троения регрессионной модели регулятора разомкнутой системы управления, описывается подход к организации интерфейса и основные приемы работы в нем.

***TkachenkoP.R., Tkachenko O.R., Polishchuk U.V.* EQUO – a program generator formulas for efficient approximation of the dependences of one or more variables**

In this article principles of construction and using the neural network generator formulas of multiply regression are reviewed. The features of the approach to solving problems of information modeling that is used and implemented in the software EQUO, are examined. An example of the problem solving of building regression models regulator open-loop control system have shown, an approach to user interface and basic techniques in it are described.

***УДК* 614.843(075.32)**

Ад'юнкт І.В. Паснак*[1] *– Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ А І В НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Розглянуто моделювання та вибір оптимального варіанта технологічного процесу гасіння пожеж класу А і В на промислових підприємствах. Встановлено, що відсутні обґрунтовані методики залучення до ліквідації пожеж добровільних пожежних дружин та команд з існуючою технікою підприємства та одночасного залучення підрозділів МНС. Розроблено оптимізаційну модель процесу гасіння пожеж класу А і В на промислових підприємствах із використанням методу Монте-Карло.

Ключові слова: моделювання гасіння пожежі, оптимізаційна модель, метод Монте-Карло, алгоритм.

Постановка проблеми. Інтенсифікацію розвитку промисловості, підвищення рівня соціального та економічного розвитку, відповідальність під час прийняття відповідних рішень покладають на фахівців, які працюють в галузі пожежної безпеки. Як недооцінка пожежної небезпеки об'єкта, так і її переоцінка можуть призвести до великих економічних та соціальних втрат [1].

На основі аналізу робіт [1-3] встановлено, що не можливо вибрати оптимальний варіант технології пожежогасіння, використовуючи лише аналітичні розрахунки. На промислових підприємствах можуть одночасно виникати пожежі класу А і В, котрі за 10-15 хв можуть поширитись на значну площу [5-7]. Це спонукає до швидкого та обґрунтованого вибору оптимального методу пожежогасіння і технічних засобів. Аналіз існуючих методів оптимізації технології пожежогасіння свідчить про відсутність обґрунтованої методики залучення до ліквідації пожеж добровільних пожежних дружин та команд з існуючою технікою підприємства та одночасного залучення підрозділів МНС [2, 3, 5-7]. Для розроблення методу оптимізації технології пожежогасіння на промисловому підприємстві необхідно розглянути процес розвитку і ліквідації пожежі та на його підставі розробити математичну модель прийняття оптимальних заходів пожежогасіння на промисловому підприємстві.

[1]Наук. керівник: доц. О.Е. Васильєва, канд. техн. наук

Мета роботи. Розробити математичну модель оптимізації процесу гасіння пожеж класу А і В на промислових підприємствах.

Виклад основного матеріалу. У працях [8, 9] для здійснення аналізу збитків від пожежі розглядали загальні збитки у вигляді прямих збитків, завданих пожежею, та витрати на її ліквідацію пожежно-рятувальними підрозділами. В роботах [2, 3] для цієї мети застосовували різницевий критерій, який є різницею прямих збитків від пожежі та витрат пожежно-рятувальних підрозділів, що здійснювали ліквідацію пожежі. За модулем ця різниця має наближатися до мінімального значення і в деяких випадках навіть дорівнювати нулю

$$|B_n - B_o| \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де: B_n – витрати пожежно-рятувальних підрозділів, що здійснювали ліквідацію пожежі, залежно від часу її гасіння; B_o – прямі збитки об'єкта від пожежі, залежно від її площі на момент локалізації горіння.

У випадку використання описаного вище критерію процес гасіння пожежі відноситиметься до двокритеріальної задачі з двома частковими критеріями. Значення цих часткових критеріїв можна визначити за залежностями [2, 3]:

для пожеж класу А $$B_n = C_B \tau^{-0,8725}, \text{ грн} \quad (2)$$

$$B_o = C_o \pi [0,5V_л \tau_{в.г.} + V_л(\tau_{в.г.} - 10)]^2 \cdot K_{ф.п}, \text{ грн} \quad (3)$$

для пожеж класу В $$B_n = C_B \tau^{-0,8172}, \text{ грн} \quad (4)$$

$$B_o = C_o \pi [0,5V_л \tau_{в.г.} + V_л(\tau_{в.г.} - 10)]^2 \cdot K_{ф.п}, \text{ грн} \quad (5)$$

де: C_B – коефіцієнт пропорційності для пожеж класу А C_B=1,68·10^5, а для пожеж класу В C_B=2·10^6; τ – тривалість ліквідації пожежі, хв; C_o – середня вартість у гривнях 1 м^2 площі об'єкта, на якому виникла пожежа; $[0,5V_л \tau_{в.г.} + V_л(\tau_{в.г.} - 10)]$ – радіус поширення пожежі, зокрема за перші 10 хв, м; $V_л$ – лінійна швидкість поширення пожежі, м/хв; $\tau_{в.г.}$ – тривалість вільного поширення пожежі, хв; $K_{ф.п.}$ – коефіцієнт, який враховує форму поширення пожежі; $K_{ф.п}$= 1 – кругова та прямокутна (α=6,28), $K_{ф.п}$=0,5 – кутова 180^0 (α=3,15); $K_{ф.п}$=0,25 – кутова 90^0 (α=1,57).

