

рамне забезпечення згенує відповідне повідомлення стосовно перерозподілу навантаження у мережі.

Табл. Значення півперіоду функції Атеб-косинуса залежно від параметрів m, n

Значення параметрів m, n	Значення півперіоду Π за формулою (5) (рад.)	Обчислене значення часу прогнозування тренда трафіку (хв)
$m = 0,01, n = 0,1$	1,110	0,883
$m = \frac{1}{3}, n = 1$	2,392	1,903
$m = 1, n = \frac{1}{3}$	2,392	1,903
$m = \frac{1}{7}, n = 1$	2,171	1,728
$m = 1, n = 1$	3,141	2,499
$m = 3, n = \frac{1}{7}$	4,192	3,337

Висновки. Отже, описано розроблену інформаційну технологію моніторингу та аналізу трафіку комп'ютерної мережі. Для ефективного моніторингу мережі створено власний аналізатор роботи комп'ютерної мережі, який призначений для забезпечення автоматизованого збирання інформації з мережевих пристроїв та реалізації прогнозування тренду трафіку. Внаслідок роботи програмного забезпечення параметри трафіку візуально відображаються на графіках та даються відповідні рекомендації про перерозподіл навантаження у мережі.

На основі теорії Атеб-функцій та даних моніторингу мережі реалізовано прогнозування тренду трафіку у мережі. Представлено результати обчислень значення часу прогнозування тренда трафіку та максимального значення навантаження у вузлі. Перевагою запропонованого методу є використання однієї аналітичної формули для обчислення тренду трафіку та реалізація перерозподілу навантаження у мережі. Ефективність запропонованого методу підтверджена експериментальними дослідженнями з використанням моніторингу мережі розробленою інформаційною технологією.

Література

1. Вимоги, що пред'являються до сучасних обчислювальних мереж. [Електронний ресурс]. – Доступний з <http://matveev.kiev.ua/archnet/glava1/006.htm>.
2. Муранов О.С. Експериментальні дослідження механізмів прогнозування пульсацій пакетного трафіку / О.С. Муранов // Защита информации : сб. науч. трудов Национального авиационного университета. – К. : Изд-во НАУ, 2008. – Специальный выпуск. – С. 137-142.
3. Сокирка Є.О. Моделювання ІКМ підприємства з балансуванням навантаження / Є.О. Сокирка // Захист інформації в інформаційно-комунікаційних системах : матер. наук.-практ. конф., 3-6 червня 2013 р. – К. : Вид-во НАУ. – С. 29-30.
4. Dronjuk Ivanna. Asymptotic method of traffic simulation (Distributed Computer and Communication Networks) / Ivanna Dronjuk, M. Nazarkevych, Olga Fedevych // Communications in Computer and Information Science. Springer 2014. – Vol. 279. – Pp. 136-144.
5. Кордяк В.І. Аналізатор роботи комп'ютерної мережі на базі QT framework / В.І. Кордяк, О.Ю. Федевич // Матеріали п'ятої науково-практичної конференції FOSS Lviv 2015 26 квітня 2015 року. – С. 55-56.
6. Сенік П.М. Про Атеб-функції / П.М. Сенік // Доклады АН УРСР. – Сер.: А. – 1968. – № 1. – С. 23-27.

7. Сенік П.М. Обернення неповної Beta-функції / П.М. Сенік // Український математичний журнал. – 1969. – № 3. – С. 325-333.

Дронюк І.М., Федевич О.Ю. Прогнозирование трафика компьютерной сети для повышения эффективности использования сетевого оборудования

На основе разработанной информационной технологии реализован мониторинг трафика компьютерной сети. Дано описание разработанного программного обеспечения для мониторинга трафика. На основе теории Атеб-функций разработано прогнозирование тренда трафика. Используя результаты прогнозирования трафика и максимально возможную загрузку узла сети для обеспечения качества обслуживания, реализуется перераспределение нагрузки в сети. Осуществленное перераспределение обеспечивает увеличение коэффициента загрузки оборудования, увеличивает эффективность использования сетевого оборудования.

Ключевые слова: трафик, компьютерная сеть, мониторинг сети, скорость передачи данных, прогнозирования трафика, Атеб-функции.

Droniuk I.M., Fedevych O. Yu. Computer Network Traffic Forecasting for Network Equipment Utilization Improving

In this article based on the developed information technology, computer network traffic monitoring was implemented. The developed software for traffic monitoring was described. Traffic trend forecasting based on the Ateb-functions theory was realized. Based on the results of prediction of traffic and maximum permissible load of network node for providing of quality of service the redistribution of network load was carried out. The results of trend traffic forecasting time value calculations were presented. Implemented redistribution provides increase of load factor of equipment, which increases the efficiency applying of network equipment.

Keywords: traffic, computer network, network monitoring, bit rate, traffic forecasting, Ateb-functions.

УДК 614.843(075.32)

Докторант О.М. Коваль, канд. техн. наук –
НУ цивільного захисту України, м. Харків;
проф. Е.М. Гуліда, д-р техн. наук – Львівський ДУ БЖД

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ТАКТИКИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У ПРИМІЩЕННЯХ ЦЕХІВ ДЕРЕВООБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розроблено математичну модель для вибору оптимальної тактики локалізації та гасіння пожеж у закритих приміщеннях деревообробних підприємств. Модель містить всі необхідні залежності для встановлення оптимального часу локалізації і гасіння пожежі з урахуванням основних чинників пожежі. На підставі математичної моделі розроблено блок-схеми алгоритмів і пакет прикладних програм на мові C++ для роботи в середовищі Windows XP. Математична модель дає змогу обґрунтовано визначати оптимальний варіант тактики гасіння пожежі з необхідною при цьому кількістю сил і засобів та необхідними для ліквідації пожежі газодимозахисним спорядженням і термозахисним одягом. Наукова новизна полягає в тому, що вперше за допомогою оптимізаційної математичної моделі розглянуто та обґрунтовано основні положення тактичних дій системи пожежогасіння.

Ключові слова: математична модель, тактика локалізації і гасіння пожежі, пожежний ствол, теплова радіація.

Постановка проблеми. Для розв'язування оптимізаційних задач на перше місце після прийняття функції мети ставиться питання вибору критерію опти-

мізації, для якого основні положення його вибору розглядають у теорії прийняття рішень [1]. Стосовно математичних моделей ліквідації пожеж у приміщеннях цехів деревообробних підприємств можна зауважити, що таких моделей ще не розглядали. Існують нормативні документи для орієнтовного визначення, наприклад тривалості ліквідації різних видів пожеж [2], але при цьому не наводять даних з тактичних дій пожежних. Тому в кожному конкретному випадку такий підхід не може бути обґрунтованим. Виходячи з цього, виникає проблема у визначенні оптимальної тактики ліквідації конкретної пожежі за рахунок розроблення математичної оптимізаційної моделі, яка одночасно визначає оптимальний час ліквідації пожеж у приміщеннях цехів деревообробних підприємств.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Вперше вимоги до виконання максимального об'єму тактичних робіт на пожежі розглянуто в роботі [2], що стало основою для прийняття відповідних обмежень у процесі розроблення математичних моделей для оптимального розміщення сил і засобів гасіння пожежі. Під час розроблення оптимізаційних моделей необхідно приймати відповідні критерії. Вибір обґрунтованих критеріїв прийняття відповідних рішень розглянуто в роботах [3, 4] під час розгляду гасіння пожеж у резервуарних парках нафтопродуктів.

