

Е.М.Гуліда, д.т.н., професор, Д.П.Войтович (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності МНС України)

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ МІСТ В ПРОЦЕСІ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ

Розглянуто та проаналізовано параметри функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах: виникнення потоку пожеж у місті, часові характеристики діяльності пожежно-рятувальних служб міста; тривалість гасіння пожеж; одночасність виникнення пожеж у місті; використання пожежно-рятувальної техніки; оперативність діяльності пожежно-рятувальних служб міста; обґрунтування кількості пожежно-рятувальних депо для міста.

Сучасний стан проблеми. Сучасне велике місто має розгалужену інфраструктуру. Це величезний комплекс різногалузевих підприємств з високо розвинутими технологіями, обслуговуючих та розважальних закладів, житлових масивів, що характеризуються значною щільністю забудови та значною густиною населення. Таке поєднання сприяє підвищенню техногенної та пожежної небезпеки у місті та ускладнює вирішення однієї з основних задач пожежно-рятувальної служби – забезпечення високого рівня захисту населення і територій від пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

За статистичними даними в Україні щоденно виникає понад 130 пожеж, які забирають життя близько 11 осіб [1]. Внаслідок пожеж за 2006 рік народному господарству України завдано прямих збитків на суму близько 200552 тис. грн. [1]. За таких умов необхідно підвищувати ефективність функціонування пожежно-рятувальних служб міста.

Для результативної роботи пожежно-рятувальних підрозділів основні чинники цієї служби міста (кількість пожежно-рятувальних депо, чисельність особового складу, кількість пожежно-рятувальної техніки тощо) вимагають серйозного наукового обґрунтування. Таке обґрунтування неможливе без детального аналізу функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж та інших надзвичайних ситуацій у містах. Процес функціонування пожежно-рятувальних підрозділів являє собою процес обслуговування викликів, які поступають в оперативно-диспетчерську службу оперативно-координаційного центру пожежно-рятувальної служби міста.

Мета роботи. Провести аналіз функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах для визначення основних можливих напрямків його покращення.

Аналіз функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах. Для аналізу функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах необхідно проаналізувати такі чинники:

- 1) виникнення потоку пожеж у місті;
- 2) часові характеристики діяльності пожежно-рятувальних служб міста;
- 3) тривалість гасіння пожеж;
- 4) одночасність виникнення пожеж у місті;
- 5) використання пожежної техніки;
- 6) оперативність діяльності пожежно-рятувальних служб міста;
- 7) обґрунтування кількості пожежно-рятувальних депо для міста.

Розглянемо та проаналізуємо наведені чинники.

Виникнення потоку пожеж у місті. Будь-яка пожежа має двоїстий характер. З одного боку пожежа має визначений час, місце та причину виникнення, а також певний сценарій розвитку. З цієї точки зору пожежа являється детермінованим явищем. Такого характеру

вона набуває після моменту її виникнення та ліквідації, в процесі її дослідження. З іншого боку пожежа – випадкова подія, оскільки невідомо, де саме, коли і з якої причини вона виникне.

Потоком пожеж у місті називають послідовність моментів виникнення (виявлення) пожеж. Кількість пожеж, що виникає в одиницю часу, являється дискретною випадковою величиною, що може набувати будь-яких цілих невід’ємних значень 0, 1, 2, За статистичними даними потік пожеж у місті значною мірою залежить від часу доби та пори року. Відомо, що більшість пожеж у місті виникає в вечірній час, а менше – вночі. Значно збільшується кількість пожеж на початку та у кінці опалювального сезону. Тобто, потік пожеж у місті являє собою досить складний випадковий процес, що розвивається в часі та просторі. В багатьох випадках потік пожеж достатньо точно підпорядковується стаціонарному пуассонівському розподілу [2]

$$P_k(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} e^{-\lambda\tau} \quad (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (1)$$

де $P_k(\tau)$ – імовірність того, що за час τ в місті виникне k пожеж; λ – густина потоку пожеж (середнє їх значення (математичне сподівання) в одиницю часу).

В такому випадку, значення дисперсії для реального потоку пожеж повинно бути достатньо близьким до значення λ . Якщо справджується гіпотеза (1), то проміжки часу між суміжними пожежами повинні підпорядковуватись експоненціальному закону розподілу [2]

$$P\{T < \tau\} = 1 - e^{-\lambda\tau}, \quad (2)$$

де $P\{T < \tau\}$ – імовірність того, що проміжок часу T між суміжними пожежами буде менший якогось значення τ .

