УДК 614.843(075.32)

Е.М. Гуліда, д.т.н. проф., І.О. Мовчан, Д.П. Войтович,
Я.В. Панів (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТА ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СПОРЯДЖЕННЯ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Розглянуто методику визначення оптимального варіанта технології та технічного спорядження для процесу гасіння пожежі на машинобудівних підприємствах. На підставі розробленої блок-схеми алгоритму вибору оптимального варіанта технологічного процесу з використанням методу Монте-Карло створено програмний продукт на мові програмування С++, що працює під будь-якою Win32-сумісною операційною системою.

Сучасний стан проблеми. За статистичними даними в Україні щоденно виникає понад 100 пожеж, унаслідок яких гине близько десяти осіб. В 2004 році на спорудах виробничого призначення виникло 764 пожежі, що становило 1,6% від загальної кількості пожеж в Україні, з прямими збитками 21464 тис. грн. [10]. Зменшення матеріальних збитків та кількості пожеж на даних об'єктах – важлива задача сьогодення.

Гасіння пожеж на підприємствах машинобудування, які становлять значний відсоток промислового комплексу України, вимагає надійності технологічного процесу гасіння, високої професійної майстерності пожежників, їх бойової готовності, мобільного оперування тактикою гасіння, надійності пожежної техніки та відповідного пожежного спорядження на кожній технологічній операції.

Машинобудівні підприємства, з точки зору пожежної безпеки, можна охарактеризувати як пожежонебезпечні, оскільки розташовані на території споруди несуть велике пожежне навантаження [6]. На цих пожежонебезпечних ділянках під час виникнення загорань полум'я протягом 10-15 хв. може розповсюдитися на значну площу. Така ситуація вимагає необхідності швидкого і обґрунтованого вибору оптимального варіанта технології та технічного спорядження для успішного та якісного результату – ліквідації пожежі. Аналіз наявних методів вибору оптимального варіанта технології гасіння пожежі свідчить про відсутність обґрунтованої методики прийняття рішення стосовно проведення пожежно-рятувальних робіт, вибору відповідного технічного спорядження на підприємствах промислово-виробничого призначення [1,2,3,4]. Теперішній підхід в більшості випадків залежить від суб'єктивних поглядів керівника аварійно-рятувальних робіт і гасіння пожежі.

Мета роботи. Розробити методику визначення оптимального варіанта технології та технічного спорядження для процесу гасіння пожежі на машинобудівних підприємствах з використанням програмного забезпечення, яка б давала можливість зробити правильний вибір оптимальної кількості та виду техніки, правильності тактичних дій пожежно-рятувальних підрозділів.

Технологічний процес гасіння пожежі на машинобудівних підприємствах включає в себе 14 основних технологічних операцій [9] від початку виникнення пожежі до її ліквідації. Значна кількість технологічних операцій може виконуватися за декількома варіантами, що, в свою чергу, залежать від використання відповідного технічного спорядження та пожежної техніки. Загальна кількість варіантів технологічного процесу гасіння пожежі на машинобудівному підприємстві може становити приблизно 4320 варіантів [9]. Кількість варіантів може збільшитися в декілька разів при умові роз'єднання деяких технологічних операцій, що матимуть рівнозначне місце на будь-якому з 14 наступних етапів.

Вибір оптимального варіанта технологічного процесу гасіння пожежі - багатоваріантна задача, яку можна розв'язати на підставі використання оптимізаційної математичної моделі виду: мінімізували функцію мети

$$T \rightarrow \min; \tag{1}$$

при обмеженнях:

$$T \le b;\ S_п \le S_{пр};\ T_{гас} \le T_{гас.н};\ \mu \le 1;$$

$$\begin{aligned} a_1 \le L \le b_1;\\ a_2 \le V \le b_2;\\ a_3 \le S_Л \le b_3;\\ a_4 \le K_T \le b_4; \end{aligned} \tag{2}$$

де T – загальний час виконання всіх технологічних операцій з гасіння пожежі; L – шлях руху; V – швидкість руху; $S_п$ – площа пожежі; $K_т$ – кількість пожежних стволів; a_1, a_2,..., a_4 – мінімальні значення обмежень; b - орієнтовний прогнозований максимальний загальний час виконання всіх технологічних операцій гасіння пожежі, який визначається на початковому етапі на підставі рекомендованих нормативних даних для кожного конкретного випадку; $S_{пр}$ – площа приміщення, де виникла пожежа; $T_{гас}$ – час, який витрачається безпосередньо на операцію гасіння пожежі; $T_{гас.н}$ – нормативний час, який передбачений на операцію гасіння пожежі; $\mu = Q_п / \Sigma Q_i$; $Q_п$ – потрібна витрата води на гасіння пожежі; ΣQ_i – загальна кількість води, яка витрачається технічним спорядженням на гасіння осередку вогню; b_1, b_2,..., b_4 – максимальні значення обмежень.