Розглянемо витрати, що їх може завдати пожежа класу А і В у вишкоремонтному цеху Прикарпатського управління бурових робіт (ПУБР); за результатами середньостатистичної оцінки для вишкоремонтного цеху ПУБР C_o=6248 грн/м^2. Для цього згідно із залежністю (3) розрахуємо збитки підприємства у випадку виникнення кутової пожежі (90^0).

Для порівняння, розглянемо витрати для ліквідації пожежі силами добровільної пожежної команди, яка має запропоновану пожежну техніку [12-14], та пожежно-рятувальним підрозділом. Результати обрахунків для пожежі класу А зведемо у вигляді графічної залежності рис. 1.

Використовуючи програмний пакет Microsoft Excel та наклавши на графічні залежності (рис. 1) лінію тренду, отримаємо рівняння для:

- визначення витрат вишкоремонтного цеху від часу тривалості пожежі класу А:

$$B_o = 0,91(\tau_{в.г.} + \tau_г)^{2,33}, \text{ тис. грн}; \quad (6)$$

- визначення витрат пожежно-рятувального підрозділу від часу гасіння пожежі класу А:

$$B_n = 168{,}13(\tau_{в.г.} + \tau_г)^{-0{,}87}, \text{ тис. грн;} \quad (7)$$

- визначення витрат добровільної пожежної команди від часу гасіння пожежі класу А:

$$B_{ДПК} = 31{,}01(\tau_{в.г.} + \tau_г)^{-0{,}58}, \text{ тис. грн.} \quad (8)$$

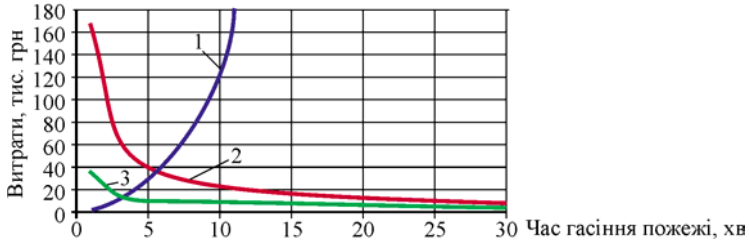

Рис. 1. Залежність витрат вишкоремонтного цеху від часу тривалості пожежі класу А (залежність 1) та пожежно-рятувального підрозділу (залежність 2) і добровільної пожежної команди (залежність 3) від часу гасіння пожежі класу А

Результати обрахунків для пожежі класу В зведемо у вигляді графічної залежності рис. 2.

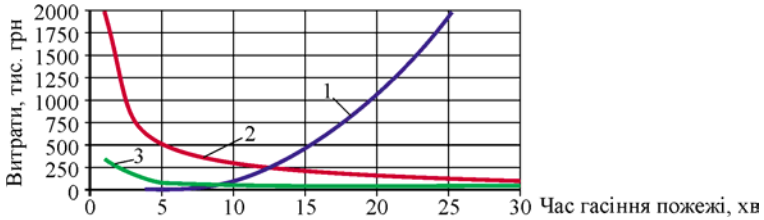

Рис. 2. Залежність витрат вишкоремонтного цеху від часу тривалості пожежі класу В (залежність 1) та пожежно-рятувального підрозділу (залежність 2) і добровільної пожежної команди (залежність 3) від часу гасіння пожежі класу В

Використовуючи програмний пакет Microsoft Excel та наклавши на графічні залежності (рис. 2) лінію тренду, отримаємо рівняння для:

- визначення витрат вишкоремонтного цеху від часу тривалості пожежі класу В:

$$B_o = 0{,}91(\tau_{в.г.} + \tau_г)^{2{,}33}, \text{ тис. грн;} \quad (9)$$

- визначення витрат пожежно-рятувального підрозділу від часу гасіння пожежі класу В:

$$B_n = 2000{,}9(\tau_{в.г.} + \tau_г)^{-0{,}82}, \text{ тис. грн;} \quad (10)$$

- визначення витрат добровільної пожежної команди від часу гасіння пожежі класу В:

$$B_{ДПК} = 345{,}51(\tau_{в.г.} + \tau_г)^{-0{,}65}, \text{ тис. грн.} \quad (11)$$

Розглянемо імітаційну динамічну модель оптимізації часу гасіння $\tau_г$ пожеж класу А і В на промисловому підприємстві з використанням методу Монте-Карло [10]. Наша задача – мінімізувати час вільного горіння $\tau_{в.г.}$ та час гасіння пожежі $\tau_г$. Функції мети задачі матимуть вигляд:

$$\tau_{в.г.} \to \min; \quad (12)$$

$$\tau_г \to \min; \quad (13)$$

за критерієм $$|B_o - B_{ДПК}| \to \min; \quad (14)$$

та обмеженнями $$a_1 \le N_{СКВП} \le b_1; \quad (15)$$

$$a_2 \le \tau_{в.г.} \le b_2, \quad (16)$$

де: a_1, a_2 – мінімальні значення обмежень; b_1, b_2 – максимальні значення обмежень.

