

Д.П. Войтович, к.т.н., доцент кафедри, ЛДУ БЖД

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ СИЛ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ У МІСТАХ

(представлено д-ром техн. наук Соболев О.М.)

В роботі розглянуто роль керівника гасіння пожежі та значення прийнятих ним рішень щодо залучення відповідної кількості сил і засобів на хід ліквідації пожежі. Запропоновано визначення оптимальної кількості сил і засобів для ліквідації пожеж у містах виконувати на ПЕОМ з використанням методу Монте-Карло.

Ключові слова: час вільного розвитку пожежі, розрахунок сил і засобів, оптимізаційна імітаційна модель, метод Монте-Карло.

Постановка проблеми. В Україні згідно із даними статистики Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту впродовж 2012 року щоденно виникало понад 210 пожеж [6], більшість з яких ліквідовані силами пожежно-рятувальних підрозділів, роботу яких очолював керівник гасіння пожежі. Керівник гасіння пожежі (далі КГП) – єдиначальник, якому підпорядковуються усі підрозділи, служби та інші сили, що залучаються до гасіння пожежі [11], окрім випадків визначених в установленому порядку [5]. Він відповідає за організацію робіт з рятування людей, гасіння пожежі, безпеку особового складу тощо. Ніхто, крім уповноважених на те посадових осіб, не має права втручатися в його дії. КГП може бути особою начальницького складу, яка отримала відповідний допуск до самостійного виконання обов'язків керівника гасіння пожежі, в тому числі штатні начальники караулів, командири відділень [11]. Останні особи, в переважній більшості випадків, виконують функції КГП (близько 65 % випадків) [12]. Це покладає на них відповідальність за своєчасне і правильне прийняття рішення на вирішальному напрямку оперативних дій на пожежі щодо залучення відповідної кількості сил і засобів у обмежені часові періоди та під впливом психологічного фактору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сили та засоби на пожежу залучаються оперативно-координаційним центром у відповідності до розкладу виїзду або плану залучення сил і засобів [14], уточнюються КГП в процесі проведення розвідки на пожежі. Номер або ранг виклику, що закладається у розкладі виїзду (плані залучення сил і засобів) присвоюється за результатами розрахунку необхідної кількості сил і засобів в оперативному плані пожежогасіння (далі ОППГ), відповідальність за складання яких покладена на підрозділи, у районі

обслуговування яких знаходяться ці об'єкти [8]. Як показує аналіз роботи, що ведеться у даному напрямку пожежно-рятувальними підрозділами м. Львова, значна частина ОППГ розроблена з помилками, без дотримання вимог керівних документів, вимоги до складання яких більш детально висвітлені в [2]. За таких умов виникає необхідність розрахунок сил і засобів для ліквідації пожеж проводити із використанням персональної електронно-обчислювальної машини, де наявність суб'єктивного фактору зменшується до мінімуму. Дані питання частково розглянуті в роботі [9] щодо гасіння пожеж на машинобудівних підприємствах. В роботах [1, 4, 7, 10, 13] наведені лише приклади математичних розрахунків.

Мета роботи. Розробити оптимізаційну імітаційну модель розрахунку сил і засобів для ліквідації пожеж у містах.

Постановка задачі та її вирішення. Розрахунок оптимальної кількості сил і засобів для ліквідації пожежі зведемо до нелінійної задачі математичного програмування. За умовою необхідно мінімізувати час вільного розвитку пожежі $\tau_{a,\delta}^*$ після отримання і опрацювання сповіщення про пожежу. Функція мети набуде вигляду

$$\tau_{e.p}^* = \tau_{зб} + \tau_{сл} + \tau_{роз} \Rightarrow \min; \quad (1)$$