Потік пожеж у місті розбивають на „складові” потоки, а саме на потоки пожеж, що виникають в житлових будівлях, промислових спорудах, в громадських будівлях тощо. Кожен із таких потоків буде підпорядковуватись пуассонівському розподілу із відповідним параметром $\lambda_{жс}$, λ_n , $\lambda_{зр}$ і так далі. Тоді сумарний потік пожеж також буде пуассонівським, з густиною потоку

$$\lambda = \lambda_{жс} + \lambda_n + \lambda_{зр} + \dots \quad (3)$$

Проаналізуємо залежності (1) та (2) з точки зору прийняття прогнозованих обґрунтованих управлінських рішень для оперативної ліквідації пожеж. Розглянемо, наприклад, пожежі, які могли виникнути в червні 2006 року в Сихівському районі м. Львова, який обслуговується СДПЧ-2 (Сихівський районний відділ ГУ МНС України у Львівській області). За цей час ($\tau = 24 \text{ год} \times 30 \text{ днів} = 720 \text{ год}$) згідно із залежністю (1) імовірність виникнення по одній пожежі $k=1$ в n_1 випадках становить $P_1(\tau) = 0,37$, а при $k=2$ в n_2 випадках – $P_2(\tau) = 0,27$. Насправді, на підставі опрацювання журналу опису пожеж СДПЧ-2 $n_1 = 22$, $n_2 = 2$, а $n_0 = 6$. Тоді $P_1(\tau) = 0,73$ та $P_2(\tau) = 0,07$, а відсутність викликів – $P_0(\tau) = 0,2$. Таким чином, дійсні значення імовірності виникнення пожеж відрізняються від теоретичних в 2...4 рази, що не дозволяє приймати за основу рекомендовану залежність (1) для прийняття певних управлінських рішень.

Аналогічний висновок можна зробити відносно залежності (2). Наприклад, при $\lambda = 0,001389$ пожеж/год (одна пожежа за 720 год) $P\{T < \tau\} = 0,63$, а при $\lambda = 0,03333$ пожеж/год (24 пожежі за 720 год) $P\{T < \tau\} = 1$ (математичне сподівання $T = 30$ хв). Насправді $T = 31,3$ хв, тобто залежність (2) не враховує одночасність виникнення пожеж, як було в СДПЧ-2.

Часові характеристики діяльності пожежно-рятувальних служб міста. Часові характеристики діяльності пожежно-рятувальної служби міста можемо відстежити за схемою

процесу обслуговування викликів, яка включає: отримання та опрацювання повідомлення, час збору особового складу за командою „Тривога”, час слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику, час бойового розгортання, тривалість гасіння пожежі (час бойової роботи підрозділів на місці виклику), загальний час зайнятості пожежно-рятувальних підрозділів (з моменту виїзду із розташування пожежно-рятувальної частини до повернення і постановки у бойовий розрахунок).

Дані часові характеристики є неперервними випадковими величинами і можуть бути задані функцією розподілу Ерланга того чи іншого порядку [2]

$$\varphi(\tau) = \mu \frac{(\mu\tau)^r}{r!} e^{-\mu\tau} \quad (\tau > 0; r = 0, 1, 2, \dots), \quad (4)$$

де μ – постійний параметр; r – порядок розподілу Ерланга.

Проаналізуємо залежність (4) з використанням найбільш відповідальної часової характеристики діяльності пожежно-рятувальної служби, а саме проаналізуємо тривалість гасіння пожежі. Для цього розглянемо розподіл Ерланга при $r = 1$, тобто для закону Ерланга 1-го порядку. В цьому випадку залежність (4) буде мати вигляд

$$\varphi(\tau) = \mu^2 \tau \cdot e^{-\mu\tau},$$

де $\mu = (r + 1)/\tau_{л.сер}$; $\tau_{л.сер}$ – середня тривалість ліквідації пожежі, хв; $\tau_{л.сер} = \tau_{лок} + \tau_{гас}$; $\tau_{лок}$ – час локалізації пожежі, хв; $\tau_{гас}$ – час гасіння пожежі, хв.