$$a_1 = 2;\ b_1 = 4\ N_{СКВП};$$

$$a_2 = 1;\ b_2 = 10\ \tau_{в.г.}.$$

Вихідні дані до блок-схеми алгоритму:

- геометричні параметри приміщення, у якому виникла пожежа (ширина a_n, довжина b_n, м);
- параметри цеху, в якому виникла пожежа (ширина $A_ц$, довжина $B_ц$, м);
- форма пожежі (коефіцієнт форми пожежі α [3]);
- лінійна швидкість поширення пожежі ($V_л$) [5]);
- ліквідація пожежі здійснюється силами добровільної пожежної команди; витрати, що пов'язані з ліквідацією пожежі, визначають за залежностями (6-11);
- кількість стволів комбінованої подачі $N_{СКВП}$ [13] (a_1 – мінімальна кількість; b_1 – максимальна кількість). Ствол обслуговує 1 особу. На одному багатофункціональному причепі [14] знаходяться два ствола комбінованої подачі;
- час вільного горіння $\tau_{в.г.}$, хв (a_2 – мінімальний час; b_2 – максимальний час);
- інтенсивність подачі вогнегасної речовини I [5] та розчину I_p [5], діаметр насадки ствола комбінованої подачі d;
- тип стволів ГПС;
- імовірність прогнозування [p].

Час гасіння розраховуємо згідно з методикою [11]. Алгоритмічна блок-схема для пожежі класу А матиме вигляд, зображений на рис. 3.

Вибір оптимального варіанта технології пожежогасіння пожеж класу А і В силами добровільних пожежних команд на промисловому підприємстві здійснюється згідно з послідовністю, яку зображено на блок-схемі алгоритму (рис. 3) на ПЕОМ. Розрахунки за імітаційною моделлю виконують після отримання повідомлення про пожежу, що дає змогу визначити чинники оперативно-тактичної діяльності добровільних пожежних команд підприємства під час виникнення пожежі. Отримані дані використовують для розрахунку кількості добровільних пожежних команд і техніки для гасіння пожежі. Розглянемо послідовність операцій блок-схеми алгоритму (рис. 3).

Спочатку в блок 1 необхідно ввести вхідні дані, що описані вище. У блоці 2 визначаємо клас пожежі. Спочатку розглянемо алгоритм для пожежі класу А.

У блоці 3 відбувається присвоєння нульового значення параметрам N_i та K_i. Далі в блоці 4 створюються псевдовипадкові числа μ_1, μ_2 в інтервалі [0; 1]. Визначення необхідної кількості стволів комбінованої подачі суцільного струменя води та повітряно-механічної піни низької кратності та багатофункціональних пожежних причепів здійснюється відповідно в блоках 5 та 6. У

блоці 7 визначаємо час вільного горіння $\tau_{в.г.i}$. Далі в блоці 8 параметра N_i присвоюється значення N_i+1.

