

УДК 614.849

О. М. Ларін, д. т. н., проф., А. Я. Калиновський, к. т. н., доц.,
Р. І. Коваленко, А. В. Титаренко, к. психол. н.,
Національний університет цивільного захисту України

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОБҐРУНТУВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ СИЛ ТА ЗАСОБІВ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ, А ТАКОЖ МІСЦЬ ЇХ РОЗМІЩЕННЯ

Розглядаються існуючі методи обґрунтування чисельності та місць дислокації пожежно-рятувальних підрозділів.

Ключові слова: пожежно-рятувальні підрозділи, оперативно-рятувальні автомобілі, аналітичне моделювання, імітаційне моделювання.

Постановка проблеми. З роками змінюються межі міст, інтенсивність дорожнього руху, чисельність населення, щільність забудови. Всі ці чинники вимагають перегляду основних параметрів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП). Одним із таких параметрів є час прибуття підрозділів та час обслуговування викликів, який значно залежить від віддаленості місця виклику від ПРП та кількості сил та засобів задіяних на виклик, тому тема дослідження є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Над проблемою визначення раціональної кількості сил та засобів та визначенням місць дислокації ПРП працювало ряд вчених: Коссе А.Г., Комяк В.М., Алехін Є.М., Соколов С.В., Клімкін В.І., Белов В.О., Вагнер П. та Брушлинський М.М. Дана проблема висвітлена в роботах [1 - 7].

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є обґрунтування раціональних методів проектування кількості сил та засобів ПРП, а також місць їх дислокації. Вирішення поставленої задачі відбувалося шляхом порівняльного аналізу існуючих методів та принципів проектування кількості сил та засобів ПРП.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.

У роботах [1 - 7] наведені основні методи вирішення вищезазначеної проблеми. Найбільш перспективними в наш час є методи комп'ютерного імітаційного моделювання, які дають змогу більш широко досліджувати основні параметри функціонування ПРП та дозволяють розробити рекомендації щодо необхідної кількості сил та засобів, а також раціонального розташування ПРП. Подібні системи отримали найбільш широкий розвиток в Росії. З їх допомогою розроблялися плани розвитку мережі ПРП міст Москви, Санкт-Петербурга, Орська, а також деяких областей Росії, наприклад Ярославської. Провівши аналіз відносно використання подібних систем в Україні, можна зробити висновок, що даних доволі мало. Тому необхідно дослідивши існуючі методи визначення необхідної кількості сил та засобів, а також принципи раціонального розташування ПРП розробити власний метод, який би по максимуму враховував всі сторони оперативної діяльності підрозділів та особливості зміни оперативно-тактичної обстановки.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Згідно [1] основний принцип визначення раціональних розмірів ПРП в містах полягає в наступному: ПРП повинні бути організовані таким чином, щоб у будь-який момент часу на будь-яку виниклу НС, вони могли своєчасно відреагувати набором сил та засобів, адекватним характеру виниклої ситуації.

При цьому повинні виконуватися два основних обмеження:

1). прибуття сил та засобів до місця виклику повинно укладатися в допустимі часові інтервали, обумовлені закономірностями розвитку і рівнем ризику конкретної деструктивної події (пожежі, аварії і т.д.);

2). загальна кількість сил і засобів ПРП в місті повинно бути економічно оправданим, тобто відповідати допустимому рівню ризику, заданого для деструктивних подій кожного типу.

Врахування всіх цих умов потребує обґрунтованих відповідей на питання: «Що станеться, якщо ...?» (якщо розформувати, або створити декілька депо ПРП, змінити межі районів їх обслуговування, перемістити частину пожежно-рятувальних автомобілів із одного депо в інше і т.д.). В усіх цих випадках не можна обійтися без численних експериментів, але їх можна виконати тільки за допомогою математичних моделей, які опираються на статистичні закономірності, які властиві процесам функціонування ПРП.

Основними методами обґрунтування чисельності сил та засобів ПРП, а також місць їх розміщення є: нормативні методи, аналітичні моделі і найбільш перспективні на даний час імітаційні моделі.