Згідно з [4], $\tau_{л.сер} = 49$ хв. Тоді $\mu = 0,04$, а значення функції розподілу $\varphi(\tau)$ в залежності від часу ліквідації пожежі τ зображене на рис. 1. На підставі цієї функції визначаємо математичне сподівання $M(\tau)$, яке дорівнює $M(\tau) = 50$ хв, що майже відповідає середньостатистичному значенню $\tau_{л.сер}$ по Україні. Таким чином, залежність (4) можна використовувати для прогнозування середньої тривалості ліквідації пожежі.

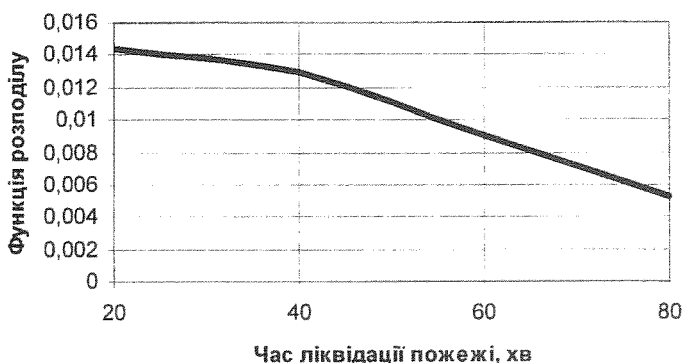


Рис. 1. Функція розподілу Ерланга

обслуговування пожежним депо), параметрів траси маршруту, технічних характеристик пожежно-рятувальної техніки, функціонального стану водія тощо. Чим більший час слідування до місця виклику, тим більший загальний час зайнятості підрозділів пожежно-рятувальної служби на виїзді та відповідно більша тривалість гасіння пожежі даним підрозділом. За різними оцінками, одна хвилина затримки (збільшення часу реакції на подію) пожежно-рятувальних відділень, призводить до збільшення прямого та побічного збитків від пожежі на 100...450 грн [6,7,8], а в окремих випадках може досягати 5000 грн [6, 9], залежно від очікуваного часу реакції пожежно-рятувальних відділень, масштабів пожежі, типу об'єктів та інших факторів. Тому в цьому напрямку необхідно проводити різні заходи організаційного та технічного спрямування.

Тривалість гасіння пожежі. Існують різні трактування поняття „тривалість пожежі”,

Не менш важливою характеристикою діяльності пожежно-рятувальної служби є час слідування підрозділів до місця виклику. Цей чинник може приймати будь-яке значення від декількох хвилин до декількох десятків хвилин. Середнє значення даного чинника для нашої країни становить 10-12 хвилин [4], що є в 2-3 рази більшим ніж в містах США та в 1,5 рази перевищує значення часу слідування в країнах Західної Європи [5]. Цей час залежить від багатьох факторів: відстані до об'єкта (радіуса

„час гасіння” пожежі. Під поняттям тривалість гасіння пожежі ми розуміємо проміжок часу від моменту введення на пожежі сил і засобів пожежно-рятувальними підрозділами до моменту ліквідації пожежі.

Відповідно до [10, 11] тривалість реальної пожежі може коливатися в значних межах, проте в більшості випадків вона не перевищує 2-3 години. При цьому в квартирах житлових будинків тривалість пожеж рідко перевищує 1-1,5 години, при пожежах в підвальних приміщеннях – 5-6 годин, а пожежі в великих торгових центрах можуть бути ліквідовані за 2-3 та більше годин (всі ці типи пожеж відрізняються один від одного температурним режимом). При цьому вирішальну роль відіграє ефективність організації і діяльності пожежно-рятувальної служби міста: виявлення пожежі на початковій стадії розвитку, час слідування до місця виклику, наявність і достатність відповідних вогнегасних засобів, пожежно-технічного озброєння тощо.

В сучасних нормативних документах з протипожежного водопостачання розрахункову тривалість гасіння пожежі приймають рівною 3 годинам [12]. За допомогою даного нормативу визначають запаси вогнегасних засобів для гасіння та методи їх зберігання. Відповідно, розрахункова тривалість гасіння пожежі, як нормативна величина має економічне та оперативно-тактичне значення та потребує науково-практичного обґрунтування.