Вперше моделювання дій пожежних підрозділів у процесі локалізації пожеж у резервуарних парках розглянуто в роботах [5, 6]. Автори розглядають питання про найкраще розміщення пожежних стволів у процесі локалізації пожежі. Розв'язок оптимізаційної математичної моделі дозволив залежно від наявних умов пожежі раціонально розміщувати пожежні стволи для локалізації пожежі в резервуарному парку і дав змогу зменшити втрати від пожежі на 40 %, порівняно зі загальноприйнятим підходом.

Стосовно закритих цехів деревообробних підприємств подібних математичних моделей, на підставі аналізу публікацій, не розробляли. Тому ставиться задача розробити математичну модель, яка б давала змогу виходячи з умов пожежі приймати оптимальний тактичний план розміщення сил і засобів для гасіння пожежі в закритих цехах деревообробних підприємств.

Мета роботи. Розробити математичну модель для вибору оптимального тактичного плану локалізації та гасіння пожеж у закритих цехах деревообробних підприємств.

Постановка задачі та її розв'язання. Першочерговою задачею процесу гасіння пожежі є її локалізація, від успішного виконання якої залежить швидкість процесу гасіння. Відомо, що існує значна кількість позицій розміщення сил і засобів для проведення процесу локалізації. Тому виникає задача визначення найкращої (оптимальної) позиції їх розміщення, розв'язок якої залежить від багатьох чинників.

Математична постановка задачі оптимізації. Для математичної постановки оптимізаційної задачі необхідно насамперед визначити функцію мети. За функцію мети приймаємо чинники, значення яких необхідно мінімізувати, а саме

$$\tau_{лок} + \tau_{г} \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де: $\tau_{лок}$ – час локалізації пожежі, хв; $\tau_{г}$ – час гасіння пожежі, хв.

Значення цих чинників визначаємо за залежностями [7]:

$$\tau_{лок} = \frac{6,39 S_{лок}^{0,893}}{2N_A + N_B} K_I K_d; \quad \tau_{г} = \tau_{лок} \left(\frac{S_{II}}{S_{лок}} - 1 \right), \quad (2)$$

де: $S_{лок}$ – площа локалізації, м²; K_I – коефіцієнт, який враховує інтенсивність подання I_n^I (л/м²с) в осередок пожежі вогнегасної речовини; K_d – коефіцієнт, який враховує вплив діаметра насадки d (мм) ствола (рекомендоване значення діаметра насадки для ручних стволів $N_B d = 13$ мм; для стволів $N_A d = 19$ мм; для розрахунку приймають середнє значення $d = 16$ мм); для кругової і кутової пожеж $S_{лок} = \left[2 \frac{V_{II}}{\xi} (\tau_{г,г} - 5) h - h^2 \right] \alpha$; h – глибина подачі вогнегасної речовини в осередок пожежі ($h = 5$ м для ручних стволів [2]); $S_{II} = \left[25 + (\tau_{г,г} - 10)^2 \right] \frac{V_{II}^2}{\xi^2} \alpha$ за $\tau_{г,г} >$

10 хв; $K_I = 1,62 - 3,04 I_n^I$; $K_d = 1,4983 - 0,0262 d$; α – кутовий коефіцієнт, який враховує форму пожежі: кругова $360^\circ \alpha = 3,14$ рад; кутова $180^\circ \alpha = 1,57$ рад; кутова $90^\circ \alpha = 0,785$ рад; V_{II} – швидкість розповсюдження полум'я пожежі в приміщенні, м/хв; ξ – коефіцієнт, який враховує використання протипожежних перегородок (за відсутності протипожежних перегородок $\xi = 1$; за наявності протипожежних перегородок $\xi = 1,8$); $\tau_{г,г}$ – тривалість вільного розвитку пожежі, хв.

Під час визначення V_{II} необхідно враховувати вплив на її значення швидкості вітру $V_в$. Швидкість вітру впливає на надлишковий тиск або розрядження в осередку закритого приміщення, що призводить до зміни швидкості поширення полум'я пожежі. Аналіз проведемо на підставі розгляду тиску або розрядження на висоті від підлоги до площини рівних тисків у відділеннях прямокутного приміщення деревообробного цеху (рис. 1) [2], на які впливає кут дії $\alpha_в$ вітру, тобто від напрямку дії якого залежить значення аеродинамічного коефіцієнта $k_в$ (табл.) [2].

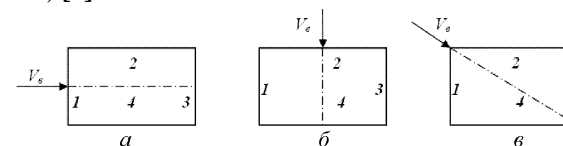


Рис. 1. Схеми приміщень та їх відділень з напрямом дії на них вітру

Табл. Значення аеродинамічних коефіцієнтів для приміщень прямокутної форми

Кут дії вітру $\alpha_в,^\circ$	0° (рис. 2, а)				90° (рис. 2, б)				45° (рис. 2, в)			
Номер відділення	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Значення аеродинамічного коефіцієнта $k_в$	0,65	-0,37	-0,15	-0,37	-0,52	0,66	-0,52	-0,24	0,36	0,36	-0,38	-0,48

Абсолютне значення надлишкового тиску або розрядження $\Delta P_в$ в Па від дії вітру визначаємо за залежністю

$$|\Delta P_в| = \frac{177,2 V_в^2 k_в}{T_c g}, \quad (3)$$

де: $V_в$ – швидкість вітру, м/с; $k_в$ – аеродинамічний коефіцієнт (табл. 1); T_c – середньооб'ємна температура середовища для розглядуваної ділянки цеху, К;

$$T_c = [345\{1g(8\tau_{в.з.} + 1)\}0,06 + 20] + 273 ; \quad (4)$$

де g – прискорення вільного падіння (9,81 м/с²).

З урахуванням рівняння Бернуллі та результатами досліджень щодо впливу швидкості переміщення газів на швидкість поширення полум'я пожежі отримано залежність для врахування цієї швидкості на зміну швидкості $\Delta v_{л}$ поширення полум'я пожежі

$$\Delta v_{л} = 5,35 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{2|\Delta P_{г.}|}{\rho_m}}, \text{ м/с} \quad (5)$$

де ρ_m – середньооб'ємна густина середовища для розглядуваної ділянки цеху, яка залежить від середньооб'ємної температури T_c у °К, кг/м³;

$$\rho_m = 354,33 / T_c. \quad (6)$$

Тоді дійсна швидкість $V_{л}$ поширення полум'я пожежі буде дорівнювати

$$V_{л} = 60(v_{л} \pm \Delta v_{л}), \text{ м/хв} \quad (7)$$

де $v_{л}$ – лінійна швидкість поширення полум'я пожежі без урахування впливу швидкості вітру, м/с.

