

*Е.М. Гуліда, д-р техн. наук, проф.
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),
О.М. Коваль, канд. техн. наук (Національний університет цивільного захисту України)*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ПРОТИПОЖЕЖНИХ ЗАСОБІВ В ПРИМІЩЕННЯХ ЦЕХІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розроблена оптимізаційна математична модель, блок-схема алгоритму її розв'язку і пакет прикладних програм для визначення необхідної кількості протипожежних засобів для приміщень цехів з урахуванням допустимого для цеху значення пожежного ризику. Розроблені математичні моделі пожежних ризиків основних протипожежних засобів, якими можуть споряджуватися приміщення цехів. Розроблений метод дає можливість прогнозувати значення пожежного ризику для реалізації пожежної безпеки об'єктів захисту та її наслідків для людей і матеріальних цінностей, що є дуже важливим для забезпечення можливості швидкого реагування у випадку виникнення пожежі.

Ключові слова: пожежа, пожежний ризик, збитки від пожежі, витрати на протипожежний захист, математична модель.

Е.М. Hulida, O.M. Koval

PROVIDING THE OPTIMAL AMOUNT OF FIRE FIGHTING MEANS IN THE PREMISES OF THE PRODUCTION FACILITIES WITH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES

An optimization mathematical model, a block diagram of the algorithm for its solution, and a package of applied programs for determining the required number of firefighting means for production facilities are developed, taking into account the fire risk value permissible for the workshop. Mathematical models of fire risks of the main firefighting means, which the workshop rooms can be equipped with, have been developed. The developed method makes it possible to predict the importance of fire risk for the implementation of fire safety of protection facilities and its consequences for people and property, which is very important to ensure the possibility of rapid response in case of a fire.

Key words: fire, fire risk, fire damage, the cost of fire protection, the mathematical model.

Постановка проблеми. Гарантування пожежної безпеки об'єктів захисту складається з визначення, аналізу та оцінювання наявності оптимальної кількості протипожежних засобів, які розміщені в його приміщеннях. Для аналізу та оцінювання пожежної безпеки об'єкту захисту, особливо при виконанні аудиту, найбільш доцільно використовувати значення пожежного ризику, який дає змогу розробляти і впроваджувати відповідні заходи для зменшення його до допустимого значення. Згідно із рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я [1] і Постанови Кабінету міністрів України від 29 лютого 2012 р. № 306 пожежні ризики класифікують так: 1) незначний пожежний ризик $\varepsilon \leq 10^{-6}$; 2) середній $\varepsilon = 10^{-6} - 5 \cdot 10^{-5}$; 3) високий (терпимий) пожежний ризик $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4}$; 4) неприйнятний пожежний ризик $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$. Пожежний ризик дає змогу встановити імовірність оперативної реалізації системи протипожежного захисту у випадку виникнення пожежі на об'єкті. Тому, враховуючи дійсне значення пожежного ризику, можна у випадку виникнення пожежі на об'єкті, визначити очікувану величину втрат та, здійснюючи управлінські заходи, мінімізувати ці втрати, а також передбачити в процесі прогнозування компенсаційні заходи.

В той же час зовсім не розглядалися питання оптимізації кількості протипожежних засобів в закритих приміщеннях цехів з метою мінімізації наслідків у випадку виникнення пожежі. Тому виникає проблема у більш точному прогнозуванні для закритих приміщень цехів, з урахуванням пожежних ризиків, необхідних протипожежних заходів з метою мінімізації збитків у випадку виникнення пожежі. Розв'язання такої проблеми можливе в першу чергу завдяки розробленню і використанню математичних моделей для обґрунтованого забезпечення об'єкта системою протипожежного захисту з урахуванням пожежних ризиків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пожежними ризиками на сучасному етапі займаються в багатьох країнах світу. Значний вклад в розвиток цього напряму науки внесло багато вчених, у числі яких М.М. Брушлінський, В.В. Холщевніков, Д.О. Самошин, В.В. Бегун та інші [1-5]. Результати аналізу цих робіт показали, що в них відсутні дані для визначення пожежного ризику з урахуванням засобів з відповідними витратами для забезпечення пожежної безпеки об'єкта захисту.