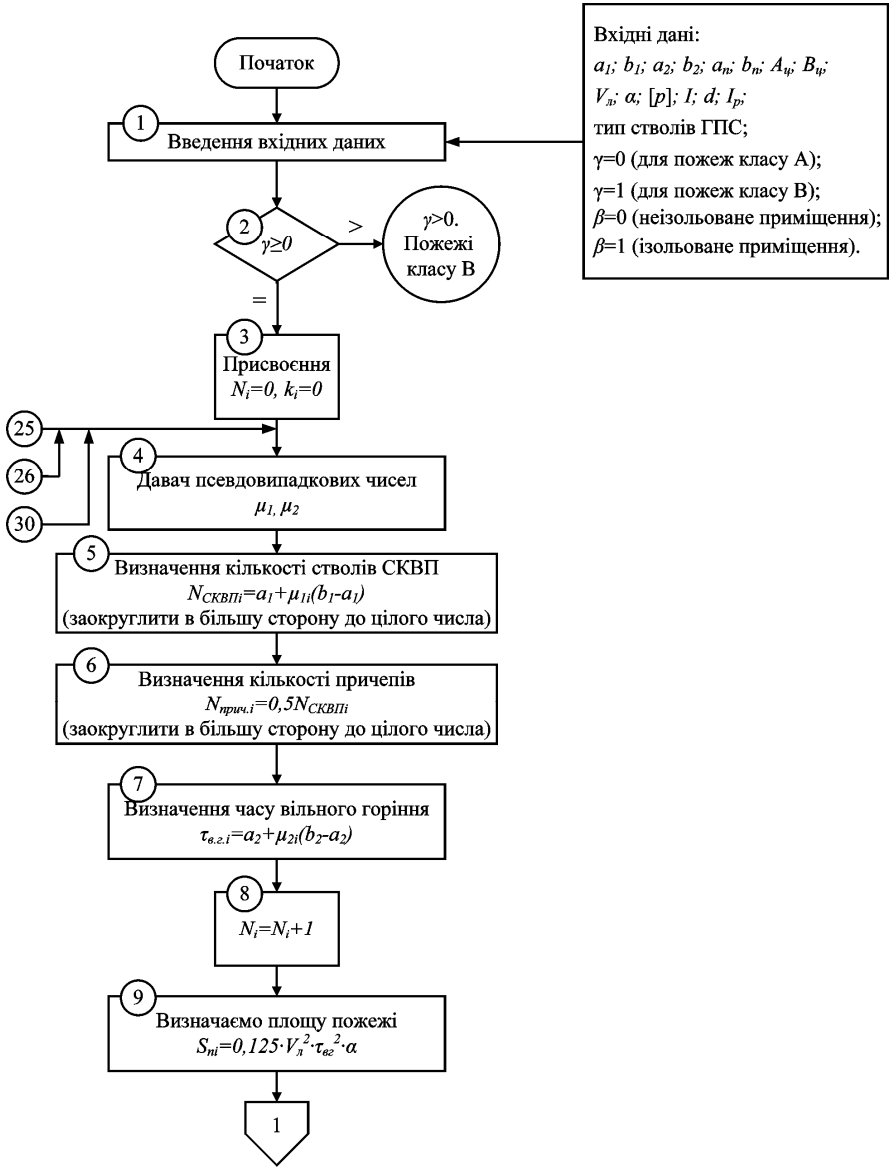

Рис. 3. Блок-схема вибору оптимального варіанта технології пожежогасіння пожеж класу А і В силами добровільних пожежних команд та можливістю одночасного залучення підрозділів МНС на промисловому підприємстві