В Україні на сьогодні основними нормативними документами, які регламентують чисельність сил та засобів та розміщення ПРП в населених пунктах є [8, 9], згідно, яких:

1) радіус зони обслуговування ПРП не повинен перевищувати 3 км;

2) кількість та тип оперативно-рятувальних автомобілів приймається в залежності від кількості населення;

3) нормативи прибуття ПРП до місця виклику не повинні перевищувати: на території міст - 10 хвилин; у населених пунктах за межами міста - 20 хвилин. З урахуванням метеорологічних умов, сезонних особливостей та стану доріг нормативи прибуття можуть бути перевищені, але не більше ніж на 5 хвилин.

На підприємствах особливості розміщення ПРП регламентуються [10] згідно, якого:

1) радіуси обслуговування пожежними депо слід приймати 2 км - для підприємств з виробництвами категорій А, Б та В, що займають більше 50% всієї площі забудови, 4 км - для підприємств з виробництвами категорій А, Б та В, які займають до 50% площі забудови, і підприємств з виробництвами категорій Г і Д. У разі перевищення зазначеного радіусу на майданчику підприємства необхідно передбачати додаткові пожежні пости. Радіуси обслуговування пожежними постами слід приймати ті ж, що і для пожежних депо.

2) кількість та тип оперативно-рятувальних автомобілів і чисельність персоналу ПРП (постів) встановлюються замовником у завданні на проектування за погодженням із зацікавленими організаціями.

Пошук раціональної кількості ПРП та місць їх дислокації за допомогою методів математичного моделювання і геометричного проектування розглядалося в роботі [2].

В Російській Федерації розміщення ПРП регламентується [11], а сам порядок та методика розміщення затверджені [12]. Число і місця дислокації ПРП визначають по областям перетинання просторових зон потенційно можливого розміщення цих підрозділів для всієї сукупності об'єктів де може статися пожежа по методиці приведеній в Правилах. Методами, які використовуються в даній методиці є математичне моделювання і геометричне проектування.

Згідно [13] недоліками більшості аналітичних моделей, побудованих на основі понять теорії масового обслуговування, є використання в них значних спрощень: зображення потоку замовлень як пуассонівського або найпростішого, припущення про показниковий розподіл часу обслуговування, неможливість обслуговування замовлень одночасно кількома каналами обслуговування тощо. Такі спрощення, а іноді штучне пристосування аналітичних моделей з метою використання добре розробленого математичного апарату для дослідження реальних систем можуть ставити під сумнів результати аналітичного моделювання. Недоліком складних моделей є громіздкість обчислень. Зокрема, аналітичний розв'язок системи диференціальних рівнянь Колмогорова для ймовірностей станів системи масового обслуговування можна знайти лише у випадку, коли кількість каналів обслуговування не

перевищує двох. Складною для розв'язування у таких випадках є й відповідна система алгебричних рівнянь для ймовірностей станів граничного стаціонарного режиму. Отже, аналітичні методи мають самостійне значення лише для дослідження функціонування систем масового обслуговування у першому наближенні і в окремих, специфічних задачах.

На відміну від аналітичного імітаційне моделювання знімає більшість обмежень, пов'язаних з можливістю відображення в моделях реального процесу функціонування системи, яку досліджують, динамічної взаємної обумовленості поточних і наступних подій, комплексного взаємозв'язку між параметрами і показниками ефективності системи тощо. Хоч імітаційні моделі в деяких випадках не такі лаконічні, як аналітичні, проте вони можуть бути як завгодно близькими до системи, яку моделюють, і простими у використанні. Це дає змогу застосовувати імітаційне моделювання як універсальний підхід для прийняття рішень в умовах невизначеності, враховуючи в моделях навіть ті чинники, які важко формалізувати, а також використовувати головні принципи системного підходу для розв'язування практичних задач.

Для вирішення питання визначення кількості сил та засобів ПРП, а також місць їх дислокації із застосуванням імітаційного моделювання використовуються комп'ютерні імітаційні системи (КІС).