В роботі [6] розглянуто вплив на пожежний ризик елементів сповіщення про виникнення пожежі, систем, які працюють на природному газі, електричних мереж, вентиляційних систем, електронної апаратури, устаткування, на роботу яких впливає людський фактор. Розроблений метод прогнозування пожежного ризику дозволяє визначати його значення та порівнювати з допустимим значенням. Але в цій роботі не розглядалися питання стосовно визначення необхідної кількості протипожежних засобів для об'єкта захисту.

Результати аналізу показали, що на цей час відсутня методологія для визначення оптимальної кількості протипожежних засобів, які повинні бути розміщені в закритих приміщеннях цехів з одночасним урахуванням допустимого значення пожежного ризику. Тому ставиться задача розробити метод оптимізації кількості протипожежних засобів з урахуванням пожежного ризику до прийняттого значення для об'єкта захисту.

Мета роботи. Розробити методологію оптимізації кількості засобів протипожежного захисту для об'єкта з урахуванням допустимого значення пожежного ризику та використання інформаційних технологій.

Постановка задачі та її розв'язання. Для розроблення методології оптимізації кількості засобів протипожежного захисту для об'єкта необхідно розробити оптимізаційну математичну модель і визначити функцію мети.

Функція мети повинна враховувати пожежний ризик об'єкта захисту, значення якого необхідно мінімізувати, а саме

$$\varepsilon_o \Rightarrow \min \leq [\varepsilon_o] , \quad (1)$$

де ε_o – значення пожежного ризику об'єкта; $[\varepsilon_o]$ – допустиме нормативне значення пожежного ризику для об'єкта.

Математичне забезпечення функції мети. Згідно з існуючими положеннями та рекомендаціями про пожежний ризик [7], його значення можна визначити за залежністю

$$\varepsilon_o = \varepsilon_n P_L \varepsilon_{n,k,l} \varepsilon_{n,c} \varepsilon_{n,o} \varepsilon_{n,z} \varepsilon_{c,z} \varepsilon_{e,d} (1 - P_e) , \quad (2)$$

де ε_n – імовірність ризику виникнення пожежі в приміщенні цеху (розраховується на підставі статистичних даних для розгляданого приміщення цеху; у випадку відсутності статистичних даних допускається приймати $\varepsilon_n = 4 \cdot 10^{-2}$ [15]); P_L – імовірність присутності людей в приміщенні

$$P_L = \frac{\tau_L}{24} ; \quad (3)$$

τ_L – час присутності людей в цеху, год (в більшості випадків на промислових об'єктах роботи виконуються в дві зміни, тобто $\tau_L = 16$ год); $\varepsilon_{n,k,l}$ – імовірність ризику відмови приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації; $\varepsilon_{n,c}$ – імовірність ризику відмови пожежного сповіщувача; $\varepsilon_{n,o}$ – імовірність ризику відмови звукового пожежного оповіщувача; $\varepsilon_{n,z}$ – імо-

вірність ризику відмови системи протидимного захисту; $\varepsilon_{c.з}$ – імовірність ризику відмови системи завіси; $\varepsilon_{e.д}$ – імовірність ризику відмови автоматики евакуювальних дверей; P_e – імовірність евакуювання людей із приміщення цеху у випадку виникнення пожежі.

Розглянемо значення не визначених складових залежності (2).

Імовірність ризику відмови приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації $\varepsilon_{n.к.п}$. Виходячи з основних положень теорії надійності імовірність ризику відмови електронної апаратури підпорядковується експоненціальному закону розподілу з густиною розподілу $f(\tau) = \lambda \exp(-\lambda \tau)$ [8]. В цьому випадку отримуємо

$$\varepsilon_{n.к.п} = 1 - \exp(-\lambda_{n.к.п} \tau), \quad (4)$$

де τ – час роботи приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації з початку експлуатації, год; $\lambda_{n.к.п} = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$ – інтенсивність відмов приймально-контрольного пристрою пожежної сигналізації.

Імовірність ризику відмови пожежного сповіщувача $\varepsilon_{n.с}$. Згідно із ДСТУ EN 54-5:2003 час T_B напрацювання сповіщувача на відмову (час безперервної роботи) дорівнює 10 рокам. Тоді інтенсивність відмови сповіщувача буде $\lambda_{n.с} = 1,14 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

Імовірність ризику відмови пожежного сповіщувача визначаємо за залежністю

$$\varepsilon_{n.с} = 1 - \exp(-\lambda_{n.с} \tau) \delta_{n.с}, \quad (5)$$

де τ – сумарний час очікування пожежним сповіщувачем сигналу про пожежу, год; $\delta_{n.с}$ – коефіцієнт, який враховує встановлення в цеху потрібної кількості пожежних сповіщувачів згідно із рекомендаціями [13]

$$\delta_{n.с} = \frac{N_{n.с}}{N_{n.с.д}}, \quad (6)$$

де $N_{n.с}$ – потрібна кількість пожежних сповіщувачів для приміщення цеху, шт.; $N_{n.с.д}$ – дійсна кількість пожежних сповіщувачів в цеху, шт.