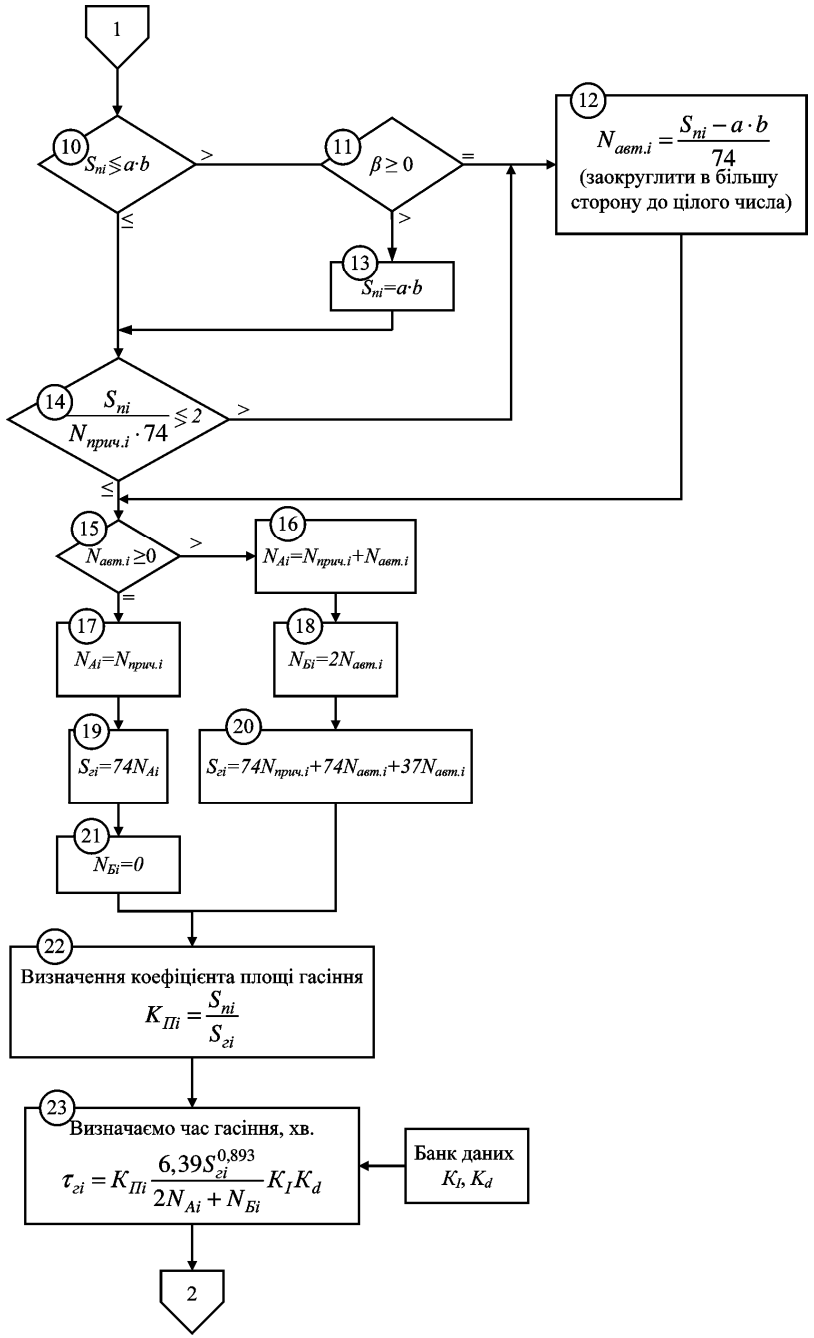

Рис. 3. Продовження

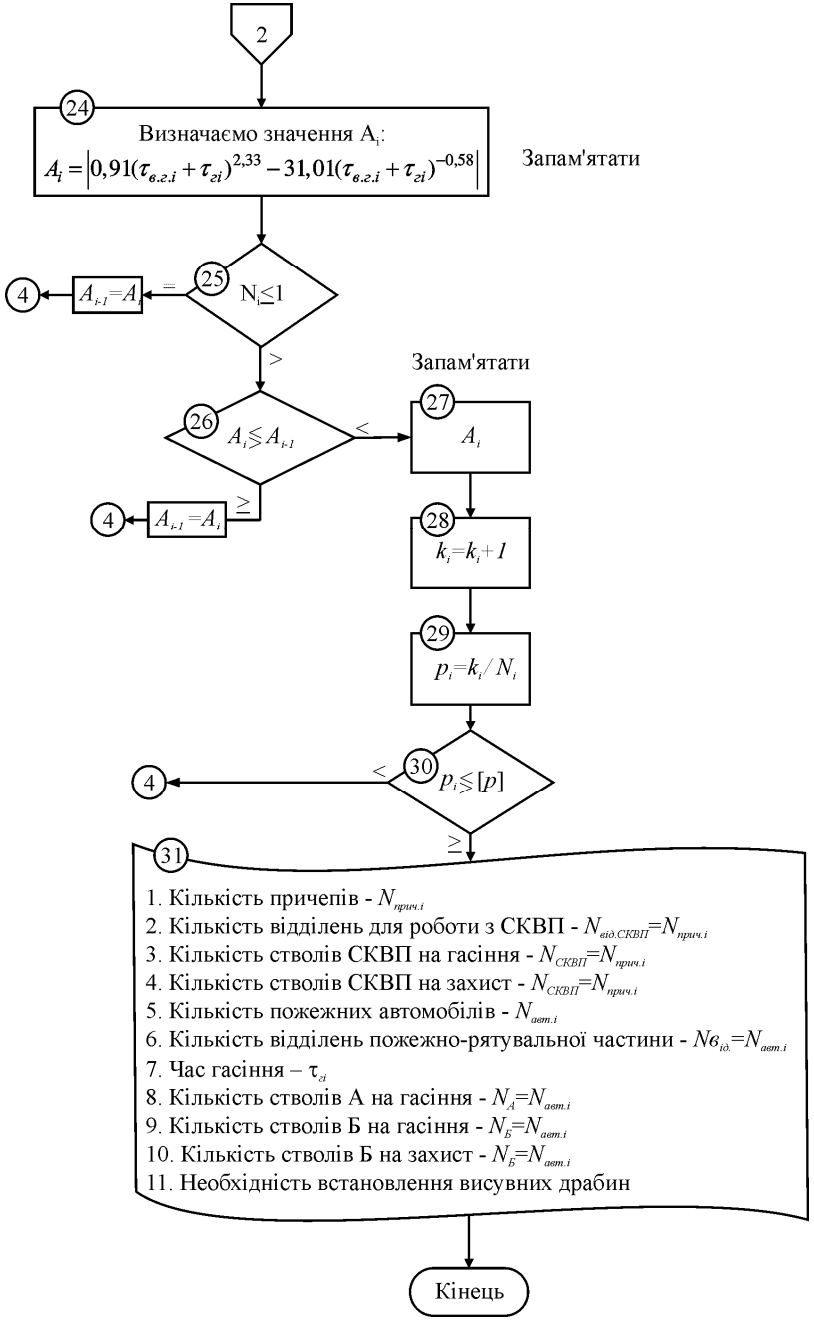

Рис. 3. Закінчення

У блоці 9 визначаємо площу пожежі $S_{пi}$ за умови, що час вільного горіння $\tau_{в.г.} \leq 10$ хв. У цьому випадку площу пожежі визначаємо за залежністю $S_{пi}=0{,}125 \cdot V_л^2 \cdot \tau_{вг}^2 \cdot \alpha$.

У блоці 10 площа пожежі прирівнюється до площі приміщення, у якому вона виникає. Якщо площа пожежі більша за площу приміщення, то у блоці 11, залежно від типу приміщення – ізольоване чи неізольоване, β порівнюється з нулем. Якщо в блоці 11 β=0, то це свідчить про необхідність залучення до ліквідації пожежі автомобілів підрозділів МНС. У блоці 12 визначаємо необхідну кількість пожежних автоцистерн $N_{авт}$. Якщо β>0, то у блоці 13 площа пожежі $S_{пi}$ прирівнюється до площі приміщення.