Тривалість гасіння конкретної пожежі залежить від багатьох різноманітних чинників, сукупність яких не дозволяє однозначно передбачити значення цієї величини в кожному випадку. Проте, на основі досліджень достатньо великої кількості ліквідованих пожеж можна дати вірогідну оцінку тривалості гасіння пожежі. При цьому доцільно окремо досліджувати різні типи та класи пожеж.

У всіх цих випадках тривалість гасіння пожеж потрібно розглядати як неперервну випадкову величину τ_T , що описується відповідною функцією розподілу [3]

$$F(\tau) = P\{\tau_T < \tau\}, \quad (5)$$

де $P\{\tau_T < \tau\}$ – імовірність того, що тривалість гасіння пожежі буде меншою за деяке значення τ .

Результати статистичних досліджень [3] показують, що тривалість гасіння пожежі τ_T , описується за допомогою розподілу Ерланга (4). Для закону Ерланга 0-го порядку будемо мати експоненціальний закон розподілу

$$F(\tau) = P\{0 \leq \tau_T < \tau\} = \int_0^{\tau} \mu e^{-\mu\tau} d\tau = 1 - e^{-\mu\tau}, \quad (6)$$

де $\mu = 1/\tau_{л.сер}$.

Для нормування тривалості гасіння пожежі рекомендують [3, 5] розглядати імовірність протилежної випадкової події $P\{\tau_T \geq \tau\}$, тобто імовірність того, що τ_T буде не меншим за деяке значення τ . З урахуванням імовірності ризику ε , тобто з урахуванням частини пожеж від загальної їх кількості, тривалість гасіння яких виходить за границю деякого нормативного значення t_n (наприклад, якщо $\varepsilon = 0,01$, то лише для однієї пожежі із 100, час гасіння буде перевищувати нормативний час t_n), можна записати

$$P\{\tau_T \geq t\} \leq \varepsilon. \quad (7)$$

Розв'язуючи нерівність (7) відносно t при заданих значеннях $\tau_{л.сер}$ та ε , можна за ствердженням [2, 3, 5] отримати нормативне значення тривалості t_n ліквідації пожежі $t_n \geq \tau_{л.сер} \ln(1/\varepsilon)$.

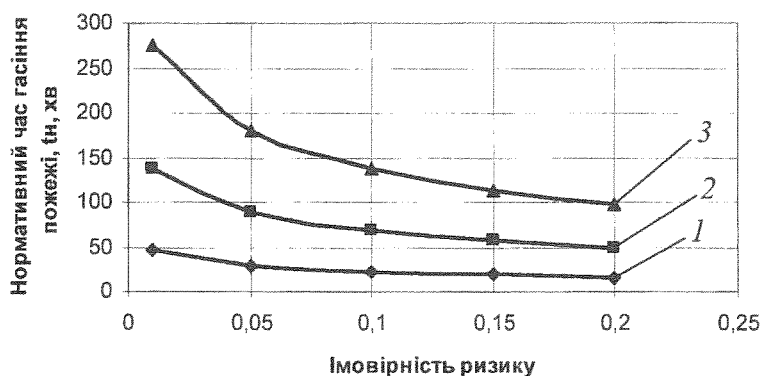


Рис. 2. Залежність t_n від імовірності ризику:
 1 – $\tau_{л.сер} = 10$ хв; 2 – 30 хв; 3 – 60 хв

$\varepsilon = 0,20$ – 16 хв, тобто зі зменшенням ε нормативний час t_n зростає у порівнянні з середньостатистичним значенням в 1,6...4,6 разів. Аналогічна закономірність дійсна і для $\tau_{л.сер} = 30$ та 60 хв. Така розбіжність значень нормативного часу та середньостатистичного не дає підстав приймати t_n за основу при розробленні нормативних документів.

Середня тривалість зайнятості підрозділів пожежно-рятувальної служби при обслуговуванні викликів встановлюється на основі статистичних даних. В більшості випадків середнє значення часу зайнятості не перевищує однієї години [5]. Таке порівняно невелике значення отримане тому, що розглядається уся сукупність виїздів, включаючи досить велику кількість хибних викликів, що займають незначну частину часу. Тому необхідно проводити аналіз часу зайнятості пожежно-рятувальної служби міст при обслуговуванні викликів різних категорій.