за критерієм

$$|B_n - B_o| \Rightarrow \min; \quad (2)$$

з урахуванням таких обмежень

$$a_1 \leq N_{авто} \leq b_1; \quad (3)$$

$$a_2 \leq N_{ст.А} \leq b_2; \quad (4)$$

$$a_3 \leq N_{ст.Б} \leq b_3; \quad (5)$$

$$a_4 \leq N_{ст.ГПС} \leq b_4; \quad (6)$$

$$0,604 + 0,03N_e + 0,002\tau_i \leq [\tau_{зб}]; \quad (7)$$

$$4,18 + 1,97L_i - 0,2\tau_i \leq [\tau_{сл}]; \quad (8)$$

$$3,2 + 0,6N_e + 0,1N_{ст} + 1,04N_z + 0,32z_{II} \leq [\tau_{роз}], \quad (9)$$

де $\tau_{e.p}^*$ – час вільного розвитку пожежі без урахування часу з моменту виникнення до виявлення пожежі $\tau_{e,e}$, а також часу $\tau_{сл}$ з моменту виявлення пожежі до сповіщення про неї в пожежно-рятувальний підрозділ та часу $\tau_{o,o}$ на отримання і опрацювання сповіщення про пожежу і часу $\tau_{з.с}$ на залучення сил та засобів гарнізону для гасіння пожежі; a_1, a_2, \dots, a_4 – мінімальні значення обмежень; b_1, b_2, \dots, b_4 – максимальні значення обмежень;

$$\begin{aligned} a_1 &= 1; b_1 = 2N_{\text{депо}}; \\ a_2 &= 1; b_2 = 2N_{\text{депо}}; \\ a_3 &= 1; b_3 = 2N_{\text{депо}}; \\ a_4 &= 1; b_4 = 2N_{\text{депо}}; \end{aligned} \quad (10)$$

$N_{\text{депо}}$ – кількість пожежних депо міста; $N_{\text{авто}}$ – кількість пожежних автомобілів для ліквідації пожежі; $N_{\text{ст. А}}$ – кількість стволів “А” для ліквідації пожежі; $N_{\text{ст. Б}}$ – кількість стволів “Б” для ліквідації пожежі та захисту; $N_{\text{ст. ГПС}}$ – кількість стволів ГПС для ліквідації пожежі; $N_{\text{в}}$ – кількість відділень; $N_{\text{г}}$ – кількість пожежних гідрантів; z – загальна кількість поверхів будівлі; $z_{\text{п}}$ – поверх будівлі, на якому виникла пожежа; τ_i – час доби; $[\tau_{\text{зб}}]$, $[\tau_{\text{сл}}]$, $[\tau_{\text{роз}}]$ – допустимі значення часу на збір особового складу при виїзді на виклик, слідування до місця виклику та оперативне розгортання відповідно.

Час гасіння пожежі $\tau_{\text{Г}}$ знаходимо за залежностями, а саме: для пожеж класу А [3]

$$\tau_{\text{Г}} = \frac{C_{\text{ГА}} S_{\text{Г}}^{0,893}}{2N_{\text{А}} + N_{\text{Б}}} K_{\text{П}} K_{\text{І}} K_{\text{д}}, \text{ хв.}; \quad (11)$$

для пожеж класу В

$$\tau_{\text{Г}} = \frac{C_{\text{ГВ}} S_{\text{Г}}^{0,9233}}{N_{\text{ГПС}}} K_{\text{П}} K_{\text{Ір}} K_{\text{ГПС}}, \text{ хв.} \quad (12)$$

Для розв’язання поставленої задачі на ПЕОМ використовуємо метод Монте-Карло. Межі допустимих розв’язків у поставленій задачі є перетином n -вимірного паралелепіпеда, що визначається лінійними обмеженнями (3-6), та деякої площі, яка визначається обмеженнями (7-9).