У блоці 14 перевіряємо можливість ліквідації пожежі силами добровільних пожежних команд об'єкта та визначаємо необхідність залучення пожежних автомобілів гарнізону. В блоці 15 порівнюється кількість пожежних автомобілів АЦ з нулем. Залежно від значення $N_{авт.}$, в блоках 16 та 17 визначаємо кількість стволів "А" $N_А$, в блоці 18 – кількість стволів "Б" $N_Б$, а в блоках 19 та 20 – площу гасіння $S_{гi}$. У блоці 21 $N_Б$ прирівнюється до нуля.

Визначення коефіцієнта площі гасіння здійснюється в блоці 22. В блоці 23 визначаємо час гасіння $\tau_{гi}$ [11] з використанням банку даних поправочних коефіцієнтів на інтенсивність подачі вогнегасної речовини K_I та коефіцієнта, який враховує використання відповідного діаметра насадки на стволі комбінованої подачі суцільного струменя води та повітряно-механічної піни низької кратності K_d відповідно до таблиці.

Табл. Значення коефіцієнтів K_I та K_d [11]

Інтенсивність подачі вогнегасної речовини							Діаметр насадки на стволі					
I, л/с·м^2	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	d, мм	13	16	19	22	25
K_I	1,86	1,28	1,0	0,83	0,7	0,53	K_d	1	0,97	0,92	0,85	0,78

У блоці 24 визначаємо значення критерію A_i. Далі визначені параметри порівнюються з попередніми значеннями та менші значення запам'ятовуються, а більші відкидаються (блоки 25…27). Присвоєння параметра k_i значення k_i +1 відбувається у блоці 28. В блоці 29 визначаємо значення параметра p_i та перевіряємо попадання псевдовипадкових чисел в область допустимих розв'язків шляхом порівняння в блоці 30. Згідно з [2], значення цієї ймовірності приймається у межах 0,5…0,95. Після цього виконується роздрукування вхідних та вихідних даних (блок 31).

За аналогією виконуємо операції для пожежі класу В.

Розглянемо приклад розрахунку за алгоритмом.

Вхідні дані: пожежа виникла в приміщенні шириною $a_п$=10 м, довжиною $b_п$=10 м, в цеху шириною $A_ц$=72 м та довжиною $B_ц$=72 м; форма пожежі – кругова 360˚ (α=6,28); лінійна швидкість поширення пожежі $V_л$=2 м/с; ліквідація пожежі здійснюється силами добровільної пожежної команди (за необхідності залучаються підрозділи МНС); витрати, що пов'язані з ліквідацією пожежі, визначаються за залежностями (6-11); кількість стволів комбінованої подачі $N_{СКВП}$ на об'єкті a_1=2; b_1=4. Ствол обслуговує 1 особу. На одному бага-

тофункціональному причепі знаходяться два ствола комбінованої подачі; час вільного горіння $\tau_{в.г.}$ a_2=1 хв, b_2=10 хв; інтенсивність подачі вогнегасної речовини I=0,1 л/с·м^2; діаметр насадки ствола комбінованої подачі d=13 мм; виникає пожежа класу А γ=0; приміщення неізольоване, тобто β=0; імовірність прогнозування [p]=0,5.

1. Введення вхідних даних (a_1=2; b_1=4; a_2=1 хв.; b_2=10 хв.; a_n=10 м; b_n=10 м; $A_ц$=72 м; $B_ц$=72 м; $V_л$=2 м/с; α=6,28; [p]=0,5; I=0,1 л/с·м^2; d=13 мм; γ=0; β=0).

1-й цикл

2. γ=0 (пожежа класу А).
3. Присвоєння N_i=0, k_i=0.
4. Давач псевдовипадкових чисел μ_1=0,3, μ_2=0,6.
5. Визначаємо кількість стволів СКВП

$N_{СКВПi}=a_1+\mu_{1i}(b_1-a_1)$=2+0,3(4-2)=2,6; приймаємо $N_{СКВПi}$=3.

6. Визначаємо кількість причепів

$N_{прич.i}$= 0,5$N_{СКВПi}$ =0,5·3=1,5; приймаємо $N_{прич.i}$=2.

7. Визначення часу вільного горіння

$\tau_{в.г.i}=a_2+\mu_{2\,i}(b_2-a_2)$=1+0,6(10-1)=6,4 хв.

8. $N_i=N_i$+1=0+1=1.
9. Визначаємо площу пожежі

$S_{пi}=0,125\cdot V_л^2\cdot\tau_{вг}^2\cdot\alpha$=0,125·2^2·6,4^2·6,28= 128,6 м^2.

10. Перевірка умови $S_{n>}^{<}a\cdot b$; 128,6>100.
11. Приміщення неізольоване, тобто β=0.
12. Визначаємо необхідну кількість пожежних автоцистерн

$N_{авт i}=\dfrac{S_{пi}-a\cdot b}{74}$=(128,6-10·10)/74=0,39 приймаємо 1 АЦ.

15. Перевірка умови $N_{авт.i}\geq$0; $N_{авт.i}$=1>0.
16. Визначення кількості стволів N_{Ai}

$N_{Ai}=N_{прич.i}+N_{авт.i}$=2+1=3.