Потрібну кількість пожежних сповіщувачів для приміщення цеху визначають з урахуванням рекомендацій [13]

$$N_{n.с} = \frac{L_{ц} B_{ц}}{S_{n.с}}, \text{ (заокругл. до ціл. числа в більшу сторону)} \quad (7)$$

де $L_{ц}$ – довжина внутрішнього об'єму приміщення цеху, м; $B_{ц}$ – ширина внутрішнього об'єму приміщення цеху, м; $S_{n.с}$ – площа, яку контролює один пожежний сповіщувач, м^2 (згідно із ДБН В.2.5-56:2014 п. 7.2.11 $S_{n.с} = 49 \text{ м}^2$).

Імовірність ризику відмови звукового пожежного оповіщувача $\varepsilon_{n.о}$. Згідно із ДСТУ EN 54-3:2003 п. 4.4 час напрацювання оповіщувача на відмову $T_B = 100$ год. Тоді інтенсивність відмови оповіщувача буде дорівнювати $\lambda_{n.о} = 10^{-2} \text{ год}^{-1}$.

Імовірність ризику відмови звукового пожежного оповіщувача визначаємо з урахуванням коефіцієнта $\delta_{n.о}$

$$\varepsilon_{n.о} = [1 - \exp(-\lambda_{n.о} \tau)] \delta_{n.о}; \quad (8)$$

$$\delta_{n.о} = \frac{N_{n.о}}{N_{n.о.д}}, \quad (9)$$

де τ – сумарний час роботи оповіщувача з початку експлуатації, год; $N_{n.о}$ – потрібна кількість пожежних оповіщувачів для приміщення цеху, шт.; $N_{n.о.д}$ – дійсна кількість пожежних оповіщувачів в цеху, шт.

Значення $N_{n.о}$ визначаємо з урахуванням рекомендацій ДСТУ EN 54-3:2003 п. 4.6.2, де вказується, що площа, яку обслуговує один оповіщувач $S_{n.о} = 72 \text{ м}^2$. Тоді

$$N_{n.o} = \frac{L_y B_y}{S_{n.o}} \quad (\text{заокругл. до ціл. числа в більшу сторону}). \quad (10)$$

Імовірність ризику відмови системи протидимного захисту $\varepsilon_{n.z}$ підпорядковується нормальному закону розподілу з густиною розподілу [8]

$$f(\tau) = \frac{1}{S_\tau \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\tau - m_\tau)^2}{2S_\tau^2}}, \quad (11)$$

де S_τ – середнє квадратичне відхилення напрацювання τ ; m_τ – математичне сподівання напрацювання τ .

Час напрацювання протипожежних засобів до відмови для системи протидимного захисту $T_B = 100$ год. Виходячи з цього значення середнє квадратичного відхилення буде $S_\tau = 16,7$ год, а математичне сподівання – $m_\tau = 50$ год.

Імовірність ризику відмови протидимного пристрою визначаємо з урахуванням наявності в цеху потрібної і дійсної кількості протидимних пристроїв, тобто з урахуванням коефіцієнта $\delta_{n.z}$. Значення імовірності ризику можна визначити з використанням функції Лапласа

$$\varepsilon_{n.z} = [0,5 + \Phi(u)] \delta_{n.z}, \quad (12)$$

де $\Phi(u)$ – функція Лапласа, яка є непарною; $\Phi(-u) = -\Phi(u)$; u – квантиль нормального розподілу

$$u = \frac{\tau - m_\tau}{S_\tau}; \quad (13)$$

$$\delta_{n.z} = \frac{N_{n.z}}{N_{n.z.d}}; \quad (14)$$

$$N_{n.z} = \frac{L_y B_y}{S_{n.z}} \quad (\text{заокругл. до ціл. числа в більшу сторону}). \quad (15)$$

де $N_{n.z}$ – потрібна кількість протидимних пристроїв для приміщення цеху, шт.; $N_{n.z.d}$ – дійсна кількість протидимних пристроїв в цеху, шт. $S_{n.z}$ – площа цеху, яка обслуговується одним димоприймальним пристроєм (згідно із ДБН В.2.5-56:2014 п. 10.4.2 $S_{n.z} = 900 \text{ м}^2$).