Залежно (7) знак "+" приймають при переході пожежі з ділянки цеху із надлишковим тиском на ділянку з розрядженням і знак "–" – у протилежному випадку. Для оцінки отримання мінімуму функції мети використовуємо критерій, який представляє суму збитків об'єкта від пожежі B_o , і витрати пожежно-рятувальних частин B_n , які брали участь в її ліквідації пожежі, тобто

$$B = B_o + B_n \Rightarrow \min, \quad (8)$$

де: $B_o = C_o S_{л}$, грн/м²; C_o – середня вартість 1м² площі об'єкта, на якому виникла пожежа, грн/м²; $B_n = C_B \tau_{л.н}^{0,8725}$; $C_B = 1,68 \cdot 10^5$ – коефіцієнт пропорційності; $\tau_{л.н} = \tau_{лок} + \tau_c$ – сумарна тривалість локалізації і гасіння пожежі, хв.

Деревообробні цехи здебільшого розміщують у закритих приміщеннях шириною $B = 72$ м, довжиною $L = 144-192$ м і висотою $H = 6$ м до залізобетонної ферми. Пожежне навантаження в цеху знаходиться в межах 150-200 кг/м². Результати аналізу місць виникнення пожеж у приміщеннях цехів деревообробних підприємств засвідчили, що існує велика кількість можливих пожежних ситуацій, але здебільшого (73 %) вони відповідають семи пожежним ситуаціям, які зображено на рис. 2 [8].

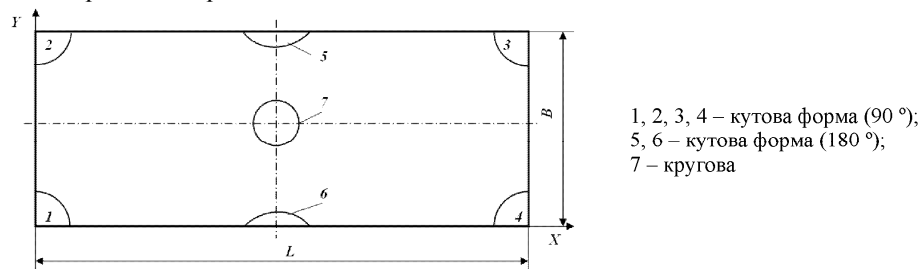


Рис. 2. Схема приміщення цеху деревообробного підприємства з можливими пожежними ситуаціями і формами площі пожежі

Розмістивши приміщення цеху в системі координат XY (рис. 2), визначимо координати розміщення кожної пожежної ситуації: 1(0; 0); 2(0; B); 3(L; B); 4(L; 0); 5(0,5L; B); 6(0,5L; 0); 7(0,5L; 0,5B). Після цього переходимо до розгляду обмежень, які впливають на отримання оптимального значення функції мети.

Основними обмеженнями для процесу локалізації і гасіння пожежі є прийнята кількість відповідних типів пожежних стволів та їх оптимальне розміщення вздовж фронту пожежі з урахуванням обов'язкового виконання процесу захисту від теплової дії як конструкцій будівлі, так і розміщених у цеху матеріальних цінностей. Мінімально необхідна кількість пожежних стволів для локалізації і гасіння пожежі може бути визначена на підставі рекомендацій робіт [2, 7, 9, 10]. Згідно з рекомендаціями визначаємо кількість стволів B на гасіння ($N_B^Г$) і захист ($N_B^З$) та кількість стволів A (N_A) від загальної кількості стволів $N_B^Г$ на підставі рекомендацій [2]

$$N_A = 0,3N_B^Г. \quad (9)$$

Тактико-технічні характеристики пожежних стволів, які використовують для локалізації і гасіння пожеж класу А, приймаємо згідно із ДСТУ 2112-92. Основною тактико-тактичною характеристикою ствола є максимальна дальність L_{max} подачі суцільного струменя. Значення L_{max} приймають у межах до 30 м. Залежно від типу пожежі та її розміщення на площі цеху можливі такі варіанти пожежних тактик:

Тактичний варіант 1. У разі виникнення пожежних ситуацій 1-4 розміщення сил і засобів пожежогасіння виконують по фронту пожежі збоку середовища приміщення, в якому відсутня пожежа. Окрім цього, розміщують сили і засоби пожежогасіння на даху для захисту його поверхні від дії температурного поля, а також для захисту зовнішніх несних колон і огороження від руйнування внаслідок їх нагрівання температурним полем пожежі.

Тактичний варіант 2. У разі виникнення пожежних ситуацій 5-6 розміщення сил і засобів пожежогасіння виконують по фронту пожежі з правого і лівого боків середовища приміщення, в яких відсутня пожежа. Окрім цього, розміщують сили і засоби пожежогасіння на даху для захисту його поверхні від дії температурного поля, а також для захисту зовнішніх несних колон і огороження від руйнування внаслідок їх нагрівання температурним полем пожежі.

Тактичний варіант 3. У разі виникнення пожежної ситуації 7 розміщення сил і засобів пожежогасіння виконують за двома протилежно розміщеними фронтами пожежі, яка виникла в центральній частині цеху, з правого і лівого боків центральної частини приміщення, в яких відсутня пожежа. Окрім цього, розміщують сили і засоби пожежогасіння на даху для захисту його поверхні від дії температурного поля у зоні пожежі.

Наступним важливим обмеженням для отримання оптимального значення функції мети є визначення безпечного рівня мінімального теплового потоку q_{min} від фронту пожежі, який залежить від відстані пожежного зі стволем до фронту пожежі. У разі, коли $q_{min} > 3$ кВт необхідно пожежному виконувати процес локалізації і гасіння пожежі в захисному одязі. Для захисту органів дихання та зору під час роботи в непридатному для дихання середовищі необхідно вико-

ристовувати апарат на стисненому повітрі SCBA ProffAir APS/4. Захист пожежного від теплової радіації необхідно виконувати за рахунок використання термозахисних костюмів "Індекс-1", "Індекс-3" та "Індекс-1200", які дають змогу працювати за температури 200°C упродовж 15 хв, а термозахисний костюм "Індекс-1200" – за температури до 1200°C не більше 5 хв.

Для визначення q_{\min} отримано емпіричну залежність на підставі аналізу результатів розрахунків за залежностями для визначення густини теплового потоку за законом Стефана-Больцмана, температури факелу полум'я та площі пожежі, яка виникає в закритих приміщеннях цехів оброблення деревини. За результатами статистичного оброблення результатів розрахунків отримана залежність має вид

$$q_{\min} = \frac{90\sqrt[3]{S_{II}}}{\sqrt{l_q^3}}, \text{ кВт/м}^2, \quad (10)$$

де: l_q – відстань пожежного зі стволем від фронту пожежі, м ($l_q = L - h$; L – встановлена довжина суцільного струменя вогнегасної речовини, м). Значення L може змінюватися для ручних стволів залежно від площі пожежі і величини густини теплового випромінювання у межах від 10 м до $L = L_{\max} = 30$ м.