Одночасність виникнення пожеж у місті. Важливою характеристикою оперативної діяльності пожежно-рятувальної служби міста є кількість пожеж, які потребують одночасної ліквідації даними підрозділами. В період одночасної ліквідації декількох пожеж необхідна значна кількість сил і засобів. Тому такі ситуації необхідно передбачати, прогнозувати та розраховувати для їх ліквідації відповідні сили та засоби.

Кількість одночасних пожеж за будь-який проміжок часу є дискретною випадковою величиною, яка може бути виражена будь-яким цілим невід'ємним числом. В середньому в місті одночасно може бути ліквідовано $\lambda \cdot \tau_{л.сер}$ пожеж, при цьому більша кількість одночасних пожеж знаходиться в інтервалі від 0 до $\lambda \tau_{л.сер} + 4\sqrt{\lambda \cdot \tau_{л.сер}}$ [3].

Якщо допустити, що потік пожеж у місті має пуассонівський характер з параметром λ , а тривалість гасіння пожежі підпорядковується експоненціальному закону розподілу з параметром $\mu = 1/\tau_{л.сер}$, то можна показати [3], що кількість m одночасних пожеж в місті

повинно підпорядковуватись розподілу з параметром $\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \tau_{л.сер}$ (параметр α – приведена густина потоку пожеж). Тоді

$$P_m = \frac{\alpha^m}{m!} e^{-\alpha} \quad (m = 0, 1, 2, \dots), \quad (8)$$

де P_m – імовірність того, що в будь-який момент часу у місті одночасно гасять m пожеж.

Середнє значення (математичне сподівання) одночасних пожеж у місті буде $\alpha = \lambda \tau_{л.сер}$, а дисперсія цієї випадкової величини також дорівнює α . Це показує, що кількість одночасних пожеж в місті дійсно залежить від значень $\tau_{л.сер}$ та λ [3].

Частота N_m випадків (середнє число) одночасного гасіння m пожеж за проміжок

Розглянемо це питання для прикладу: $\tau_{л.сер} = 10; 30$ та 60 хв за $\varepsilon = 0,01; 0,05; 0,10; 0,15$ та $0,20$. Результати розрахунків зображені у вигляді графічних залежностей на рис. 2.

Результати аналізу залежностей (рис. 2) показують, що зі зменшенням значення імовірності ризику нормативний час гасіння пожежі збільшується у порівнянні з середньостатистичним значенням. Наприклад, для $\tau_{л.сер} = 10$ хв за $\varepsilon = 0,01 \rightarrow t_n = 46$ хв, а для

часу T з урахуванням рекомендацій [2] може бути визначена за залежністю

$$N_m = \left(\lambda + \frac{m}{\tau_{л.сер}} \right) \cdot T \left[\frac{(\lambda \tau_{л.сер})^m}{m!} \right] e^{-\lambda \tau_{л.сер}} \quad (m = 2, 3, \dots). \quad (9)$$

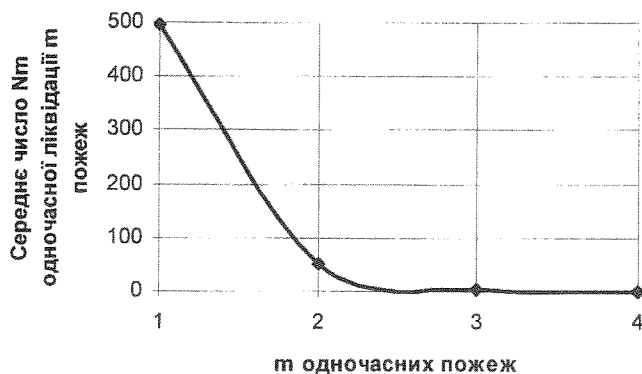


Рис. 3. Залежність середнього числа випадків N_m одночасної ліквідації пожеж від одночасності їх виникнення m

місті одночасно виникло: $m = 2$ – 23 пожежі; $m = 3$ – 1 пожежа; $m = 4$ – 0 пожеж. Насправді у Львові за цей період з усіх пожеж було тільки ліквідовано одночасних $m = 2$ – 96 пожеж, а одночасних пожеж $m > 2$ в місті не відбувалося. Аналогічні результати було отримано на підставі статистики за 2003 – 2005 роки. Таким чином, залежність (9) дає похибку у порівнянні зі статистичними даними більше ніж у 4 рази. Тому використання залежності (9) для прогнозування виникнення одночасних пожеж у місті не доцільне. Необхідно для цього прогнозу застосовувати більш раціональні математичні методи.