Якщо позначити кількість всіх дослідів через N , а кількість точок, які потрапили в межі допустимих розв’язків, через K , то імовірність p потрапляння точки в межі допустимих розв’язків окремого випробування можна охарактеризувати відношенням $p = K / N$. Водночас можливі такі випадки:

1. $p = 0$ – область допустимих розв’язків відсутня (на практиці цей випадок може зустрітись тільки за некоректної постановки задачі);
2. $0 < p < 1$ – перетин обмежень (3-6) і обмежень (7-9);
3. $p = 1$ – область допустимих розв’язків збігається з областю обмежень (7-9).

З метою реалізації поставленої задачі була розроблена програма для ПЕОМ, яка передбачає дослідження в області, що включає межі допустимих розв’язків. Водночас в області (3-6) утворюється послідовність псевдовипадкових чисел μ_i в інтервалі [0-1], які перетворюються до значень $N_{\text{авто}}$, $N_{\text{ст. А}}$, $N_{\text{ст. Б}}$ та $N_{\text{ст. ГПС}}$. Вказані величини попарно незалежні та рівномірно розподілені на відрізках $|a_1, b_1|$, $|a_2, b_2|$, $|a_3, b_3|$, $|a_4, b_4|$.

Програма поділена на дві частини: навчальну та виконавчу. Після введення початкових даних навчальна програма проводить серію досліджень у межах області обмежень (3-6), оцінює отриману імовірність p потрапляння окремої точки в межі області допустимих розв'язків і будує нову область, в якій цикл повторюється. Точки, для яких не виконуються умови (7-9), відкидаються, а для точок, що потрапили в область допустимих розв'язків, обчислюється $\tau_{в.р}^*$ та значення $|B_n - B_o|$. Далі навчальна програма будує нову область таким чином, щоб збільшити відношення числа K точок, що потрапили в межі області допустимих розв'язків, до числа досліджень N в наступній серії і т.д. За імовірності $P \geq 0,95$ навчальна програма припиняє роботу та передає керування виконавчій програмі, яка і визначає оптимальні значення чинників.

Блок-схема алгоритму оптимізаційної імітаційної моделі визначення оптимальної кількості сил і засобів для ліквідації пожеж класу А у містах зображена на рис. 1.

Значення $\tau_{в.р}^*$, яке отримано на кожному етапі, порівнюється з попередніми. Менші з них та відповідні їм значення $N_{авто}$, $N_{ст. А}$, $N_{ст. Б}$ та $N_{ст. ГПС}$ запам'ятовуються і весь процес повторюється. В ході обчислень з точок, які потрапили в область допустимих розв'язків, береться точка з найменшим значенням $\tau_{в.р}^*$ та $|B_n - B_o|$.

Для отримання послідовності псевдовипадкових чисел μ_i використовувалася відповідний генератор на ПЕОМ.

Отримані числа за залежностями

$$N_{авто\ i} = a_1 + \mu_{1i}(b_1 - a_1); \quad (13)$$

$$N_{ст. А\ i} = a_2 + \mu_{2i}(b_2 - a_2); \quad (14)$$

$$N_{ст. Б\ i} = a_3 + \mu_{3i}(b_3 - a_3); \quad (15)$$

$$N_{ст. ГПС\ i} = a_4 + \mu_{4i}(b_4 - a_4), \quad (16)$$

перетворювалися до інтервалів змінних $N_{авто\ i}$, $N_{ст. А\ i}$, $N_{ст. Б\ i}$ та $N_{ст. ГПС\ i}$.

Програма передбачає введення вихідних даних, а саме: кількість пожежних депо міста $N_{депо}$, кількість пожежних гідрантів на об'єкті N_z , площу пожежі $S_{П}$ та коефіцієнт її форми $K_{ф.п}$, поверх $z_{П}$, на якому виникла пожежа, загальну кількість поверхів об'єкта z , відстань від депо до об'єкта L_i в км, час доби τ_i (фіксується автоматично), параметр γ , який враховує клас пожежі (А, В) та номер об'єкта O_i .

Після проведених розрахунків отримуємо результат з точність в межах від 0,5-0,95, що задається користувачем.

