосування. Параметри, що входять у вираз (3) мають стохастичну природу і визначаються на основі емпіричних даних, що обумовлює обмеженість застосування даного підходу для населених пунктів з невеликою кількістю викликів. На основі моделювання оперативної діяльності оперативно-рятувальних підрозділів в населених пунктах України зі щільністю населення від 1000 до 6000 осіб на км², та інтегральним показником «кількість викликів на 10 тис. населення за рік» від 6 до 20 викликів, було визначено необхідну кількість відділень в одній частині. В графічному вигляді результати моделювання представлено на рис. 3.

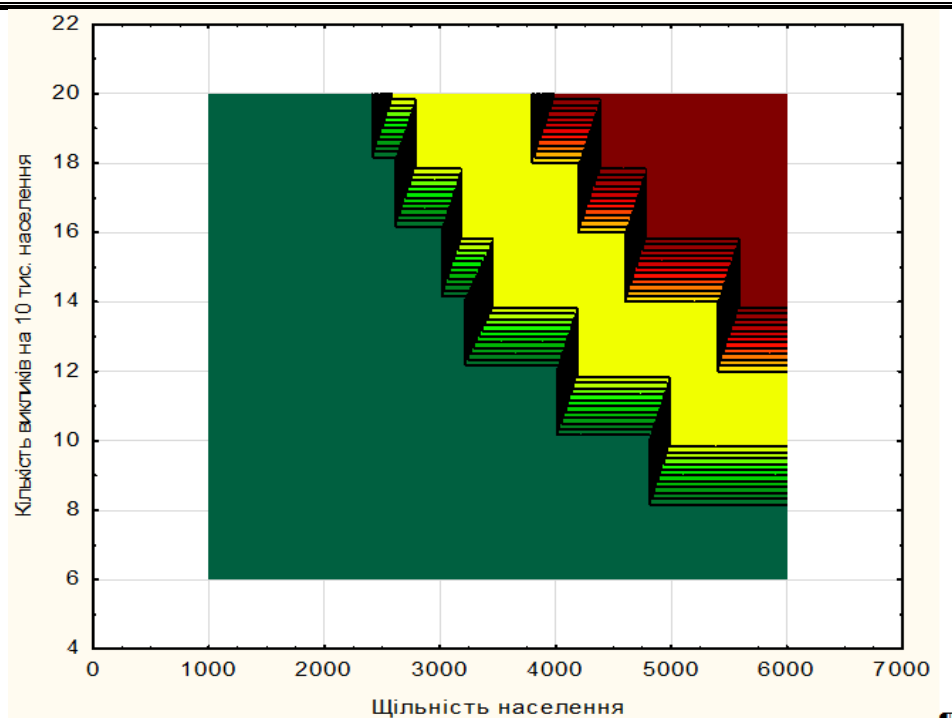


Рис. 3. Поверхня зміни кількості відділень

На рисунку прийняті наступні позначення:

■ - 1-2 відділення; ■ - 3 відділення; ■ - 4 відділення.

Для зручності користування результатами моделювання отримана поверхня була апроксимована функцією другого порядку, яка встановлює зв'язок між щільністю населення, кількістю викликів на 10 тис. населення, та з кількістю необхідного особового складу (5)

$$N = 64,6438 - 0,0155 \cdot \rho - 1,9085 \cdot n + 0,74488 \cdot 10^{-6} \cdot \rho^2 + 0,0011 \cdot \rho \cdot n + 0,0137 \cdot n^2 \quad (5)$$

де ρ – щільність населення; n – кількість викликів на 10 тис. населення за рік; N – кількість особового складу.

Для завершального визначення кількості особового складу необхідно передбачити резерв особового складу обумовлений відпустками, хворобами, відправленням на навчання, тощо а також необхідно передбачити введення коефіцієнтів пропорційності для здійснення функцій управління, нагляду та технічного забезпечення.

В табл. 1 представлено данні щодо кількості оперативно-рятувальних підрозділів міста Харкова, щільності населення та середньої кількості викликів на 10 тис. населення.

Виходячи з площі міста та нормативної площі обслуговування одним депо (28,26 км²), мінімальна кількість місць дислокації підрозділів для м. Харкова дорівнює 13.