Використання пожежної техніки. На кожен виклик, що надійшов в ОДС ОКЦ пожежно-рятувальної служби міста, в відповідності до розкладу виїзду пожежно-рятувальної техніки та характеру виклику виїжджає певна кількість оперативних відділень на пожежно-рятувальних автомобілях. Число однотипних пожежно-рятувальних автомобілів, що виїжджають за викликом, можна розглядати як випадкову дискретну величину X , яка набуває будь-якого цілого додатнього значення $r = 1, 2, 3 \dots$.

Тоді, цю випадкову величину X – кількість однотипних пожежно-рятувальних автомобілів, що виїжджають по виклику, задають законом розподілу виду [2]

$$P = \{X = r\} = a_r \quad (r = 1, 2, 3, \dots), \quad (10)$$

де a_r – імовірність того, що по виклику виїде r пожежно-рятувальних автомобілів одного типу, причому $\sum_{r=1}^{\infty} a_r = 1$.

В багатьох випадках для визначення імовірності виїзду за викликом однотипних пожежно-рятувальних автомобілів використовують стаціонарний пуассонівський розподіл [2], але, як показали результати попереднього аналізу, цей розподіл для прогнозування з метою удосконалення роботи пожежно-рятувальних служб міста використовувати не доцільно, тому що результати розрахунків дають значну похибку в межах від 2 до 3,9 разів.

Оперативність діяльності пожежно-рятувальних служб міста. В будь-який момент часу у місті може обслуговуватись випадкове число M викликів пожежно-рятувальних підрозділів, на кожному із яких може бути використано випадкове число X оперативних відділень пожежно-рятувальної служби. Основну цікавість при цьому представляє сумарний розподіл вірогідності використання того чи іншого числа оперативних відділень (однотипних пожежно-рятувальних автомобілів).

Кількість оперативних відділень пожежно-рятувальної служби міста, що виїжджають за викликом, є цілочисельна випадкова величина X , яка може набувати значень $r = 1, 2, 3, \dots$. Тоді кількість оперативних відділень, зайнятих обслуговуванням викликів в будь-який момент часу, також являє собою цілочисельну випадкову величину S_m , яку можемо розглядати як суму випадкового числа m взаємно незалежних випадкових величин з однаковим розподілом $\{a_r\}$

$$S_m = X_1 + X_2 + \dots + X_m \quad (11)$$

де m – число викликів, що одночасно обслуговуються в будь-який момент часу, які підпорядковуються закону Пуассона з параметром $\alpha = \lambda \bar{\tau}$; λ – густина потоку викликів за год; $\bar{\tau}$ – середній час обслуговування одного виклику. В цьому випадку імовірність випадкової величини S_m можна визначити за залежністю [13]

$$P(m) = \frac{\alpha^m}{m!} e^{-\alpha} \quad (m = 0, 1, 2, \dots). \quad (12)$$

Крім цього, необхідно визначити імовірність цілочисельної випадкової величини S_m за допомогою формули повної імовірності. Дана імовірність безпосередньо залежить від густини λ викликів, що поступають в ОДС ОКЦ пожежно-рятувальної служби міста, середньої тривалості $\bar{\tau}$ обслуговування одного виклику та розподілу $\{a_r\}$ імовірності того, що на обслуговування даного виклику виїде r пожежно-рятувальних автомобілів даного (відповідного) типу. Результати розрахунків повної імовірності показали, що похибка у визначенні S_m за наведеною методикою така ж сама, як і при визначенні основних чинників використання пожежної техніки.

Обґрунтування кількості пожежно-рятувальних депо для міста. Основною структурною одиницею, що забезпечує пожежну безпеку у місті являється пожежно-рятувальна частина (пожежно-рятувальне депо), котра створена і функціонує для захисту однієї або декількох зон нормованої площі [14]. Дана зона є умовно виділеною частиною території населеного пункту, границі якої встановлені із міркувань впорядкованості обслуговування викликів та приналежності об'єктів, з яких поступають виклики, до тої чи іншої зони.