Необхідно також зауважити, що отриманий результат не є остато-

чним і може корегуватися начальником караулу під час ліквідації пожежі відповідно до даних, які надходять у процесі проведення розвідки.

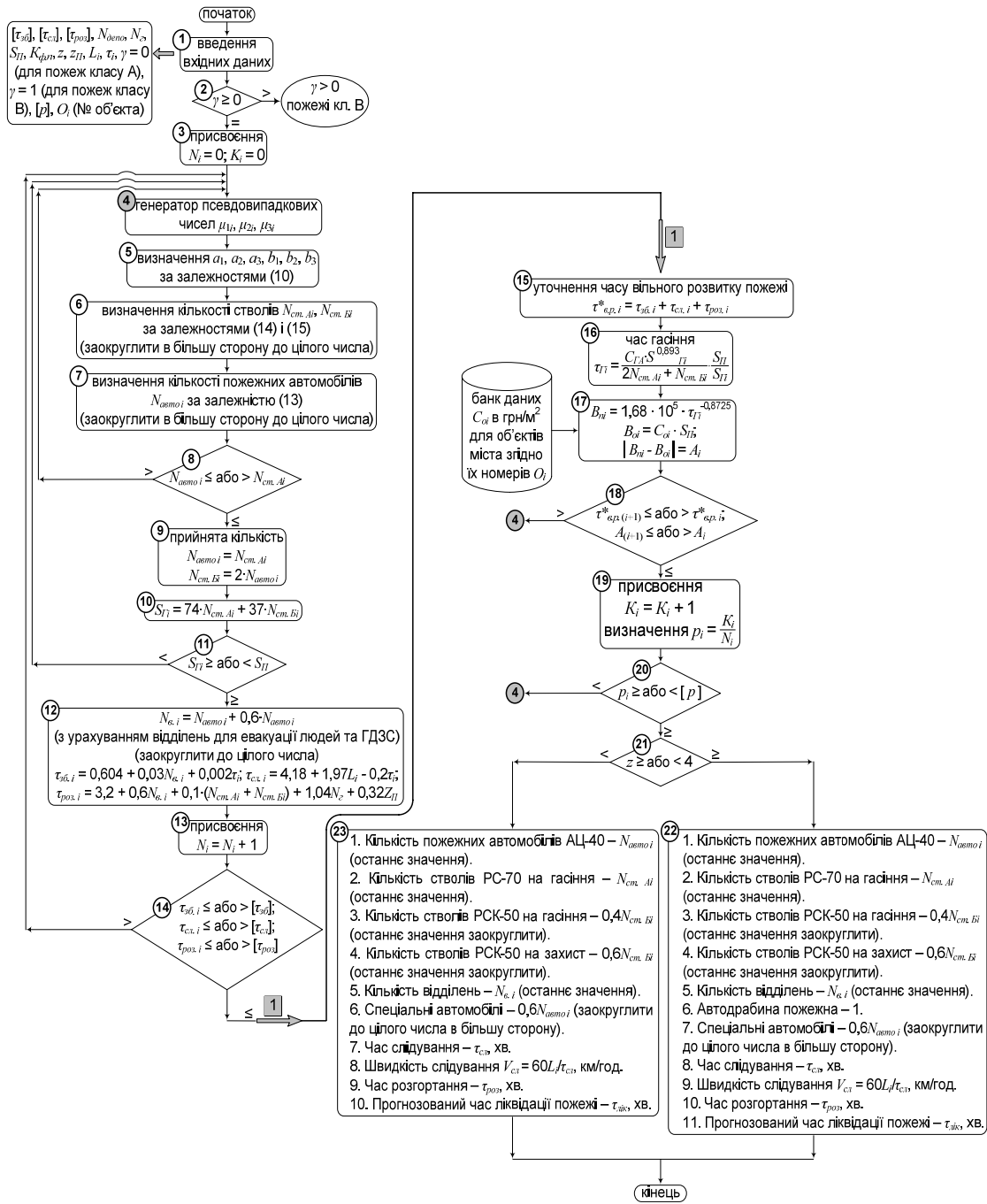


Рис. 1. Блок схема алгоритму оптимізації розрахунку сил і засобів

Розглянемо приклад застосування даного методу в двох циклах роботи ПЕОМ з метою визначення оптимальної кількості сил і засобів для ліквідації пожеж у містах.