Останнім важливим обмеженням під час визначення оптимального значення функції мети є тривалість вільного розвитку пожежі $\tau_{в.з}$ (тривалість вільного горіння). На підставі статистичного оброблення даних, які наведено в роботах [11-14], отримуємо

$$\tau_{в.з.\min} = \frac{60Lk_n}{V_{сл}} + 20,5, \text{ хв}; \quad \tau_{в.з.\max} = \frac{60Lk_n}{V_{сл}} + 29, \text{ хв} \quad (11)$$

де: L – відстань від пожежно-рятувальної частини до об'єкта, на якому виникла пожежа, км; k_n – коефіцієнт, який враховує непрямолінійність вуличної мережі (у містобудівельній практиці його максимальне значення приймають $k_n = 1,4$); $V_{сл}$ – середня швидкість руху пожежних автомобілів, км/год (у денний час $V_{сл} = 32$ км/год; вночі – до 60 км/год [10]).

Після розгляду всіх питань, які пов'язані з математичною постановкою задачі оптимізації, переходимо до розроблення оптимізаційної математичної моделі тактики локалізації і гасіння пожежі.

Вхідні дані: 1) координата пожежі $I(x; y)$, де $I = 1, 2, \dots, 7$ – номер можливої пожежної ситуації; 2) наявність пожежних відсіків ζ (у разі відсутності пожежних відсіків $\zeta = 1$; при $\zeta = 1,8$ – у цеху розміщені пожежні відсіки); 3) v_n – лінійна швидкість поширення пожежі, м/с; 4) швидкість вітру $V_в$, м/с; кут дії вітру $\alpha_в$, °; номер ділянки цеху, на якій виникла пожежа, з надлишковим тиском від вітру або розрядженням; 5) тип ствола N_B та L_{\max} ; тип ствола N_A та L_{\max} ; 6) тип термозахисних костюмів і апаратів для захисту органів дихання та зору під час роботи в непридатному для дихання середовищі, вибір яких залежить від q_{\min} і часу тривалості вільного розвитку пожежі; 7) тактичні варіанти розміщення сил і засобів локалізації і гасіння пожежі, кожен з яких вибирається залежно від координати пожежі $I(x; y)$ в цеху; 8) значення обмежень a_i і b_i , які необхідно

визначити заздалегідь; 9) $[p]$ – допустиме значення імовірності для прийняття оптимального значення функції мети.

Функція мети

$$\tau_{лок} + \tau_z \Rightarrow \min; \quad (12)$$

• за критерієм

$$B = B_o + B_n \Rightarrow \min; \quad (13)$$

• за обмеженнями

$$a_1 \leq N_B^1 \leq b_1; \quad (14)$$

$$a_2 \leq N_B^2 \leq b_2; \quad (15)$$

$$a_3 \leq N_A \leq b_3; \quad (16)$$

$$a_4 \leq \tau_{в.з} \leq b_4; \quad (17)$$

$$a_5 \leq l_q \leq b_5; \quad (18)$$

$$p \geq [p], \quad (19)$$

де: a_1, a_2, \dots, a_5 – мінімальні значення обмежень; b_1, b_2, \dots, b_5 – максимальні значення обмежень; p – імовірність потрапляння досліджуваної і-тої точки в область допустимих розв'язків ($p = k / N$, де k – кількість циклів роботи програми, за яких досліджувані точки потрапили 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.

Для розв'язування оптимізаційної моделі скористуємося методом Монте-Карло [15]. Область допустимих розв'язків, яка визначається обмеженнями (14)...(19), оточують т-мірним паралелепіпедом, в якому проводимо дослідження. Поставлену задачу краще всього розв'язувати з використанням ПЕОМ. За допомогою генератора комп'ютера утворюють послідовність псевдовипадкових чисел μ_{ji} в інтервалі 0...1. Для перетворення псевдовипадкових чисел μ_{ji} , які рівномірно розподілені в інтервалі 0...1, до значень $N_B^1, N_B^2, N_A, \tau_{в.з}$ та l_q використовуємо залежності виду, наприклад, як для l_q

$$l_{qi} = a_5 + \mu_{5i}(b_5 - a_5),$$

де μ_{5i} – псевдовипадкове число для визначення чинника l_{qi} на певному і-му циклі розрахунку.

У процесі розрахунку на кожному циклі роботи програми визначаються значення $\tau_{лок}$ і τ_z за залежностями (2) та критеріїв B_o і B_n , які перевіряються зі значеннями попереднього циклу. Ці процедури виконуються доти, поки буде виконана умова (19). Після завершення роботи програми на друк видаються такі дані: S_{II} на час початку локалізації; $\tau_{в.з}, V_{II}, S_{лок}, \tau_{лок}, \tau_z, N_B^1, N_B^2, N_A, l_q, q_{\min}, p$; тип апарату для захисту органів дихання та зору; тип термозахисного одягу; тактичний варіант локалізації і гасіння пожежі; місця та ділянки для захисту об'єкта і обладнання від полум'я пожежі та температури.

Блок-схему алгоритму розв'язку оптимізаційної математичної моделі вибору оптимальної тактики гасіння пожеж у приміщеннях цехів деревообробних

підприємств зображено на рис. 3-7. Для реалізації оптимізаційної моделі розроблено для ПЕОМ на підставі наведеного алгоритму пакет прикладних програм на мові C++ для роботи в середовищі Windows XP. Час роботи ПЕОМ становив 5-7 с для 5 тис. випробувань (N_i – циклів) за імовірності потрапляння досліджуваної i -тої точки в область допустимих розв'язків $p = 0,94-0,96$.

Для пояснення роботи програми розглянемо конкретний приклад її реалізації в ручному режимі.

Приклад. Розглянемо кілька циклів роботи ПЕОМ на прикладі вибору оптимальної тактики гасіння пожежі у приміщенні опоряджувально-складального цеху (м. Самбір Львівської обл., вул. В. Чорновола, 36). Розміри цеху: довжина цеху з кроком колон 6 м – 192 м; ширина цеху – 72 м, загальна площа приміщень – 14256 м². Пожежа виникла в ситуації 2 (0; 72) (рис. 2). Використовуючи блок-схему алгоритму (рис. 3), вводимо в блок 1 вхідні дані.