Оцінку кількості пожежно-рятувальних депо, необхідних місту, визначають [5]

$$N_o = \left[\alpha K_n^2 S / V_{cl}^2 \tau_{cl}^2 \right] + \lambda \bar{\tau}, \quad (13)$$

де N_o – число пожежно-рятувальних депо; α – безрозмірний емпіричний коефіцієнт, що враховує топографію міста, значення якого можуть коливатися в межах від 0,3 до 0,5; S – площа території міста, км²; K_n – безрозмірний коефіцієнт непрямолінійності мережі вуличних доріг, значення якого може коливатися в межах від 1 до 1,4; V_{cl} – середня швидкість руху пожежно-рятувальних автомобілів, км/хв; τ_{cl} – середній час слідування пожежно-рятувальних автомобілів до місця виклику, хв.; λ – середня кількість виїздів за годину; $\bar{\tau}$ – середня тривалість одного виїзду, год.

Проаналізуємо залежність (13) з використанням даних для м. Львова: $\alpha = 0,4$; $S = 115,97$ км²; $K_n = 1,3$; $V_{cl} = 0,83$ км/хв; $\tau_{cl} = 10$ хв; $\lambda = 0,057$ виїзд/год; $\bar{\tau} = 1,1$ год. В цьому випадку кількість пожежно-рятувальних депо для м. Львова буде:

$$N_o = \left[0,4 \cdot 1,3^2 \cdot 115,97 / 0,83^2 \cdot 10^2 \right] + 0,057 \cdot 1,1 = 1,2.$$

Аналізуючи отриманий результат, можна зауважити, що навіть 2 пожежно-рятувальних депо для такого міста як Львів з населенням 753,8 тис. осіб є необґрунтованим і недостатнім. До цього можна додати, що згідно з рекомендаціями [16] (додаток 7), у м. Львові повинно

бути 12 пожежно-рятувальних депо з загальною кількістю спеціальних пожежно-рятувальних машин до 86 одиниць. Виходячи з цього можна зробити висновок, що рекомендована залежність (13) потребує певного удосконалення.

Висновки

1. Для міст, де трапляється значна кількість пожежних викликів, з великою кількістю можливих варіантів розвитку оперативної обстановки та з неможливістю її прогнозування, прийняття суб'єктивних оперативно-управлінських рішень не забезпечує на сьогодні належного ефективного виконання задач, що стоять перед пожежно-рятувальною службою. Рішення цієї проблеми повинно виконуватись двома взаємообумовленими методами – втіленням автоматизованих систем управління пожежно-рятувальною службою та розробленням науково обґрунтованих нормативів, що дозволить шляхом оптимізації основних чинників функціонування пожежно-рятувальної служби міста підвищити ефективність їх роботи в процесі ліквідації пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

2. Необхідно удосконалювати та впроваджувати різні математичні методи для визначення з достатньою точністю значень основних чинників функціонування пожежно-рятувальної служби з проведенням досліджень з питань ефективності організаційно-управлінської роботи та оперативно-тактичної діяльності пожежно-рятувальних служб міста.

3. Доцільним є створення математичних моделей ліквідації пожеж у містах, які необхідні для раціонального обґрунтування нормативів та належного функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Климась Р., Скоробагатько Т. Стан із пожежами та наслідками від них в Україні за 2006 рік. // *Пожежна безпека*, №2(89), 2007. – С. 30-32.
2. *Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко.* – М.: Изд. „Пожнаука”, 2000. – 482с.
3. Брушлинский Н.Н. *Моделирование оперативной деятельности пожарной службы.* – М: Стройиздат, 1981. – 96 с.
4. Огляд стану організації пожежегасіння, пожежно-рятувальних робіт, застосування пожежної та спеціальної техніки пожежно-рятувальними підрозділами МНС України у 2005 році // *Звіт відділу пожежегасіння і пожежно-рятувальних робіт Департаменту ЦЗ населення і території МНС України, 2006.* – 31с.
5. Брушлинский Н.Н., Микеев А.К., Бозуков Г.С. и др. *Совершенствование организации и управления пожарной охраны.* / Под ред. Н.Н. Брушлинского. – М.: Стройиздат, 1986. – 152с.
6. *Councillor's gender error // Fire*, v. 87, № 1079, 1995. – P. 37-38.
7. *Ortlichkeit - Prinziphat Oberste Prioritat // Feuerwehmann*, №12, 1994. – S. 366-368.
8. *Butcher E.G., Parnell A.C. Analysis of fire Behaviour // A review Fire Superior*, 1985, v. 14, №3. – p. 27-32.
9. Драйздейл Д. *Введение в динамику пожаров / Пер. с англ. Под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова.* – М.: Стройиздат, 1990. – 424 с.
10. Баратов А.Н., Пчелинцев В.А. *Пожарная безопасность.* – М.: Изд. Ассоциации строит. вузов, 1997. –171 с..
11. Абдурагимов И.М., Говоров В.Ю., Макаров В.Е. *Физико-химические основы развития и тушения пожаров.* – М.: Изд. ВИПТШ МВД СССР, 1980. –255 с.
12. Иванников В.П., Ключ П.П. *Справочник руководителя тушения пожара.* – М.: Стройиздат, 1987. – 288с.
13. Брушлинский Н.Н., Кафидов В.В., Козлачков В.И. и др. *Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства. /; Под ред. Н.Н. Брушлинского.* – М.: Стройиздат, 1988. – 413 с.;