Задача розв'язана на основі методу Монте - Карло [7]. Область допустимих розв'язків Д в задачі, представляє собою перетин n-мірного паралелепіпеда А, що визначається обмеженнями (2), і деякої області В, яка визначається функцією мети (1). Схематично для двомірного випадку це зображено на рис.1. Область Д допустимих розв'язків на ньому заштрихована. Якщо позначити число всіх випробувань - N, а число точок, які попали в область Д, через k, то імовірність P попадання точки в область допустимих розв'язків при окремому випробуванні можна охарактеризувати відношенням P=(k/N).

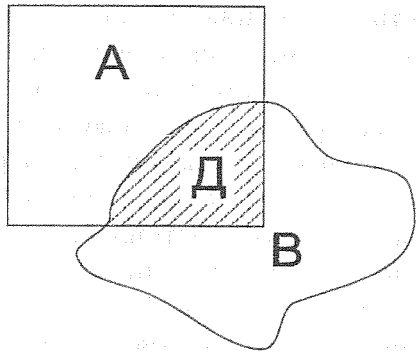

Рис.1. Область допустимих розв'язків Д

Розроблений метод передбачає випробовування в паралелепіпеді А, який включає область допустимих рішень Д. При цьому в паралелепіпеді (2) утворюється послідовність випадкових точок (L_1, V_1, S_1, $K_{т1}$); (L_2, V_2, S_2, $K_{т2}$); ...; (L_n, V_n, S_n, $K_{тn}$); Величини L_i, V_i, S_i, $K_{тi}$ попарно незалежні і рівномірно розподілені на відрізках $[a_1, b_1]$, $[a_2, b_2]$, …, $[a_4, b_4]$.

Точки для яких не виконується умова (2), відкидаються, а для точок які попали в область Д, визначаються значення T. Це значення, отримане на кожному етапі, порівнюється з попереднім. Менше з них і відповідні йому значення L, V, S, і $K_т$ запам'ятовуються і весь процес повторюється.

В ході розрахунків із точок, які попала в область Д, вибирається точка з найменшим значенням T. Отримані числа за формулами

$$\begin{aligned} L_i = a_1 + \xi_i(b_1 - a_1);\\ V_i = a_2 + \xi_i(b_2 - a_2);\\ S_i = a_3 + \xi_i(b_3 - a_3); \end{aligned} \tag{3}$$

$$K_{Ti} = a_4 + \xi_i (b_4 - a_4);$$

перетворюємо до інтервалів змінних L, V, S, і $K_т$ і заокруглюємо до цілого числа в більшу сторону. Для визначення значення функції мети Т використовуємо залежність:

$$T = \sum_{j=1}^{n} T_j, \qquad (4)$$

де n – загальна кількість технологічних операцій пожежогасіння; T_j – основний технологічний час виконання кожної j-ої операції. Основний технологічний час виконання операції визначається у функціональній залежності від змінних чинників L, V, S, і $K_т$ та від їх значень.

Програма вибору варіанта технології та технічного спорядження для гасіння пожежі на промислових підприємствах з оцінкою часу пожежогасіння. Створена програма дозволяє спрогнозувати оптимальний варіант технологічного процесу гасіння пожежі, кількість необхідної техніки та технічних засобів. Працює на основі блок-схеми алгоритму проектування оптимального варіанта технологічного процесу гасіння пожежі [9]. Продукт написаний на мові програмування С++ [8] і може працювати з будь-якою Win32-сумісною операційною системою. Програма – діалогове вікно з рядом об'єктів управління та відображення. Об'єкти управління призначені для ручного введення вихідних даних та загального управління програмою. Об'єкти відображення – для виводу результатів роботи програми. Переміщення між об'єктами управління здійснюється за допомогою клавіші *Tab* або за допомогою маніпулятора "миша". Інтерфейс користувача орієнтований на персонал з початковими навиками роботи на ПК. Загальний вигляд графічного вікна наведений на рис.2.