18. Визначення кількості стволів $N_{Бi}$

$N_{Бi}=2N_{авт.i}$=2·1=2.

20. Визначення площі гасіння

$S_{гi}=74N_{прич.i}+74N_{авт.i}+37N_{авт.i}$=74·1+74·1+37·1=185 м^2.

22. Визначаємо коефіцієнт площі гасіння

$K_{Пi}=\dfrac{S_{пi}}{S_{гi}}$=128,6/185=0,7.

23. Визначаємо час гасіння

$\tau_{гi}=K_{гi}\dfrac{6,39S_{гi}^{0,893}}{2N_{Ai}+N_{Бi}}K_IK_d$=0,7·(6,39·185^{0,893}/2·3+2)·1,86·1=110 хв.

24. Визначаємо значення A_i

$A_i=\left|0,91(\tau_{в.г.i}+\tau_{гi})^{2,33}-31,01(\tau_{в.г.i}+\tau_{гi})^{-0,58}\right|$=|0,91(6,4+110)^{2,33}–

–31,01(6,4+110)$^{-0,58}$|=59251.

25. N_i=1, отже повертаємося до блоку 4.

2-й цикл

4. Давач псевдовипадкових чисел μ_1=0,6, μ_2=0,9.
5. Визначаємо кількість стволів СКВП

$N_{СКВПi}=a_1+\mu_{1i}(b_1-a_1)$=2+0,6(4-2)=3,2; приймаємо $N_{СКВПi}$=4.

6. Визначаємо кількість причепів

$N_{прич.i}$= 0,5$N_{СКВПi}$ =0,5·4=2.

7. Визначення часу вільного горіння

$\tau_{в.г.i}=a_2+\mu_{2\,i}(b_2-a_2)$=1+0,9(10-1)=9,1 хв.

8. $N_i=N_i$+1=1+1=2.
9. Визначаємо площу пожежі

$S_{пi}=0,125\cdot V_л^2\cdot\tau_{вг}^2\cdot\alpha$=0,125·2^2·9,4^2·6,28= 260 м^2.

10. Перевірка умови $S_{n>}^{<}a\cdot b$; 260>100.
11. Приміщення неізольоване, тобто β=0.
12. Визначаємо необхідну кількість пожежних автоцистерн

$N_{авт i}=\dfrac{S_{пi}-a\cdot b}{74}$=(260-10·10)/74=2,2 приймаємо 3 АЦ.

15. Перевірка умови $N_{авт.i}\geq$0; $N_{авт.i}$=3>0.
16. Визначення кількості стволів N_{Ai}

$N_{Ai}=N_{прич.i}+N_{авт.i}$=2+3=5.

18. Визначення кількості стволів $N_{Бi}$

$N_{Бi}=2N_{авт.i}$=2·3=6.

20. Визначення площі гасіння

$S_{гi}=74N_{прич.i}+74N_{авт.i}+37N_{авт.i}$=74·2+74·3+37·3=481 м^2.

22. Визначаємо коефіцієнт площі гасіння

$K_{Пi}=\dfrac{S_{пi}}{S_г}$=260/481=0,54.

23. Визначаємо час гасіння

$\tau_{гi}=K_{Пi}\dfrac{6,39S_{гi}^{0,893}}{2N_{Ai}+N_{Бi}}K_IK_d$=0,54·(6,39·481^{0,893}/2·5+6)·1,86·1= 99,6 хв.

24. Визначаємо значення A_i

$A_i=\left|0,91(\tau_{в.г.i}+\tau_{гi})^{2,33}-31,01(\tau_{в.г.i}+\tau_{гi})^{-0,58}\right|$=|0,91(9,1+99,6)^{2,33}–

–31,01(9,1+99,6)$^{-0,58}$|=50517.

25. Перевіряємо N_i>1; 2>1.
26. Перевірка умови $A_i^{>}_{<}A_{i-1}$

A_i=50517 < A_{i-1}=59251.

27. Запам'ятати A_i.
28. $k_i=k_i+1=0+1=1$.
29. Розраховуємо значення p_i

$$p_i=k_i/N_i=1/2=0,5.$$

30. Перевіряємо $p_i \gtrless [p]$; $p_i=0,5=[p]=0,5$.
31. Роздрукування вихідних і вхідних даних:
1. Кількість причепів – $N_{прич.}=2$.
2. Кількість відділень для роботи з СКВП – $N_{від.СКВП}=N_{прич.}=2$.
3. Кількість стволів СКВП на гасіння – $N_{СКВП}=N_{прич}=2$.
4. Кількість стволів СКВП на захист – $N_{СКВП}=N_{прич}=2$.
5. Кількість пожежних автомобілів – $N_{авт}=3$.
6. Кількість відділень пожежно-рятувальної частини – $N_{від.}=N_{авт.}=3$.
7. Час гасіння – $\tau_г=99,6$ *хв*.
8. Кількість стволів А на гасіння – $N_A=N_{авт}=3$.
9. Кількість стволів Б на гасіння – $N_Б=N_{авт}=3$.
10. Кількість стволів Б на захист – $N_Б=N_{авт}=3$.
11. Необхідність встановлення висувних драбин.