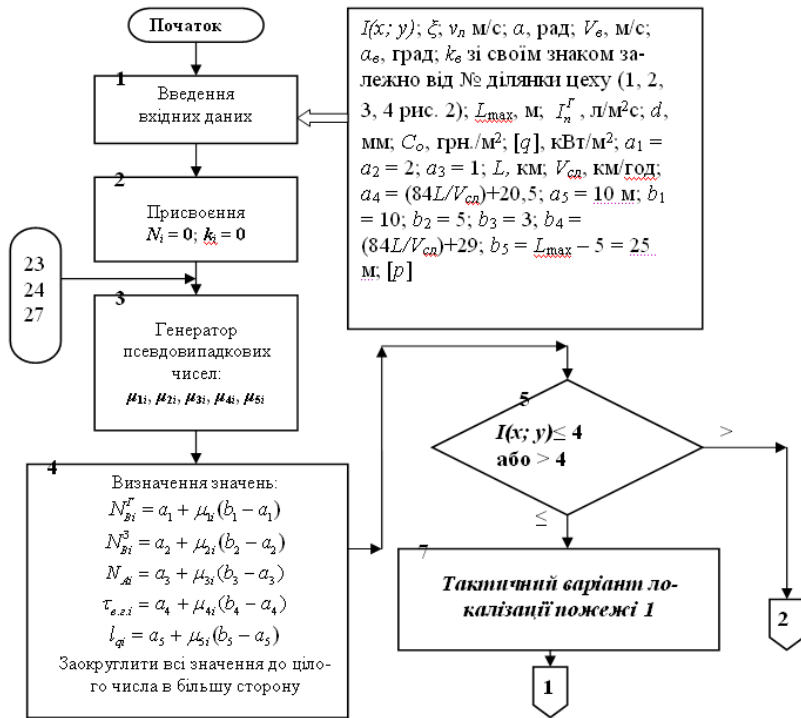


Рис. 3. Блок-схема алгоритму для введення вхідних даних, генерації псевдовипадкових чисел, визначення значень чинників обмежень (14)-(18) та вибору тактичного варіанта локалізації пожежі 1

I цикл (початок розрахунку)

Блок 1. Введення вхідних даних: 2(0; 72); $\zeta = 1,8; v_n = 0,022$ м/с; $\alpha = 0,785$ рад; $V_e = 4$ м/с; $\alpha_e = 45^\circ; k_e = 0,36; L_{max} = 30$ м; $I_n^r = 0,2$ л/м²с; $d = 16$ мм; $C_o = 2500$ грн/м²; $[q] = 3$ кВт/м²; $a_1 = a_2 = 2; a_3 = 1; L = 1,5$ км; $V_{ca} = 32$ км/год; $a_4 = 24,4$ хв; $a_5 = 10$ м; $b_1 = 10; b_2 = 5; b_3 = 3; b_4 = 32,9$ хв; $b_5 = 25$ м; $[p] = 0,5$.

Блок 2. Присвоєння $N_i = 0; k_i = 0$.

Блок 3. Генератор псевдовипадкових чисел: $\mu_{11} = 0,1; \mu_{21} = 0,12; \mu_{31} = 0,11; \mu_{41} = 0,6; \mu_{51} = 0,2$.

Блок 4. Визначення значень: $N_{B1}^r = 2 + 0,1(10 - 2) = 3; N_{B1}^3 = 2 + 0,12(5 - 2) = 3; N_{B1} = 1 + 0,11(3 - 1) = 2; \tau_{e,z,1} = 24,4 + 0,6(32,9 - 24,4) = 30$ хв; $l_{q1} = 10 + 0,2(25 - 10) = 13$ м.

Блок 5. $2(0; B) < 4$; на підставі цього результату переходимо до блоку 7.

Блок 7. Приймаємо: Тактичний варіант локалізації пожежі 1.

Для продовження роботи першого циклу використовуємо блок-схему алгоритму, яку зображено на рис. 4.

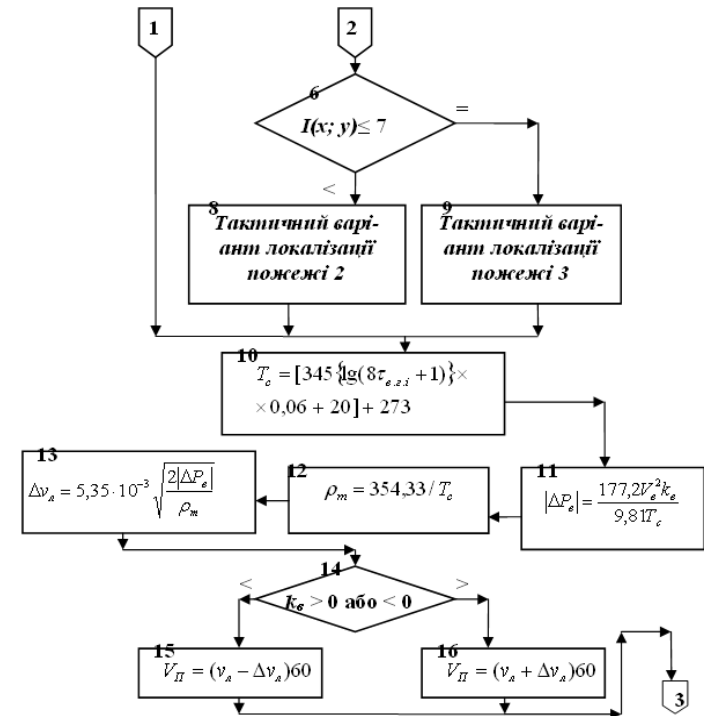


Рис. 4. Блок-схема алгоритму для вибору тактичних варіантів локалізації пожежі і врахування впливу швидкості вітру на швидкість поширення пожежі

Блок 10. $T_c = [345 \{ \lg(8 \cdot 26 + 1) \} 0,06 + 20] + 273 = 341$ К.

Блок 11. $|\Delta P_e| = \frac{177,2 \cdot 4^2 \cdot 0,36}{9,81 \cdot 341} = 0,3$.

Блок 12. $\rho_m = 354,33 / 341 = 1,04$ кг/м³.

Блок 13. $\Delta v_n = 5,35 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{1,036}} = 0,004$ м/с.

Блок 14. $k_e = 0,36 > 0$; на підставі цього результату переходимо до блоку 16.

Блок 16. $V_{II} = (0,022 + 0,004)60 = 1,56$ м/хв.

Для подальшого продовження роботи програми скористуємося продовженням блок-схеми алгоритму, яку зображено на рис. 5.