Приклад. 30 вересня 2013 року о 16 год. 00 хв. на оперативно-диспетчерську службу Головного управління ДСНС України у Львівській області постуила інформація про пожежу, що виникла на сьомому поверсі в 10-ти поверховій житловій будівлі по вул. Дж. Вашингтона, 7а.

Визначення оптимальної кількості сил і засобів для ліквідації пожеж у містах

Відстань від місця виклику до найближчої пожежно-рятувальної частини (ДПРЧ-29) складає 1,5 кілометра. За попередніми даними мешканці евакуйовані, загрози їхньому життю немає.

Розв'язок. Блок 1. Введення вхідних даних $[\tau_{зб}] - 1$ хв; $[\tau_{сл}] - 10$ хв; $[\tau_{роз}] - 10$ хв; $N_{депо} - 2$; $N_{г} - 0$; $S_{п} - 35$ м²; $K_{ф.п.} - 0,5$; $z - 10$; $z_{п} - 7$; $L_i - 1,5$ км; $\tau_i - 16$ год; $\gamma - 0$ (пожежа класу А); $[p] - 0,5$; O_i – житлова будівля.

Блок 2. Визначення класу пожежі. Пожежа класу А, $\gamma = 0$.

Перший цикл. Блок 3. Присвоєння $N_i = 0$; $K_i = 0$.

Блок 4. Генерація псевдовипадкових чисел $\mu_{1i} = 0,5$; $\mu_{2i} = 0,5$; $\mu_{3i} = 0,4$.

Блок 5. Визначення мінімальних та максимальних значень обмежень за залежністю (10). $a_1 = 1$; $b_1 = 2 \cdot 2 = 4$; $a_2 = 1$; $b_2 = 2 \cdot 2 = 4$; $a_3 = 1$; $b_3 = 2 \cdot 2 = 4$.

Блок 6. Визначення кількості стволів $N_{ст. Аi}$, $N_{ст. Бі}$ за залежностями (14), (15). $N_{ст. Аi} = a_2 + \mu_{2i}(b_2 - a_2) = 1 + 0,5(4 - 1) = 2,5$, приймаємо 3. $N_{ст. Бі} = a_3 + \mu_{3i}(b_3 - a_3) = 1 + 0,4(4 - 1) = 2,2$, приймаємо 3.

Блок 7. Визначення кількості пожежних автомобілів $N_{авто i}$ за залежністю (13). $N_{авто i} = a_1 + \mu_{1i}(b_1 - a_1) = 1 + 0,5(4 - 1) = 2,5$, приймаємо 3.

Блок 8. Перевірка умови $N_{авто i} = N_{ст. Аi} = 3$.

Блок 9. Приймаємо кількість $N_{авто i} = N_{ст. Аi} = 3$, $N_{ст. Бі} = 2 N_{авто i} = 2 \cdot 3 = 6$.

Блок 10. Визначення площі гасіння пожежі. $S_{Гi} = 74 N_{ст. Аi} + 37 N_{ст. Бі} = 74 \cdot 3 + 37 \cdot 6 = 444$ м².

Блок 11. Перевірка умови $S_{Гi} \geq S_{п}$, $S_{Гi} = 444 \geq S_{п} = 35$ м².