Для визначення функції Лапласа необхідно спочатку визначити квантиль нормального розподілу за залежністю (13) для відповідного часу τ , а потім з використанням довідникової літератури, в якій розміщені таблиці функції Лапласа, вибрати значення $\Phi(u)$.

Імовірність ризику відмови системи завіси $\varepsilon_{c.z}$. Імовірність відмови системи завіс підпорядковується нормальному закону розподілу. В цьому випадку імовірність ризику відмови системи завіс визначаємо з урахуванням наявності в цеху потрібної $N_{c.z}$ і дійсної $N_{c.z.d}$ їх кількості, тобто з урахуванням коефіцієнта $\delta_{c.z}$

$$\varepsilon_{c.z} = [0,5 + \Phi(u)] \delta_{c.z}. \quad (16)$$

Якщо в цеху встановлені пожежні відсіки, то тоді систему завіс не влаштовують і $\varepsilon_{c.z} = 1$.

Значення квантиля нормального розподілу u визначаємо за залежністю (13) при $S_\tau = 16,7$ год і $m_\tau = 50$ год. Значення коефіцієнта $\delta_{c.z}$ визначаємо за залежностями

$$\delta_{c.z} = \frac{N_{c.z}}{N_{c.z.d}}; \quad (17)$$

$$N_{c.z} = \frac{L_y B_y}{S_{c.z}} \quad (\text{заокругл. до ціл. числа в більшу сторону}), \quad (18)$$

де $S_{c.z}$ – площа цеху, яка обслуговується однією системою завіс (згідно із ДБН В.2.5-56:2014 п. 10.4.3 $S_{c.z} = 1600 \text{ м}^2$).

Імовірність ризику відмови автоматики евакуювальних дверей з системою їх автоматичного відкриття $\varepsilon_{e,d}$. Головною системою евакуювальних дверей є пристрій для автоматичного їх відкривання, який спрацьовує від сигналу системи пожежних сповіщувачів. Згідно із паспортом на цей пристрій гарантійний термін безвідмовної роботи становить один рік, тобто $T_B = 8760$ год. Тоді $\lambda_{e,d} = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ хв}^{-1}$, що дозволяє визначити значення ризику

$$\varepsilon_{e,d} = 1 - \exp(-\lambda_{e,d}\tau) , \quad (19)$$

де τ – сумарний час роботи пристрою для автоматичного відкривання евакуювальних дверей, хв.

Імовірність евакуювання людей із приміщення цеху у випадку виникнення пожежі P_e . Згідно із рекомендаціями [5] імовірність евакуювання людей із приміщення цеху можна визначити за залежністю

$$P_e = 1 - (1 - P_{e,n})(1 - P_{e,a}) ; \quad (20)$$

де $P_{e,n}$ – імовірність евакуації людей, які знаходяться в приміщенні цеху, по евакуаційним шляхам при реалізації сценарію пожежі; $P_{e,a}$ – імовірність евакуації людей через аварійні виходи або за допомогою інших засобів спасіння (при відсутності даних $P_{e,a}$ допускається приймати 0,03 при наявності аварійних виходів або засобів спасіння та 0,001 – при їх відсутності).

Імовірність евакуації людей $P_{e,n}$ по евакуаційним шляхам в зоні виникнення пожежі визначають за залежністю

$$P_{e,n} = \frac{0,8\tau_k - \tau_e}{\tau_{n,e}} , \quad (21)$$

де τ_k – критичний час пожежі, хв; (критичний час пожежі визначають з урахуванням небезпечних факторів пожежі, але як показують результати аналізу даних статистики пожеж в цехах деревообробних підприємств його значення коливається в межах 5...10 хв); τ_e – час евакуації, хв; $\tau_{n,e}$ – час від початку пожежі до початку евакуації, хв (при наявності в приміщенні цеху системи протипожежного захисту та оповіщення про пожежу $\tau_{n,e} = 1...2$ хв для поверху пожежі та $\tau_{n,e} = 6...9$ хв при відсутності в приміщенні цеху системи протипожежного захисту та оповіщення про пожежу [5]).