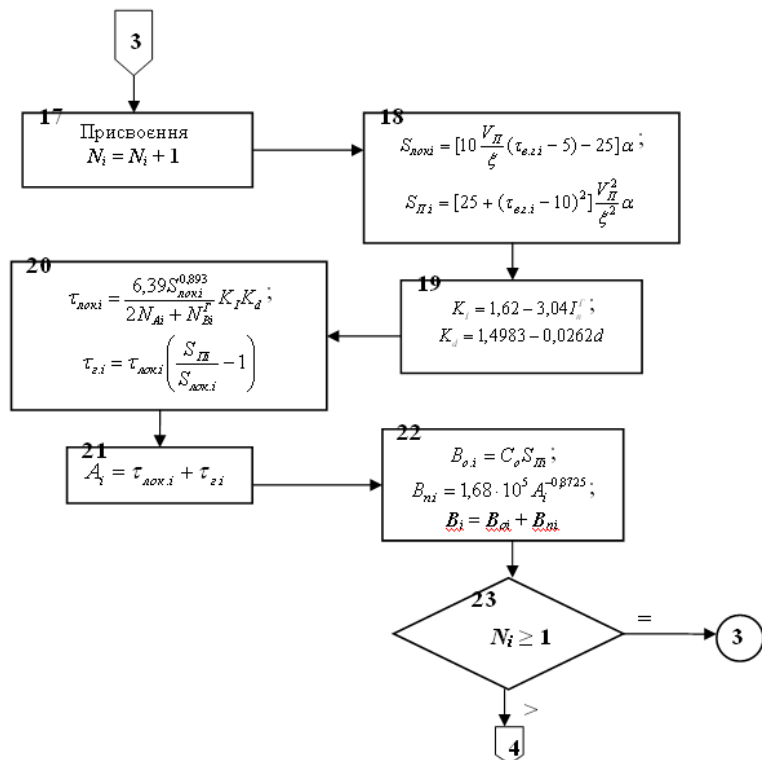


Рис. 5. Блок-схема алгоритму для визначення загальної кількості циклів роботи програми, площі локалізації і пожежі, тривалості локалізації і гасіння та збитків об'єкта і витрат пожежних підрозділів

Блок 17. Присвоєння $N_1 = 0 + 1 = 1$

Блок 18. $S_{лок.1} = [10 \frac{1,56}{1,8} (30 - 5) - 25] 0,785 = 150,4 \text{ м}^2$;

$$S_{П.1} = [25 + (30 - 10)^2] \frac{1,56^2}{1,8^2} 0,785 = 250,5 \text{ м}^2.$$

Блок 19. $K_1 = 1,62 - 3,04 \cdot 0,2 = 1,01$; $K_d = 1,4983 - 0,0262 \cdot 16 = 1,08$.

Блок 20. $\tau_{лок.1} = \frac{6,39 \cdot 137,4^{0,893}}{2 \cdot 2 + 3} \cdot 1,01 \cdot 1,08 = 85,8 \text{ хв}$; $\tau_{з.1} = 85,8 \left(\frac{250,5}{150,4} - 1 \right) = 57,1 \text{ хв}$.

Блок 21. $A_1 = 85,8 + 57,1 = 142,9 \text{ хв}$.

Блок 22. $B_{о.1} = 2500 \cdot 250,5 = 625500 \text{ грн}$; $B_{н.1} = 1,68 \cdot 10^5 \cdot 142,9^{-0,8725} = 2213,3 \text{ грн}$; $B_1 = 625500 + 2213,3 = 627713,3 \text{ грн}$.

Блок 23. $N_1 = 1$, що необхідно повернутися на блок 3 і розпочати II цикл.

II цикл

Блок 3. Генератор псевдовипадкових чисел: $\mu_{12} = 0,6$; $\mu_{22} = 0,62$; $\mu_{32} = 0,81$; $\mu_{42} = 0,1$; $\mu_{52} = 0,9$.

Блок 4. Визначення значень: $N_{B2}^I = 2 + 0,6(10 - 2) = 7$; $N_{B2}^2 = 2 + 0,62(5 - 2) = 4$; $N_{A2} = 1 + 0,81(3 - 1) = 3$; $\tau_{6,2,2} = 24,4 + 0,1(32,9 - 24,4) = 26 \text{ хв}$; $l_{q2} = 10 + 0,9(25 - 10) = 24 \text{ м}$.

Блок 5. $2(0; B) < 4$; на підставі цього результату переходимо до блоку 7.

Блок 7. Приймаємо: Тактичний варіант локалізації пожежі 1

Блок 10. $T_c = [345 \{ \lg(8 \cdot 26 + 1) \} 0,06 + 20] + 273 = 341 \text{ К}$.

Блок 11. $|\Delta P_6| = \frac{177,2 \cdot 4^2 \cdot 0,36}{9,81 \cdot 341} = 0,3$.

Блок 12. $\rho_m = 354,33 / 341 = 1,04 \text{ кг/м}^3$.

Блок 13. $\Delta v_{л} = 5,35 \cdot 10^{-3} \sqrt{\frac{2 \cdot 0,3}{1,036}} = 0,004 \text{ м/с}$.

Блок 14. $k_b = 0,36 > 0$; на підставі цього результату переходимо до блоку 16.

Блок 16. $V_{П} = (0,022 + 0,004)60 = 1,56 \text{ м/хв}$.

Блок 17. Присвоєння $N_2 = 1 + 1 = 2$.

Блок 18. $S_{лок.2} = \left[10 \frac{1,56}{1,8} (26 - 5) - 25 \right] 0,785 = 123,2 \text{ м}^2$;

$$S_{П.2} = [25 + (26 - 10)^2] \frac{1,56^2}{1,8^2} 0,785 = 165,68 \text{ м}^2.$$

Блок 19. $K_1 = 1,62 - 3,04 \cdot 0,2 = 1,01$; $K_d = 1,4983 - 0,0262 \cdot 16 = 1,08$.

Блок 20. $\tau_{лок.2} = \frac{6,39 \cdot 123,2^{0,893}}{2 \cdot 3 + 7} \cdot 1,01 \cdot 1,08 = 39,4 \text{ хв}$; $\tau_{з.2} = 39,4 \left(\frac{165,68}{123,2} - 1 \right) = 13,58 \text{ хв}$.

Блок 21. $A_2 = 39,4 + 13,58 = 52,98 \text{ хв}$.

Блок 22. $B_{о.2} = 2500 \cdot 165,68 = 414200 \text{ грн}$; $B_{н.2} = 1,68 \cdot 10^5 \cdot 52,98^{-0,8725} = 8837,5 \text{ грн}$; $B_2 = 414200 + 8837,5 = 423037,5 \text{ грн}$.

Блок 23. $N_2 = 2 > 1$.

Для продовження розгляду другого циклу роботи програми скористуємося продовженням блок-схеми алгоритму, яку зображено на рис. 6.

Блок 24. $A_2 = 52,98 < A_1 = 142,9$; $B_2 = 423037,5 < B_1 = 627713,3$.

Блок 25. Присвоєння $k_1 = 0 + 1 = 1$.

Блок 26. Визначення $p_1 = \frac{k_1}{N_2} = \frac{1}{2} = 0,5$.

Блок 27. $p_1 = [p] = 0,5$.

Для закінчення розгляду другого циклу роботи програми скористуємося продовженням блок-схеми алгоритму, яка зображена на рис. 7.

Блок 28. Визначення $q_{\min} = \frac{90 \sqrt[3]{165,68}}{\sqrt{24^3}} = 4,2 \text{ кВт/м}^2$.

Блок 29. $q_{\min} > 3$.

Блок 31. Локалізація і гасіння із захисним одягом "Індекс-1".