Згідно [4] перша версія імітаційної системи з'явилася в 1984 році і була реалізована на «великій» електронно-обчислювальній машині – ЕС-1035. Імітаційна система була адаптована до умов ПРП Москви і Санкт-Петербурга. В 1987 році на базі цієї системи був розроблений проект розвитку ПРП Санкт-Петербурга до 2005 року. Складність експлуатації системи, відсутність графічного супроводу модельованих процесів, обмежений інтерфейс робили неможливим її широке використання.

Наступна версія інформаційної системи була розроблена на базі вітчизняних персональних електронно-обчислювальних машин АГАТ-7. Через обмежені можливості тогочасних персональних електронно-обчислювальних машин (невеликі пам'ять і швидкодія) інформаційні системи були в основному придатні для дослідження і експертизи діяльності ПРП в невеликих містах до 300 тис. мешканців і в учбовому процесі. За допомогою цієї КІС в 1990 році був розроблений проект розвитку ПРП м. Орськ.

Згідно [1] в США роботи над розробкою КІС були не закінчені і завершені в 70-х роках).

В Росії наприкінці 80-х років були створені КІС «ТИГРИС» і «КІС КОСМАС», які функціонують і до сьогодні.

Згідно [9] КІС «ТИГРИС» (по рус. Тренажор, Игра, Исследование) призначена для імітації діяльності ПРП міста, що дозволяє, задаючи (змінюючи) ті або інші параметри моделі, спостерігати і аналізувати наслідки (позитивні чи негативні) проведених вимірів. Багатократні повторювання 3-х етапного процесу «зміна параметру» - «проведення сеансу моделювання» - «аналіз наслідків зміни параметра» дають можливість отримувати кількісну і якісну оцінку ступеня впливу конкретного параметра на діяльність ПРП міста.

В роботі [1] вказано, що для забезпечення КІС «КОСМАС» необхідною об'єктивною інформацією в кінці 90-х років була створена спеціальна комп'ютерна система «СТРЕС» (статистика роботи екстрених служб), призначена для автоматизованої обробки і аналізу статистичних даних, отриманих в процесі функціонування ПРП та даних, які містяться в базах даних відповідних АСУ.

За допомогою програми «СТРЕС» здійснюється, по-перше, підготовка вихідних даних для КІС «КОСМАС», по-друге, подальша обробка результатів імітаційного моделювання, виконаного «КОСМАС», що дозволяє, перевірити ступінь їх адекватності. По суті «СТРЕС» являється підсистемою КІС «КОСМАС».

Необхідно підкреслити, що в основі імітаційних моделей, використовуваних в КІС «КОСМАС», лежать всі аналітичні моделі процесу функціонування ПРП, отримані в 60-70 роки. Аналітичні моделі, в свою чергу, спираються на статистичні закономірності, виявлені в процесах функціонування ПРП приблизно 1000 міст світу.

У роботі [11] надано загальний опис КІС «КОСМАС». В КІС «КОСМАС» місто представлено у вигляді графа вуличної мережі і безперервного простору заданої конфігурації, на якому задані місця дислокації різних міських об'єктів, лікарень, ПРП, райони їх обслуговування, техніка розміщена в кожному ПРП і т.д.

Вулична мережа в КІС представлена у «векторному» вигляді. В якості «вузлів» транспортної мережі розглядаються кінці відрізків різної довжини, із яких складається вулична мережа (в тому числі перехрестя, тобто місця перетинання окремих відрізків). Кожному відрізку може бути присвоєна своя швидкість руху (швидкість може змінюватися в залежності від часу доби), напрямку руху і можливості повороту в ту, або іншу сторону. В якості базового алгоритму пошуку оптимальних маршрутів і транспортної мережі використовується алгоритм Дейкстри, який був модернізований для підвищення швидкодії моделювання.