Робота програми. Після отримання повідомлення про пожежу виконується опрацювання сигналу та одночасне підключення до роботи програми. Програма запускається вручну, а час виклику фіксується натисканням кнопки "ВИКЛИК", в подальшому ця операція виконується автоматично. Запуск програми і час фіксується з моменту підняття трубки черговим радіотелефоністом пожежно-рятувальної частини. Після отримання всієї необхідної інформації, в програму заноситься поетапно блок вихідних даних:

- орієнтовна площа пожежі, $м^2$: на момент передачі інформації – колонка "мінімум" та максимальна площа об'єкта (приміщення), де виникла пожежа – колонка "максимум";
- за допомогою скролу вибирається тип об'єкта з бази даних. У базі даних на кожен вибраний об'єкт заведена інтенсивність гасіння пожежі, лінійна швидкість поширення полум'я [5], орієнтований час гасіння пожежі на типових об'єктах, що в подальшому використовуються для розрахунків;
- відстань до місця пожежі, км: найкоротший можливий шлях доїзду до місця виникнення пожежі – колонка "мінімум" та шлях з використанням другорядних та об'їзних доріг – колонка "максимум". Дана проблема повина вирішуватись з використанням електронних карт міста, з нанесенням на них усіх шляхів, придатних для пересування пожежно-аварійної рятувальної техніки з відображенням реальної ситуації на момент виклику (містити усі виправлення (корективи) на ремонтні роботи, аварійні ситуації, ДТП тощо);
- швидкість, км/год: мінімальна швидкість пожежно-аварійної рятувальної техніки під час слідування на пожежу – колонка "мінімум" та максимальна – відповідно колонка "максимум". Швидкість автомобіля може залежати від декількох чинників, що спричиняють її коливання на одному і тому ж відрізку дороги (досвід водія, стан технічного засобу, кліматичні умови тощо);
- кількість пожежних машин, шт.: колонка „мінімум" – вписуємо одну одиницю техніки, „максимум" – максимальну кількість автомобілів, що стоять в бойовому розрахунку (подаються дані кожен раз під час заступання на чергування керівником аварійно-

рятувальних робіт і гасіння пожежі) з можливістю їх одночасного висилання на одну надзвичайну ситуацію;

- нормативний час гасіння пожежі – вводиться на основі статистичних даних минулих років, що заносяться до бази даних.

Після введення всіх необхідних даних для отримання результатів натискаємо кнопку "обчислити". Результат виводиться на екран лише за тієї умови, коли ймовірність Р попадання точки в область Д (рис. 1.) допустимих розв'язків $P \geq 70\%$. Автоматично результат подається на друк: технологічний процес гасіння пожежі з прогнозованим часом виконання кожної операції, маршрут слідування, середня швидкість руху, склад необхідної пожежної техніки та кількість пожежних відділень.

Важливим є об'єкт відображення, що містить інформацію про кількість додатково залучених автомобілів з інших пожежно-рятувальних частин міста. У разі необхідності залучення додаткової пожежно-рятувальної техніки на гасіння даної пожежі об'єкт відображення приймає фон червоного кольору.

Час роботи розглянутої програми знаходиться в межах 1-2 с, а з часом на введення вихідних даних загальний час виконання операції коливається в межах 1...1,5 хв.

Необхідно також додати, що роздрукований результат не є остаточним і може корегуватися начальником чергової зміни під час гасіння пожежі відповідно до даних, які надходять в процесі проведення розвідки.

Для зображення роботи програми розглянемо приклад.

Вихідні дані: місце виникнення пожежі – *ливарний цех машинобудівного заводу;* орієнтовна площа пожежі на момент повідомлення – 10м^2; площа ливарного цеху – 1500м^2; відстань до місця пожежі – 1400 – 2300 м; швидкість руху – 35 - 60 км/год; площа пожежі на момент введення перших засобів пожежогасіння – 157 м^2; загальна кількість автомобілів, що знаходяться в розрахунку ПРЧ – 3шт; орієнтовний прогнозований максимальний загальний час виконання всіх технологічних операцій гасіння пожежі – 0:29:00.

Після введення вихідних даних та роботи програми протягом 60 с були отримані такі результати: оперативний час виникнення пожежі - 1:21:51; оперативний час прийняття повідомлення про пожежу - 1:24:13*(повідомлення за допомогою телефонного зв'язку)*; прогнозований технологічний процес гасіння пожежі, який включає 14 технологічних операцій, що будуть корегуватися під час проведення розвідки; склад пожежної техніки: 4 автомобіля АЦ, стволів „А" – 4шт.; стволів „В" – 3 шт.; середня швидкість руху автомобіля - 54 км/год; довжина маршруту слідування 1,739 км; кількість додатково залучених пожежних автомобілів з інших частин міста – 1шт; прогнозований загальний час на гасіння пожежі – 24 хв; ймовірність допустимого розв'язку – **78,22%**.