При визначенні імовірності евакуації людей $P_{e,n}$ по евакуаційним шляхам в зоні виникнення пожежі за залежністю (21) необхідно враховувати таке положення [5, 7]: у випадку, коли $P_{e,n} \geq 1$, то приймають $P_{e,n} = 0,999$.

Час евакуації τ_e визначають за залежністю

$$\tau_e = \frac{l_e}{k_e V_e} , \quad (22)$$

де l_e – шлях евакуації, м;

$$l_e = k_{kp} \sqrt{L_{np}^2 + B_{np}^2} ; \quad (23)$$

$k_{kp} = 1,4$ – коефіцієнт, який враховує кривину шляху евакуації в зоні виникнення пожежі; L_{np} – довжина проходу цеху в зоні виникнення пожежі, м; B_{np} – ширина проходу, м; V_e – дійсна середня швидкість евакуації, м/хв;

$$V_e = 49,5 - 9,27 \ln[-\lg(0,1 + 1,284k_{em})] ; \quad (24)$$

k_{em} – коефіцієнт, який враховує емоцій стан людей, що евакууюються; значення цього коефіцієнта знаходиться в межах $k_{em} = 0...0,7$ (за відсутності емоціонального стану $k_{em} = 0$) [9]; k_e – кількість евакуаційних виходів.

Для вибору критерію оптимізаційної моделі визначення методів і засобів протипожежного захисту для об'єкта з урахуванням допустимого значення пожежного ризику скорис-

таємося рекомендаціями [10]. В нашому випадку це можуть бути сумарні збитків внаслідок пожежі Z_o і витрати на протипожежний захист B_o об'єкта [11]

$$B = Z_o + B_o \Rightarrow \min . \quad (25)$$

Збитки об'єкта від пожежі будуть [11]

$$Z_o = C_o V_n^2 \alpha (\tau_{a,z}^2 - 20\tau_{a,z} + 0,25\tau_{лок}^2 + 125) + C_n \tau_{z,n} N_a , \quad (26)$$

де: C_o – середня вартість одного квадратного метра площі об'єкта, яка знищена пожежею, грн/м²; V_n – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/хв; α – кутовий коефіцієнт, який враховує форму пожежі: кругова (360°) $\alpha = 3,14$ рад; кутова (180°) $\alpha = 1,57$ рад; кутова (90°) $\alpha = 0,785$ рад; $\tau_{a,z}$ – прогнозований час вільного горіння, хв (значення складових часу вільного горіння визначаємо з використанням рекомендацій [5, 12, 13, 14]); $\tau_{лок}$ – прогнозований час локалізації пожежі, хв; C_n – середня вартість однієї хвилини роботи пожежно-рятувальних підрозділів (ПРП) в процесі ліквідації пожежі, грн/хв; $\tau_{z,n}$ – прогнозований час зайнятості ПРП для ліквідації пожежі, хв; N_a – загальна кількість відділень, яка брала участь в ліквідації пожежі.

Витрати на придбання засобів протипожежного захисту B_o , які впливають на значення пожежного ризику для об'єкта, можна визначити за залежністю

$$B_o = \left(\sum_{i=1}^n C_i N_i \right) K_{ki} , \quad (27)$$

де C_i – вартість i -го засобу протипожежного захисту, грн; N_i – загальна кількість i -го засобу протипожежного захисту, шт.; K_{ki} – коефіцієнт, який враховує капітальні витрати на монтаж засобів протипожежного захисту; n – загальна кількість засобів протипожежного захисту.

Оптимізаційна математична модель визначення методів і засобів протипожежного захисту для об'єкта з урахуванням допустимого значення пожежного ризику може бути представлена у вигляді.

Функція мети

$$\varepsilon_o \Rightarrow \min \leq [\varepsilon_o] \quad (28)$$

за критерієм

$$B = Z_o + B_o \Rightarrow \min \quad (29)$$

за обмеженнями

$$a_1 \leq \delta_{n,c} \leq b_1 ; \quad (30)$$

$$a_2 \leq \delta_{n,o} \leq b_2 ; \quad (31)$$

$$a_3 \leq \delta_{n,z} \leq b_3 ; \quad (32)$$

$$a_4 \leq \delta_{c,z} \leq b_4 ; \quad (33)$$

$$p \geq [p], \quad (34)$$

де a_1, a_2, a_3, a_4 – мінімальні значення обмежень; b_1, b_2, \dots, b_4 – максимальні значення обмежень; p – імовірність попадання досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків ($p = k/N$, де k – кількість циклів роботи програми, при яких досліджувальні точки попали в область допустимих розв'язків; N – загальна кількість циклів роботи програми); $[p]$ – допустиме значення імовірності, від значення якого залежить кількість досліджень для прийняття оптимального значення.