Блок 32. Роздрук результатів:

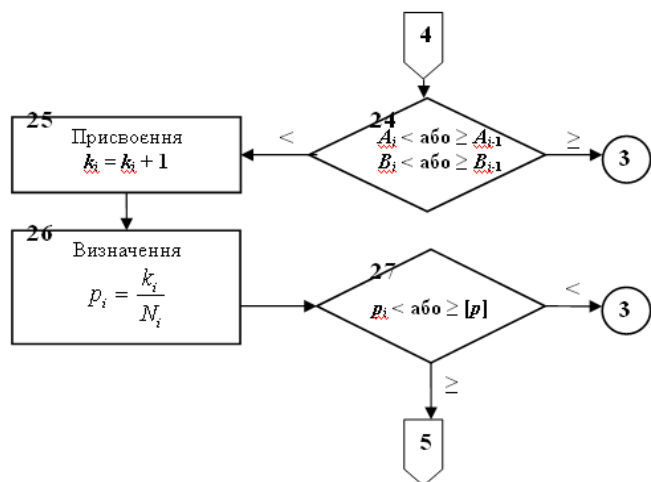


Рис. 6. Блок-схема алгоритму для визначення кількості циклів, які потрапили в область допустимих розв'язків та відповідну ймовірність

засоби пожежогасіння на даху для захисту його поверхні від дії температурного поля, а також для захисту зовнішніх несних колон і огороження від руйнування внаслідок їх нагрівання температурним полем пожежі.

2. $\tau_{a,2} = 26$ хв; $\tau_{лок,2} = 39,4$ хв; $\tau_{r,2} = 13,58$ хв; $B_2 = 423037,5$ грн; $S_{лок,2} = 123,2$ м²; $S_{П2} = 165,68$ м²; $p_1 = 0,5$.

3. Кількість стволів $N_{A2} = 3$, $N_{B2}^r = 7$, $N_{B2}^z = 4$.

4. $l_{q2} = 24$ м; $q_{min} = 4,2$ кВт/м².

5. Локалізація і гасіння пожежі із захисним одягом "Індекс-1".

У розглянутому прикладі для отримання оптимальних значень виконано тільки два цикли розрахунку. Безумовно, що отримані значення ще не є оптимальними. Це пояснюється тим, що для прикладу взято мале допустиме значення ймовірності потрапляння точки в область допустимих рішень $[p_i] = 0,5$. При вирішенні цього завдання на комп'ютері значення $[p_i]$ приймається в межах 0,95-0,98, що вимагає проведення в багатьох випадках 5-10 тис. циклів.

Висновки:

1. Розроблено математичну модель, блок-схему алгоритму та пакет прикладних програм для вибору оптимального варіанта тактики локалізації і гасіння пожеж у приміщеннях цехів деревообробних підприємств.
2. Розроблена математична модель дає змогу оперативно та обґрунтовано з ймовірністю 0,94-0,96 визначити оптимальний варіант тактики і тривалості локалізації і гасіння пожежі з визначенням необхідних при цьому кількості сил і засобів, а також необхідного для пожежних, за певних умов ліквідації пожежі, газодимозахисного спорядження і термозахисного одягу.
3. Впровадження в пожежно-рятувальних підрозділах Державної служби надзвичайних ситуацій математичної моделі вибору оптимальної тактики ліквідації пожеж у приміщеннях цехів деревообробних підприємств дає змогу, як показали попередні розрахунки, за рахунок зменшення тривалості часу вільного розвитку пожежі зменшити тривалість ліквідації пожежі на 38 % і відповідно зменшити збитки від пожежі на 26 %.
4. Необхідна подальша робота з метою удосконалення оптимізаційної моделі з урахуванням впровадження в пожежну практику новітніх тактичних прийомів ліквідації пожеж у закритих приміщеннях з використанням удосконаленого пожежного спорядження та засобів вогнегасіння і вогнезахисту підвищеної ефективності.

Література

1. Мушик Э. Методы принятия технических решений : пер. с нем. / Э. Мушик, П. Мюллер – М. : Изд-во "Мир", 1990. – 208 с.
2. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Ключ. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1987. – 288 с.
3. Кудин А.И. Обзор критериев принятия решения для целей создания оперативного плана тушения пожаров в резервуарных парках / А.И. Кудин, В.И. Пермяков // Тезисы докладов 51-й НТК. – Харьков : Изд-во ХГТУСА, 1996. – С. 73.
4. Кудин А.И. Организация базы знаний для экспертной системы принятия решения при тушении пожаров с нефтепродуктами / А.И. Кудин, В.И. Пермяков // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. работ. – К. : МВС України, 1995. – С. 244-245.
5. Абрамов Ю.А. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций в резервуарных парках с нефтепродуктами / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов. – Харьков : Изд-во АГЗУ, 2006. – 251 с.

Рис. 7. Блок-схема алгоритму розв'язку оптимізаційної математичної моделі вибору оптимальної тактики гасіння пожеж у приміщеннях цехів деревообробних підприємств (закінчення)

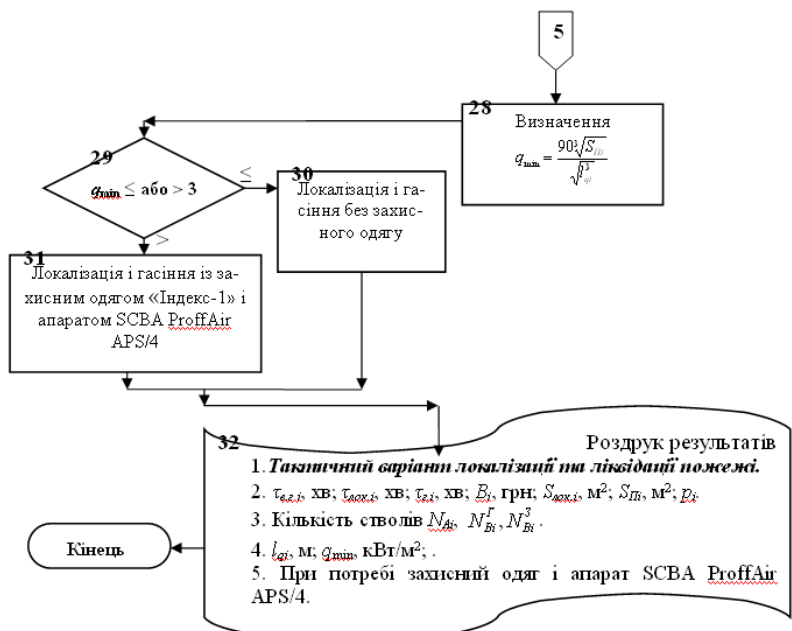


Рис. 7. Блок-схема алгоритму розв'язку оптимізаційної математичної моделі вибору оптимальної тактики гасіння пожеж у приміщеннях цехів деревообробних підприємств (закінчення)

1. Тактичний варіант 1. У разі виникнення пожежної ситуації 2 розміщення сил і засобів пожежогасіння виконують по фронту пожежі збоку середовища приміщення, в якому відсутня пожежа. Окрім цього, розміщують сили і

6. Абрамов Ю.А. Алгоритм оптимального расположения сил и средств для тушения пожара в резервуарном парке / Ю.А. Абрамов, А.Е. Басманов // Проблемы надзвичайних ситуацій : зб. наук. праць. АЦЗ України. – Харків : Вид-во "Фоліо", 2006. – Вип. 3. – С. 26-32.