Блок 12. Визначення кількості відділень, часу збору, часу слідування та часу оперативного розгортання:

$N_{в.і} = N_{авто i} + 0,6 N_{авто i} = 3 + 0,6 \cdot 3 = 4,8$, приймаємо 5;

$\tau_{зб i} = 0,604 + 0,03 \cdot 5 + 0,002 \cdot 16 = 0,786$ хв;

$\tau_{сл i} = 4,18 + 1,97 \cdot 1,5 - 0,2 \cdot 16 = 3,935$ хв;

$\tau_{роз i} = 3,2 + 0,6 \cdot 5 + 0,1 \cdot (3+6) + 0,32 \cdot 7 = 9,34$ хв.

Блок 13. Присвоєння $N_1 = N_i + 1 = 0 + 1 = 1$.

Блок 14. Перевірка умови $\tau_{зб i} \leq [\tau_{зб}] - 0,786 \leq 1$; $\tau_{сл i} \leq [\tau_{сл}] - 3,935 \leq 10$; $\tau_{роз i} \leq [\tau_{роз}] - 9,34 \leq 10$.

Блок 15. Уточнення часу вільного розвитку пожежі. $\tau_{е.рi}^* = 0,786 + 3,935 + 9,34 = 14,061$ хв.

Блок 16. Визначення часу гасіння пожежі $\tau_{Гi}$ за залежністю (11). $\tau_{Гi} = ((6,39 \cdot 444^{0,893}) / (2 \cdot 3 + 6)) \cdot (35/444) = 9,7$ хв.

Блок 17. Визначення витрат пожежно-рятувальних частин на ліквідацію пожежі залежно від тривалості її гасіння $V_{пi}$ та матеріальних збитків на об'єкті V_{oi} . $V_{пi} = 1,68 \cdot 10^5 \cdot \tau_{Гi}^{-0,8725} = 1,68 \cdot 10^5 \cdot 9,7^{-0,8725} = 23139,3$ грн; $V_{oi} = 315 \cdot 35 = 11025$ грн; $A_i = |V_{пi} - V_{oi}| = |23139,3 - 11025| = 12114,3$ грн, (запам'ятати).

Блок 18. Перевірка умови $N_1 = 1$, що потребує повернення до

блоку 4 і початку роботи другого циклу.

Другий цикл. Блок 4. Генерація псевдовипадкових чисел $\mu_{1i} = 0,1$; $\mu_{2i} = 0,2$; $\mu_{3i} = 0,3$.

Блок 5. Визначення мінімальних та максимальних значень обмежень за залежністю (10). $a_1 = 1$; $b_1 = 2 \cdot 2 = 4$; $a_2 = 1$; $b_2 = 2 \cdot 2 = 4$; $a_3 = 1$; $b_3 = 2 \cdot 2 = 4$.

Блок 6. Визначення кількості стволів $N_{ст. Ai}$, $N_{ст. Bi}$ за залежностями (14), (15). $N_{ст. Ai} = a_2 + \mu_{2i}(b_2 - a_2) = 1 + 0,2(4 - 1) = 1,6$, приймаємо 2. $N_{ст. Bi} = a_3 + \mu_{3i}(b_3 - a_3) = 1 + 0,3(4 - 1) = 1,9$, приймаємо 2.

Блок 7. Визначення кількості пожежних автомобілів $N_{авто i}$ за залежністю (13). $N_{авто i} = a_1 + \mu_{1i}(b_1 - a_1) = 1 + 0,1(4 - 1) = 1,3$, приймаємо 2.

Блок 8. Перевірка умови $N_{авто i} = N_{ст. Ai} = 2$.

Блок 9. Приймаємо кількість $N_{авто i} = N_{ст. Ai} = 2$, $N_{ст. Bi} = 2 N_{авто i} = 2 \cdot 2 = 4$.

Блок 10. Визначення площі гасіння пожежі. $S_{Гі} = 74 N_{ст. Ai} + 37 N_{ст. Bi} = 74 \cdot 2 + 37 \cdot 4 = 296 \text{ м}^2$.

Блок 11. Перевірка умови $S_{Гі} \geq S_{П}$, $S_{Гі} = 296 \geq S_{П} = 35 \text{ м}^2$.