14. ДБН 360-92* Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К.: Укрархбудінформ, 1993. – 107с.;

15. Присяжнюк Л.А., Белку Д.Г. Основные направления научных исследований по проблемам пожарной безопасности в Украине // Проблемы пожарной безопасности. – Харьков: Мин. образования Украины, МВД Украины, 1993. – С. 15-19.

16. Нормы пожарной безопасности НПБ 101-95 РФ. – М.: ГУГПСМВД России, 1994. – 7 с.

УДК 641.84

А.Д.Кузик, к.ф.-м.н., доцент (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАЙМАННЯ ЛІСОВОЇ ПІДСТИЛКИ

Проводиться теоретичне дослідження процесу займання лісової підстилки під дією теплового потоку від джерела запалювання

Дослідженню поширення лісових пожеж присвячено низку робіт [1-5], у які ввійшли результати теоретичних, експериментальних досліджень та математичного моделювання. Відомі математичні моделі поширення пожежі базуються, як правило, на теорії рівнянь математичної фізики (найчастіше із використанням диференціального рівняння поширення тепла) та із застосуванням геометричних підходів (на основі градієнтних методів та за принципом Гюйгенса-Френеля). Результати, одержані при моделюванні, як видно з робіт, близькі до експериментальних. Проте практично всі моделі описують процес стійкого горіння, не розглядаючи детально початкові стадії виникнення та поширення пожежі. Але саме на початковій стадії є найбільша можливість незначними зусиллями запобігти виникненню пожежі або припинити її поширення. І тому моделювання процесів займання є актуальним та заслуговує на дослідження.

Найчастіше виникнення пожеж у лісах пов'язане з діяльністю людини. Так, лише з січня по жовтень 2005 року в Україні зафіксовано 4223 лісові пожежі, основними причинами виникнення яких (у 92% випадків) були порушення правил пожежної безпеки населенням, заготівельниками і підприємствами, і лише 8% пожеж виникли від ударів блискавки та сільськогосподарських палів [6]. Відомо, що пожежа найчастіше виникає від залишеного багаття, несправних технічних засобів. Але можливим є її виникнення і від недопалка сигарети чи сірника. При цьому пожежа розпочинається з займання лісової підстилки. Метою роботи є моделювання процесів займання лісової підстилки та її горіння на ранніх стадіях розвитку пожежі.

При створенні моделі будемо виходити з таких положень. Як джерело запалювання будемо розглядати полум'я сірника, багаття. Вважатимемо, що лісова підстилка сформована з однорідного матеріалу (листя, хвоя) або з суміші цих матеріалів. Товщину підстилки з листяних матеріалів будемо вважати невеликою (1-2 мм) та теплоізолюваною від поверхні ґрунту, оскільки, як правило, під верхнім шаром лежить шар решток, що перегнивають або перегнили. Для спрощення будемо розробляти модель для випадку відсутності вітру (розташування всередині лісу). Також вважатимемо, що полум'я, яке виникає та поширюється, має форму циліндричної поверхні з вертикальними твірними.

При займанні підстилки [7] можна виділити дві основні фази – висушування горючого матеріалу та нагрівання до температури займання (підігрів та піроліз). Зауважимо, що при