Значення обмежень a_1, a_2, a_3, a_4 можна приймати однаковими і такими, що дорівнюють одиниці. Такий підхід до прийняття такого значення можна обґрунтувати тим, що мінімальне значення цих коефіцієнтів в обмеженнях (30)...(33) буде в тому випадку, коли встановлена в цеху дійсна кількість протипожежних засобів відповідає нормативним вимогам. По аналогії приймаємо максимальне значення обмежень b_1, b_2, b_3, b_4 такими, що дорівнюють 15.

Для розв'язування оптимізаційної моделі використовуємо метод Монте-Карло. Область допустимих розв'язків, яка визначається обмеженнями (30)...(33), оточують m -мірним паралелепіпедом, в якому проводимо дослідження. За допомогою давача комп'ютера утворюємо послідовність псевдовипадкових чисел μ_{ji} в інтервалі $0...1$. Для перетворення псевдовипадкових чисел μ_{ji} , які рівномірно розподілені в інтервалі $0...1$, до значень δ_i використовуємо залежності виду

$$\delta_{ji} = a_j + \mu_{ji}(b_j - a_j),$$

де: μ_{ji} – псевдовипадкове число для визначення чинника δ_{ji} на певному i -тому циклі розрахунку.

В процесі розрахунку на кожному циклі роботи програми визначається значення ϵ_0 за залежністю (2) та критеріїв Z_0 і B_0 , які перевіряються зі значеннями попереднього циклу. Ці процедури виконуються до тих пір, поки буде виконана умова (34). Після завершення роботи програми на друк видаються такі дані: ϵ_0 до і після впровадження протипожежних засобів; p ; типи протипожежних засобів їх вартість і кількість та витрати на їх придбання.

На основі математичної моделі була розроблена блок-схема алгоритму її розв'язку. Першим блоком алгоритму є введення вхідних даних. Після введення вхідних даних в наступних блоках виконується занулення циклів роботи комп'ютера, визначення площі цеху, перевірка наявності приймально-контрольного пристрою та визначення ризику його відмови, перевірка наявності пожежних сповіщувачів та визначення ризику їх відмови, перевірка наявності пожежних оповіщувачів та визначення ризику їх відмови, перевірка наявності протидимних пристроїв в цеху та визначення ризику їх відмови, перевірка наявності пожежних відсіків у цеху.

На підставі розробленої блок-схеми алгоритма визначення заходів підвищення ефективності протипожежного захисту була написана програма на мові C# для роботи в середовищі Windows XP [16]. Час роботи комп'ютера становив 6-8 с для 5 тисяч випробувань (N_i – циклів) при імовірності попадання досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків $p = 0,90...0,96$. Робоче вікно програми зображено на рис. 1.