7. Hulida E. Mathematical model of the optimization of fire extinguishing time length in the woodworking enterprises' workshops / E. Hulida, O. Koval. // Econtechmod. – Lublin; Rzeszow, 2015. – Vol. 4, № 1. – Pp. 39-43.

8. Климась Р. Статистика пожеж на деревообробних підприємствах за 2011 і 2012 роки / Р. Климась. – К. : Вид-во УкрНДІЩЗ, 2013. – 5 с.

9. Повзик Я.С. Пожарная тактика / Я.С. Повзик, П.П. Клюс, А.М. Матвейкин. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1990. – 335 с.

10. Кимстач И.Ф. Организация тушения пожаров в городах и населенных пунктах / И.Ф. Кимстач. – М. : Изд-во "Стройиздат", 1997. – 142 с.

11. Бут В.П. Практичний посібник з пожежної тактики / В.П. Бут, Л.Б. Куціций, Б.В. Болібрех. – Львів : Вид-во СПОЛОМ, 2003. – 133 с.

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

13. Огляд стану організації пожежогасіння, пожежно-рятувальних робіт, застосування пожежної та спеціальної техніки ПРП МНС України у 2005 році. – К. : Департамент ЦЗ МНС України, 2005. – 31 с.

14. Крайнюк О.І. Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони / О.І. Крайнюк // Науковий вісник УкрНДІПБ : зб. наук. праць. – 2008. – № 2 (18). – С. 180-185.

15. Гулида Э.Н. Управление надежностью цилиндрических зубчатых колес / Э.Н. Гулида. – Львов : Изд-во "Вища шк." Изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 136 с.

Коваль А.М., Гулида Э.Н. Математическая модель выбора оптимальной тактики тушения пожаров в помещениях цехов деревообрабатывающих предприятий

Разработана математическая модель для выбора оптимальной тактики локализации и тушения пожаров в закрытых помещениях деревообрабатывающих предприятий. Модель включает все необходимые зависимости для установления оптимального времени локализации и тушения пожара с учетом основных факторов пожара. На основании математической модели разработаны блок-схемы алгоритмов и пакет прикладных программ на языке C++ для работы в среде Windows XP. Математическая модель позволяет обоснованно определять оптимальный вариант тактики тушения пожара с необходимыми при этом количеством сил и средств для ликвидации пожара с использованием при необходимости газодымозащитного снаряжения и термозащитной одежды. Научная новизна заключается в том, что впервые с помощью оптимизационной математической модели рассмотрены и обоснованы основные положения тактических действий системы пожаротушения.

Ключевые слова: математическая модель, тактика локализации и тушения пожара, пожарный ствол, тепловая радиация.

Koval O.M., Hulida Ye.M. Mathematical Model of Optimal Choice of Fire Fighting Tactics in the Shop Premises at Woodworking Enterprises

A mathematical model for optimal tactics for localization and extinguishing fires in enclosed spaces of woodworking enterprises is designed. The model includes all the necessary dependencies to determine the optimal time for localization and extinguishing the fire with the main factors of fire. Flowcharts and application package in C++ to run on Windows XP are developed based on the mathematical model. The mathematical model allows determining the best option reasonably tactics for extinguishing with the necessary amount of capabilities and necessary for extinguishing the fire and gas smoke control equipment and overload clothing. Scientific innovation is that basic provisions for tactical action of fire suppression systems are given and justified for the first time with the help of optimization of the mathematical model of the fires.

Keywords: mathematical model, the tactics of localization and extinguishing, fire barrel, thermal radiation.

УДК 656.052.1

Нач. відділу А.Т. Кривов'яз – ДП "Оризон-Навігація";

проф. наук. співроб. Ю.І. Бударецький, канд. техн. наук; викл. М.В. Бахмат –

Академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ЗАВАДОЗАХИЩЕНИХ НАВІГАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ НАЗЕМНИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

Проаналізовано методи підвищення завадозахищеності супутникових радіонавігаційних систем (СРНС) для навігації і топогеодезичної прив'язки наземних рухомих об'єктів (НРО). Наведено порівняльні характеристики запропонованих методів підвищення завадозахищеності СРНС. Запропоновано варіанти побудови автономних навігаційних систем (АНС). Розглянуто порівняльні характеристики СРНС і АНС. Наведено результати експериментальних оцінок визначення напрямку і швидкості руху за допомогою мікромеханічного гіроскопу і доплерівської радіонавігаційної системи (ДРНС) як складових частин АНС, так і за допомогою СРНС під час руху НРО по пересіченій місцевості. Визначено доцільність комплексування СРНС і АНС.

Ключові слова: супутникова радіонавігаційна система, автономна навігаційна система, інерційна навігаційна система, комплексована навігаційна система.

Вступ. Сучасні збройні конфлікти характеризуються високою швидкістю маневрування військами та вогнем. Досягти місця призначення у мінімальні терміни, спланувати шлях і дії мобільних підрозділів Сухопутних військ неможливо без оснащення цих підрозділів і окремих бойових машин засобами навігації і топогеодезичної прив'язки. Тому передові у військовому плані країни під час створення нових і модернізації наявних зразків озброєння приділяють особливу увагу оснащенню кожної одиниці бойової техніки засобами навігації і топогеодезичної прив'язки [1].

У сучасній практиці проведення бойових операцій значного поширення набули супутникові радіонавігаційні системи (СРНС). Сьогодні американську СРНС GPS використовують військові країн НАТО практично повсюдно: від наведення бомб до відстеження вантажів. Однак ризик втратити сигнал GPS росте з кожним днем. Американські аналітики зазначають, що супротивник може заглушити сигнал GPS і позбавити американську армію її головної переваги. Комплектуючі для "глушилок" GPS сьогодні придбати досить просто, і цим можуть скористатися не тільки військові, але й терористи. Як приклад: недавно у Південній Кореї розбився безпілотний літальний апарат. Причиною, зважаючи на все, стала втрата сигналу GPS у зв'язку з перешкодами, які, очевидно, "включили" північнокорейські військові. Свого часу іранці стверджували, що за допомогою GPS-спуфинга вони змогли посадити секретний американський БПЛА RQ-170.

Важливо зазначити, що наявним типам атак на супутникові навігаційні системи піддається не тільки популярна GPS, але й також російська ГЛОНАСС, а також європейська GALILEO, що зараз перебуває у процесі розроблення. Тому на сьогодні особливу актуальність здобувають проблеми забезпечення завадостійкої роботи навігаційної апаратури споживачів (НАС).

Аналіз попередніх досліджень. Держави, що розробляють та експлуатують СРНС, приділяють особливу увагу рішенню проблеми забезпечення гарантованої роботи супутникових засобів навігації в умовах ненавмисних і організо-