В процесі імітації «КОСМАС» вирішує широкий спектр практично важливих задач. Так, наприклад, варіюючи число пунктів дислокації ПРП, місця їх дислокації, кількість і типи розміщеної в них техніки, межі зон обслуговування, варіанти диспетчеризації, швидкості руху оперативно-рятувальних автомобілів в різних частинах міста, щільність потоку викликів в цілому по місту і в окремих його районах і т.д., можна отримувати будь-які характеристики процесів функціонування ПРП і обирати найбільш раціональні і економічні варіанти їх організаційних структур.

При проектуванні ПРП міст виникає додаткова група ризиків. Наприклад в момент надходження чергового виклику в місті можуть бути зайнятими всі підрозділи даного типу (або значна їх кількість) так, що завчасне прибуття необхідних сил та засобів до місця виклику може стати неможливим. Подібні ситуації можуть суттєво ускладнити процес функціонування ПРП, зробити його недостатньо ефективним. Всіма такими ризиками можна управляти за допомогою КІС «КОСМАС», зводячи їх значення до допустимих рівнів.

У роботі [13] надана характеристика імітаційних систем «КОСМАС» і «ТИГРИС». Імітаційні системи «КОСМАС» і «ТИГРИС» добре доповнюють одне одного, але мають різне призначення. Якщо «КОСМАС» найбільш зручний для проведення експертизи діяльності екстрених служб міста і розробки проектів їх реорганізації, то «ТИГРИС» доцільно використовувати для навчання і тренінгу персоналу цих служб. При цьому за допомогою «ТИГРИС» можна моделювати різноманітні надзвичайні ситуації, які виникають в місті, і детально аналізувати реакцію на них різних оперативних підрозділів.

Висновки. Досліджені основні методи та принципи проектування ПРП. Найбільш перспективними є методи імітаційного моделювання, які дозволяють більш широко досліджувати показники функціонування ПРП та на основі проведення досліджень пов'язаних зі зміною параметрів імітаційної моделі, обирати оптимальні показники чисельності сил та засобів, а також місця їх дислокації.

Перспективи подальших досліджень. В подальшому планується розробка КІС для міста Харкова і проведення дослідів пов'язаних з визначенням необхідної кількості та параметрів ПРП для їх адекватного реагування на надзвичайні ситуації, які можуть виникнути.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пожары в России и в мире. Статистика, анализ, прогнозы / [Алехин Е.М., Брушлинский Н.Н., Вагнер П., Коломиец Ю.О., Лупанов С.А., Соколов С.В.]; под ред. Н.Н. Брушлинского – М.: Академия ГПС, 2002. – 158 с.
2. Моделювання деяких параметрів системи протипожежного захисту великих міст : [Електронний ресурс] / В. О. Росоха, В. Г. Палюх, В. М. Комяк, А. Г. Коссе. – Х.: 2005. – 110 с. – Режим доступу: <http://univer.nuczu.edu.ua/rus/mbank/>
3. Алехин Е.М. Разработка компьютерной имитационной системы для проектирования и экспертизы деятельности противопожарных служб городов: дис. на

соискания уч. степени канд. тех. наук: 05.13.10/ Алехин Евгений Михайлович – М., 1998. – 143 с.

4. 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.

5. Климкин 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/ Климкин Виктор Иванович – М., 2005. – 141 с.

6. 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.

7. Бутырин О.В. Технология оценивания эффективности функционирования системы обеспечения пожарной безопасности промышленных предприятий/ О.В. Бутырин, А.В. Абаев. – Иркутск: ИрГУПС, 2010. – 132 с.

8. 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.

9. Постанова КМУ від 27.11.2013 року №874 «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://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/874-2013-п>

10. СНиП II-89-80 «Генеральні плани промислових підприємств» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://profidom.com.ua/b-2/b-2-1/1182-snip-ii-89-80-generalnyje-plany-promyshlennyh-predpriyatij>

11. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

12. Приказ МЧС РФ от 25 марта 2009 года №181 «Об утверждении свода правил «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения».

13. Жерновий Ю.В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: [Практикум] / Жерновий Ю.В. – Львів: Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 307 с.