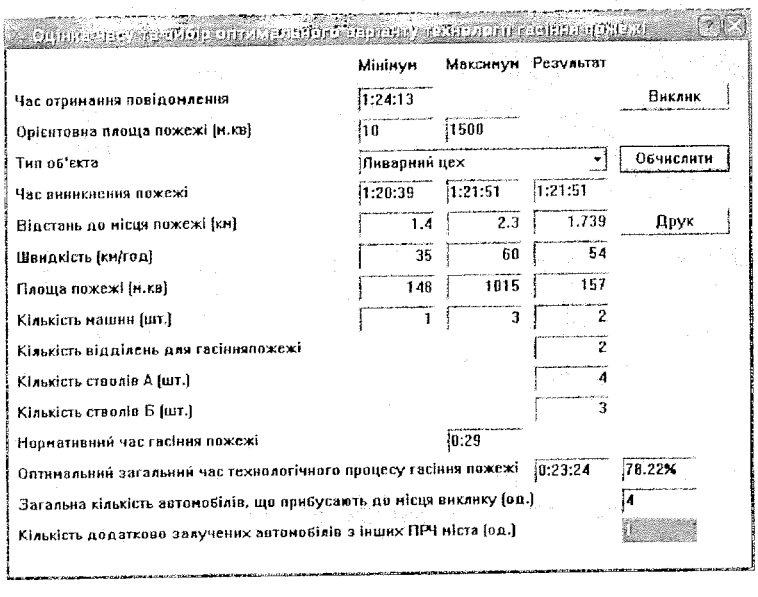

Рис. 2. Діалогове вікно ПК

Висновки.

1. Наявне матеріально-технічне забезпечення не дає можливості оперативно отримати результати для визначення оптимального варіанта технології гасіння пожежі, вибору технічних засобів і визначення кількості особового складу для її ліквідації.

2. Розроблена програма дає змогу оцінити економічну доцільність та ефективності прогнозованого вибору пожежно-рятувальної техніки за викликом.

3. Програма на момент

введення перших вогнегасних засобів дає обґрунтовані прогнозовані результати про можливі максимальну і мінімальну площі пожежі.

4. Розроблена програма проста в експлуатації і може бути впроваджена спочатку в кожній пожежно-рятувальній частині області, а після її корегування – на всій території нашої країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко А.І., Михайлов В.М. Методичні рекомендації та матеріали, регламентуючі оперативно-службову діяльність підрозділів пожежної охорони Київської області. – К.: (Затверджено наказ УВС від 20.10.93р., №406), 1994.

2. Боевой Устав пожарной охраны Украины. – К.: Министерство внутр. дел Украины, 1993. – 127 с.

3. Иванников В.П., Клюс П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.:, 1987. – 288 с.

4. Повзик Я.С., Клюс П.П., Матвейкин А.М. Пожарная тактика. – М.: Стройиздат, 1990. – 334с.

5. Бут В.П., Куцищий Л.Б., Болібрух Б.В., Практичний посібник з пожежної тактики. – Л.: СПОЛОМ, 2003. – 122 с.

6. Когут М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник. – Львів: Видавництво Державного університету „Львівська політехніка", 2000. – 352 с.

7. Овчинников П.П. Вища математика. – К.: Техніка, 2000. – 792 с.

8. Освой самостоятельно С++ за 21день: 3-е изд, пер. с англ.:Уч. пос. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2000. – 816 с.

9. Гуліда Е.М., Мовчан І.О., Войтович Д.П. Оптимізація технології пожежо-гасіння на машинобудівном у підприємстві // Пожежна безпека, – Л.: СПОЛОМ, 2004, №4. – С. 92-98.

10. Денисова О., Скоробагатько Т., Климась Р. Стан із пожежами та наслідками від них в Україні за 2004рік // Пожежна безпека, 2005, №2 (65). – С. 30-31.

УДК 621.646.99:539.6

Ю.В. Гуцуляк, к.т.н., доцент, Т.Б. Юзьків к.т.н.,
М.І. Худзей (Львівський інститут пожежної безпеки МНС України)

РОЗРОБКА СХЕМИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ НА СТИСК

Запропонована принципова схема установки для випробування крихких зразків на стиск та згин, яка дозволяє проводити випробовування без застосування дорогого обладнання при проведенні лабораторних та науково -дослідних робіт. Вона дає значний економічний ефект, не вимагає експлуатаційних витрат та не займає багато площі.

Випробування матеріалів на стиск потребує наявності спеціальних пресів. Існує широкий асортимент пресів, зокрема ЗИП-П-125Б, які дозволяють проводити руйнівні випробування зразків матеріалів в широких діапазонах від 650 кН до 1250 кН і більше та з точністю вимірювань від 1,25 кН до 2,5 кН, або універсальні випробувальні машини Армавірського заводу з діапазоном вимірювань до 500 кН і точністю до 1 кН. Вони