Блок 12. Визначення кількості відділень, часу збору, часу слідування та часу оперативного розгортання:

$N_{в.і} = N_{авто i} + 0,6 N_{авто i} = 2 + 0,6 \cdot 2 = 3,2$, приймаємо 3;

$\tau_{зб i} = 0,604 + 0,03 \cdot 3 + 0,002 \cdot 16 = 0,726 \text{ хв}$;

$\tau_{сл i} = 4,18 + 1,97 \cdot 1,5 - 0,2 \cdot 16 = 3,935 \text{ хв}$;

$\tau_{роз i} = 3,2 + 0,6 \cdot 3 + 0,1 \cdot (2+4) + 0,32 \cdot 7 = 7,84 \text{ хв}$.

Блок 13. Присвоєння $N_2 = N_1 + 1 = 1 + 1 = 2$.

Блок 14. Перевірка умови $\tau_{зб i} \leq [\tau_{зб}] - 0,726 \leq 1$; $\tau_{сл i} \leq [\tau_{сл}] - 3,935 \leq 10$; $\tau_{роз i} \leq [\tau_{роз}] - 7,84 \leq 10$.

Блок 15. Уточнення часу вільного розвитку пожежі. $\tau_{в.р1}^* = 0,726 + 3,935 + 7,84 = 12,501 \text{ хв}$.

Блок 16. Визначення часу гасіння пожежі $\tau_{Гі}$ за залежністю (11). $\tau_{Гі1} = ((6,39 \cdot 296^{0,893}) / (2 \cdot 2 + 4)) \cdot (35/296) = 15,2 \text{ хв}$.

Блок 17. Визначення витрат пожежно-рятувальних частин на ліквідацію пожежі залежно від тривалості її гасіння $V_{пі}$ та матеріальних збитків на об'єкті V_{oi} . $V_{пі} = 1,68 \cdot 10^5 \cdot \tau_{Гі}^{-0,8725} = 1,68 \cdot 10^5 \cdot 15,2^{-0,8725} = 15636,9 \text{ грн}$; $V_{oi} = 315 \cdot 35 = 11025 \text{ грн}$; $A_{i1} = |V_{пі} - V_{oi}| = |15636,9 - 11025| = 4611,9 \text{ грн}$, (запам'ятати).

Блок 18. Перевірка умови $\tau_{в.р1}^* \leq \tau_{в.рi}^* - 12,501 \leq 14,061$; $A_{i1} \leq A_i - 4611,9 \leq 12114,3$, що дозволяє перейти до блоку 19.

Блок 19. Присвоєння $k_1 = k_i + 1 = 0 + 1 = 1$. Визначення $p_1 = k_1 / N_2 = 1 / 2 = 0,5$.

Блок 20. Перевірка умови $p_1 = 0,5 = [p] = 0,5$, що дозволяє перейти до блоку 21.

Блок 21. Перевірка умови $z_{П} = 7 \geq 4$ та роздрук результатів у блоці 22.

Кількість АЦ-40 – 2; стволів РС-70 на гасіння – 2; стволів РСК-50 на гасіння – 2; стволів РСК-50 на захист – 2; кількість відділень – 3; автодрабин пожежних – 1; спеціальних автомобілів – 2; час слідування – 3,9 хв; швидкість слідування – 23 км/год; час розгортання – 7,8 хв; прогнозований час ліквідації пожежі – 27,7 хв.

Висновки. 1. Запропонована оптимізаційна імітаційна модель розрахунку сил і засобів для ліквідації пожеж у містах дозволяє обґрунтовано для кожної пожежі визначати необхідну кількість технічних засобів і сил ліквідації пожежі.

2. За допомогою розробленого пакету прикладних програм на основі запропонованої імітаційної моделі керівник гасіння пожежі має можливість отримати результати розрахунку сил і засобів навіть у разі відсутності даних оперативних планів пожежогасіння або у випадку їх некоректного виконання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брушлинский Н.Н. Моделирование оперативной деятельности пожарной службы / Н. Н. Брушлинский. – М. : Стройиздат, 1981. – 96 с.