Кінець.

Висновки

1. Розроблено оптимізаційну математичну модель ліквідації пожеж класу А і В на промислових підприємствах, яка дає змогу визначити оптимальні значення кількості пожежної техніки та сил для ліквідації пожежі з одночасним розробленням алгоритму та пакету прикладних програм.
2. На основі математичної моделі розроблено алгоритм вибору оптимального варіанта технології пожежогасіння пожеж класу А і В силами добровільних пожежних команд та можливістю одночасного залучення підрозділів МНС на промисловому підприємстві з використанням методу Монте-Карло.
3. На основі алгоритму доцільно розробити програмне забезпечення для підрозділів МНС України з метою підвищення ефективності ліквідації пожеж на промислових підприємствах.

Література

1. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский, А.Н. Шевляков : под. ред. Ю.А. Кошмарова. – М. : Стройиздат, 1988. – 448 с.
2. 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.
3. Войтович Д.П. Підвищення ефективності функціонування пожежно-рятувальних підрозділів в процесі ліквідації пожеж у містах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 – "Пожежна безпека" // Д.П. Войтович; Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. – Львів, 2011. – 20 с.
4. World disasters report 2002. Focus on reducing risk / ed. By Walter Jonathan. – London : International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2002. – 240 p.
5. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Клюс. – М. : Стройиздат 1987. – 288 с.

6. Кимстач И.Ф. Пожарная тактика / И.Ф. Кимстач, П.П. Девлишев, Н.М. Евтюшкин. – М. : Стройиздат 1994. – 590.
7. Клюс П.П. Пожежна тактика / П.П. Клюс, В.Г. Палюх, А.С. Пустовий, Ю.М. Сенчихин, В.В. Сировий. – Харків : Вид-во "Основа", 1998. – 592.
8. Кудин А.И. Обзор критериев принятия решения для целей создания оперативного плана тушения пожаров в резервуарных парках / А.И. Кудин, В.И. Пермяков // Тез. докл. 51-й НТК. – Харьков : Изд-во ХГТУСА, 1996. – С. 73.
9. Кудин А.И. Организация базы знаний для экспертной системы принятия решения при тушении пожаров с нефтепродуктами / А.И. Кудин, В.И. Пермяков // Проблеми пожежної безпеки. – К. : МВС України, 1995. – С. 244-245.
10. Биндер К. Моделирование методом Монте-Карло в статистической физике : пер. с англ. В.Н. Задкова / К. Биндер, Д.В. Хеерман. – М. : Изд-во "Наука". Физматлит, 1995. – 144 с.
11. Мовчан І.О. Визначення прогнозованого часу гасіння пожежі на промислових підприємствах/ І.О. Мовчан, Е.М. Гуліда, Д.П. Войтович // Проблемы пожарной безопасности : сб. научн. трудов. – Харьков. – 2008. – Вып. 23. – С. 241-247.
12. Паснак І.В. Вплив критичного часу пожежі в приміщенні промислового підприємства на технології її ліквідації / І.В. Паснак // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.6. – С. 103-114.
13. Пат. 57620 Україна, МПК (2011.01), A62C 31/00. Ствол комбінованої подачі компактного струменя води та повітряно-механічної піни низької кратності / О.Е. Васильєва, І.В. Паснак. № u 2010 08728; заявл. 13.07.2010; опубл. 10.03.2011, Бюл. № 5.
14. Пат. 63299 Україна, МПК (2011.01), A62C 27/00. Багатофункціональний пожежний причіп / І.В. Паснак, О.Е. Васильєва, Е.М. Гуліда, П.М. Гащук, А.Г. Ренкас, І.О. Мовчан. № u 2011 01338; заявл. 07.02.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.

Паснак И.В. **Моделирование и выбор оптимального варианта технологического процесса тушения пожаров класса А и В на промышленных предприятиях**

Рассмотрено моделирование и выбор оптимального варианта технологического процесса тушения пожаров класса А и В на промышленных предприятиях. Установлено, что отсутствуют обоснованные методики привлечения к ликвидации пожаров добровольных пожарных дружин и команд с существующей техникой предприятия и одновременного привлечения подразделений МЧС. Разработана оптимизационная модель процесса тушения пожаров класса А и В на промышленных предприятиях с использованием метода Монте-Карло.

Ключевые слова: моделирование тушения пожара, оптимизационная модель, метод Монте-Карло, алгоритм.

Pasnak I.V. **Modeling and choosing of optimal variant of technological process of classes A and B fires extinguishing on industrial enterprises**

Modelling and choosing of optimal variant of technological process of classes A and B fires extinguishing on industrial enterprises are analysed at this paper. Proved methods of involvement of voluntary teams in fires extinguishment with existed enterprises' techniques and MES subdivisions are established. Optimized model of the process of fire extinguishment of classes A and B on industrial enterprises with Monte-Karlo method is developed.

Keywords: fire extinguishment modelling, optimized model, Monte-Karlo method, algorithm.