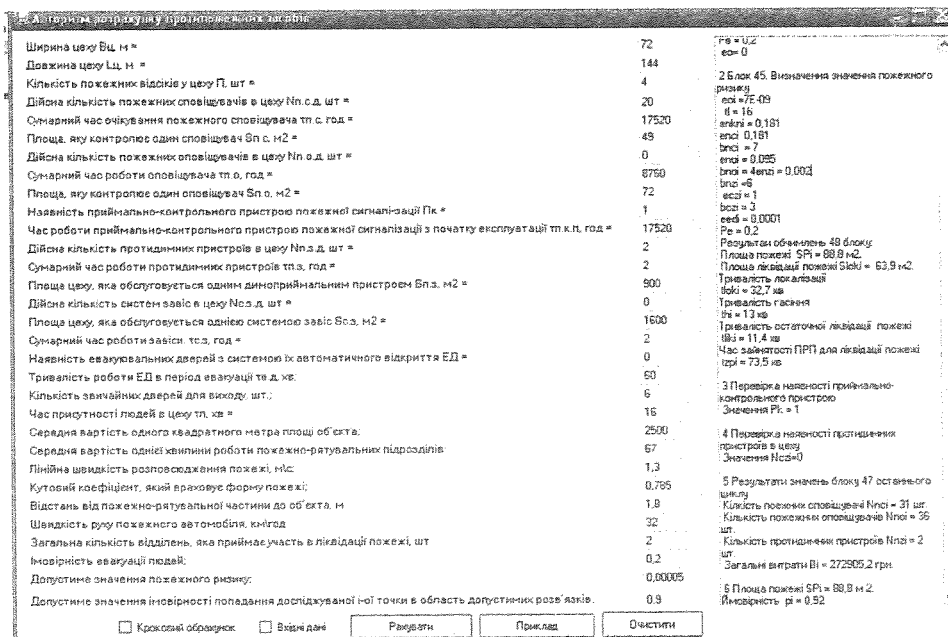


Рисунок 1 – Робоче вікно програми для забезпечення оптимальної кількості протипожежних засобів в закритих приміщеннях цехів

Висновки

1. Розроблена оптимізаційна математична модель вибору оптимальної кількості протипожежних засобів для закритих приміщень цехів з урахуванням допустимого значення пожежного ризику, яка дає змогу оперативно з використанням інформаційних технологій визначити для закритих приміщень цехів потрібну кількість протипожежних засобів.

2. Використання для розв'язування оптимізаційної моделі методу Монте-Карло з можливістю перетворення псевдовипадкових чисел в натуральні значення дало змогу зменшити кількість циклів роботи програми для досяжності імовірності потрапляння досліджуваної i -ої точки в область допустимих розв'язків $p = 0,90 \dots 0,96$.

3. На тривалість вільного розвитку пожежі в першу чергу впливають пожежні сповіщувачі, які працюють разом з приймально-контрольним пристроєм пожежної сигналізації, який дозволяє оперативно передати сповіщення про виникнення пожежі до центрального диспетчерського пункту ДСНС.

4. Розроблений метод може бути удосконалений при його впровадженні і використанні в Державній службі надзвичайних ситуацій на підставі розробленого пакету прикладних програм.

Список літератури:

1. Бегун В. В. Безпека життєдіяльності / В. В. Бегун, І. М. Науменко. – К. : 2004. – 328 с.

2. Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Изд. „Пожнаука”, 2000. – 482 с.

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

4. Холщевников В. В. Проблемы оценки безопасности людей при пожаре в уникальных зданиях и сооружениях / В. В. Холщевников // Пожаровзрывобезопасность. – 2003. – № 4. – С. 21-27.

5. Самошин Д.А. Расчет пожарных рисков для общественных, жилых и административных зданий / Д. А. Самошин – 46 с – Режим доступа: [http // www.akademygps.ru](http://www.akademygps.ru).

6. Гуліда Е. М. Прогнозування виникнення пожеж в житловому секторі на підставі аналізу техногенного ризику / Е. М. Гуліда, О. І. Башинський, І. О. Мовчан // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУ БЖД, 2012. – №20. – С. 150-154.

7. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382) – М. : МЧС России, 2009. – 9 с.

8. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем (перевод с английского) / Диллон Б., Сингх Ч. – М. : Мир, 1984. – 318 с.

9. Холщевников В. В. Моделирование людских потоков / В. В. Холщевников // Моделирование пожаров и взрывов. – М. : Ассоциация «Пожнаука», 2000. – С. 139-169.

10. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер // Перевод с нем. – М.: Мир, 1990. – 208 с.

11. Коваль О. М. Визначення критерія прийняття рішення для оптимізації процесів локалізації та гасіння пожеж на деревообробних підприємствах / О. М. Коваль // Вісник НЛТУ України. – Львів : НЛТУ України, 2015. – Вип. 25.4. – С. 345-352.

12. Нормативи по пожежно-стройовій підготовці. – К. : УДПО МВС України, 1995. – 14 с.

13. Мовчан І. О. Вибір критеріїв для прийняття рішень в системі пожежогасіння / І. О. Мовчан, М. І. Васильєв // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності № 8. – Львів : ЛДУ БЖД, 2013. – С. 146-154.

14. Бут В. П. Практичний посібник з пожежної тактики / В. П. Бут, Б. В. Куціций, Б. В. Болібрух. – Львів : СПОЛОМ, 2003. – 133 с.

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

16. Коваль О. М. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 68450 «Комп'ютерна програма для визначення кількості всіх необхідних засобів протипожежного захисту об'єкта» / О. М. Коваль. Заявник та власник свідоцтва // Дата реєстрації 20.11.2016. – К.: ДСІВ України.