Кількість особового складу підрозділів N розрахована згідно (5) дорівнює 818 осіб.

Табл. 1. Параметри м. Харкова

Кількість о/с оперативно-рятувальних підрозділів	1034 осіб
Щільність населення	4202 осіб на км ²
Коефіцієнт резерву (відпустки, хвороби і т.п.)	0,15
Кількість пожеж на 10 тис. населення	12 викликів на 10 тис. населення
Коефіцієнт керівного складу	0,05
Площа міста	350 км ²

Враховуючі прийняті коефіцієнти резерву та керівного складу, загальна кількість особового складу повинна бути 1023 особи. Результати розрахунків добре погоджуються з наявною кількістю особового складу оперативно-рятувальних підрозділів м. Харкова.

Висновки. Розроблена модель дозволяє визначати необхідну кількість особового складу для населених пунктів з щільністю населення від 1000 до 6000 осіб на км², та інтегральним показником кількості викликів оперативно-рятувальних підрозділів на 10 тис. населення від 6 до 20 викликів на рік.

Подальші дослідження необхідно направити на створення моделі визначення чисельності особового складу для населених пунктів з меншою щільністю населення та потоком викликів, на основі розгляду обслуговування викликів, як випадкового процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження критеріїв утворення державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин) Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в адміністративно-територіальних одиницях та переліку суб'єктів господарювання, де утворюються такі підрозділи (частини)" / [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/874-2013-%D0%BF>.

2. Брушлинский Н.Н. О вероятностном характере потока вызовов пожарных подразделений / Н.Н. Брушлинский, Г.К. Брушлинская, Л.Ю.Тяжелова // Труды Высшей школы МВД СССР. – М.: 1972. – Вып. 33. – С. 214-218.

3. Брушлинский Н.Н. Применение экономико-математических методов для решения организационно-управленческих задач противопожарной службы / Н.Н. Брушлинский // Вопросы экономики в пожарной охране. – М., 1972. – С. 138 – 145.

4. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы / Брушлинский Н.Н. – М.: Стройиздат, 1981. – 95 с.

5. Брушлинский Н.Н. Нормирование числа пожарных автомобилей и пожарных депо для городов / Н.Н. Брушлинский // Пожаровзрывобезопасность, 1992. – №4. – С. 241 – 243.

6. Пранов Б.М. О моделях оптимального размещения ресурсов пожарной охраны / Б.М. Пранов // Опасные факторы пожара и противопожарная защита: Сб. науч. тр. – М.: 1989. – С. 197-200.

7. Брушлинский Н.Н. К вопросу о математическом обосновании количества пожарных частей в городах / Н.Н. Брушлинский // В сб. "Труды Высшей Школы МООП СССР, М.: 1967. – Вып. 17.– С. 107-114.

8. ДБН 360-92** "Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень" [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://kg.gov.ua/files/doc/normy-derjavy/dbn/Mistobuduvannja-Planuvannja-i-zabudova-miskyh-i-silskyh-poselen-DBN-360-92.pdf>.

9. Проблемно-ориентированные имитационные системы для автоматизированного проектирования и стратегического управления экстренными и аварийно-спасательными службами городов / [Е.М. Алевтин, Н.Н. Брушлинский, П. Вагнер, Ю.И. и др] // Устойчивое развитие и проблемы безопасности. Вестник Российской академии естественных наук, – М., 2012. – Вып. 2012/3. – С. 27-34.

А.Н. Соболев, А.С. Рогозин, Н.Н. Долгодуш, В.О. Липовой, Р.Т. Левченко

Подход определения численности личного состава оперативно-спасательных подразделений

Разработана модель определения количества личного состава оперативно-спасательных подразделений. Модель построена на основе анализа результатов моделирования оперативной деятельности подразделений методами теории массового обслуживания.

Ключевые слова: модель, численность, штат, силы, гражданская защита, вызовы, обслуживание.

A.N Sobol, A.S. Rogozin, M.M. Dolhodush, V.O. Lipovoy, R.T. Levchenko

The approach of determining the number of personnel rescue teams subdivisions

The model of determining the number of personnel of the operational-rescue units. The model is based on the analysis of the results of modeling operational subdivisions the methods of queuing theory.

Keywords: model, personnel, forces of, strength, civil protection, calls, service.