2. Войтович Д.П. Оперативні документи як невід’ємна складова проведення розвідки для прийняття рішень щодо застосування сил і засобів на вирішальному напрямку оперативних дій / Д.П. Войтович // Пожежна безпека. – 2013. – № 22. – С. 32-37.

3. Гуліда Е.М. Визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах / Е.М. Гуліда, І.О. Мовчан, Д.П. Войтович // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 23. – С. 241-247.

4. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.

5. Інструкція про порядок взаємодії підрозділів відомчої пожежної охорони Держкомлісгоспу України і пожежно-рятувальних підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту МНС України під час гасіння лісових пожеж / затверджений спільним наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи та Державного комітету лісового господарства України від 12.03.2007 № 89/132. – К., 2007. – 3 с.

6. Климась Р. В. Стан із пожежами та їх наслідками в Україні за 2012 рік [Електронний ресурс] : за даними аналізу масиву карток обліку пожеж (POG_STAT) за 12 місяців 2012 року / УкрНДІЦЗ ДСНС України; ред. Р.В. Климась, Д.Я. Матвійчук. – К. : УкрНДІЦЗ ДСНС України, 2013. – 26 с. Режим доступу до ресурсу : http://www.undicz.mns.gov.ua/files/2012/12/31/AD_12_12_1.pdf.

7. Методика розрахунку сил і засобів, необхідних для гасіння

пожеж у будівлях і на територіях різного призначення / затверджена наказом МНС України від 16.12.2011 № 1341. – К., 2011. – 26 с.

8. Методичні рекомендації зі складання та використання оперативних планів і карток пожежогасіння / затверджені наказом МНС України від 23.09.2011 № 1021. – К., 2011. – 59 с.

9. Мовчан І.О. Забезпечення ліквідації пожежі на промислових підприємствах з урахуванням надійності пожежної техніки та устаткування : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.02 – „Пожежна безпека” / І.О. Мовчан ; ун-т цив. захисту України. – Харків, 2007. – 19 с.

10. Пархоменко Р.В. Пожежна тактика : практикум [вид. 2-ге] / Р.В. Пархоменко, Б.В. Болібрух, Д.О. Чалий. – Кам'янець-Подільський : ПП „Медобори-2006”, 2013. – 416 с.

11. Статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту / затверджений наказом МНС України від 13.03.2012 № 575. – К., 2012. – 152с.

12. Табель термінових та строкових донесень з питань цивільного захисту / затверджений наказом МНС України від 12.05.2011 № 485. – К., 2011. – 82 с.

13. Терещук В.В. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений / В.В. Терещук. – М.: Пожкнига, 2004. – 248 с.

14. Тимчасовий порядок організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб МНС України / затверджені наказом МНС України від 31.10.2008 № 794. – К., 2008. – 129 с.

Д.П. Войтович

Определение оптимального количества сил и средств для ликвидации пожаров в городах

В работе рассмотрена роль руководителя тушения пожара и значение принимаемых им решений по привлечению соответствующего количества сил и средств на ход ликвидации пожара. Предложено определение оптимального количества сил и средств для ликвидации пожаров в городах выполнять на ПЭВМ с использованием метода Монте-Карло.

Ключевые слова: время свободного развития пожара, расчет сил и средств, оптимизационная имитационная модель, метод Монте-Карло.

D. Voytovych

Determination of optimum amount of capabilities to liquidate fires in the cities

The role of head of fire extinguishing and the value of decisions to raise an appropriate amount of capabilities in the course of fire suppression have been considered in article. A definition of the optimal number of capabilities to liquidate fires in cities perform on a PC, using the method of Monte Carlo has been proposed.

Keywords: free time of a fire, the calculation of capabilities, optimization simulation model, the method of Monte Carlo.