

*Г.Б. Гишко, к.військ.н., доцент, ХУПС,
І.О. Толкунов, к.т.н., нач. кафедри, НУЦЗУ*

ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАСОВИХ ПОЖЕЖ У РАЙОНАХ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ ПІДРОЗДІЛАМИ ДЕРЖАВНОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

(представлено д-ром техн. наук Тарасенком О.А.)

Запропоновано математичний апарат для визначення кількісних характеристик масових пожеж, а також для визначення можливої кількості осередків займання в осередках надзвичайних ситуацій з урахуванням метеорологічних і топографічних умов району знаходження джерел загорання.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, масові пожежі, джерело займання, швидкість поширення вогню, зона задимлення, математична модель, овальна апроксимація.

Постановка проблеми. В осередках надзвичайних ситуацій (НС) природного, техногенного та воєнного характеру особовий склад підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), цивільне населення, об'єкти державного та громадського призначення досить часто підпадають безпосередньо під вплив пожеж, які мають тенденцію до масового поширення. Під час масових пожеж найбільшу небезпеку для людей представляють вогонь, висока температура повітря, токсичні продукти горіння. В районах масових пожеж можуть створюватися великі зони задимлення, що небезпечно для людини отруєнням окисом вуглецю. Також масові пожежі стають причиною виникнення вторинних вражаючих факторів, які призводять до пошкодження (знищення) технологічного обладнання, транспортних засобів та оснащення підрозділів ДСНС, що використовуються для ліквідації наслідків НС [1].

Усе це обумовлює необхідність удосконалення інформаційно-аналітичного забезпечення захисту особового складу підрозділів ДСНС, цивільного населення та об'єктів, на основі якого мають проводитися заходи, що спрямовані на активну та пасивну протидію вражаючим факторам масових пожеж в осередках НС.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз існуючих методик, за допомогою яких здійснюються прогнозування масштабів розвитку пожеж та оцінка їх наслідків, дозволив зробити висновок, що вони мають ряд істотних недоліків і не повною мірою відповідають вимогам щодо прогнозу та оцінки обстановки [2, 3].

Математичний апарат, який покладений в основу методик прогно-

зування та оцінки наслідків масових пожеж, дає можливість визначати:

1) на заданий час або по заданій площі основні просторово-часові характеристики процесу виникнення і поширення пожежі від одного джерела займання;

2) площі пожежі як функції часу залежно від швидкості поширення вогню у напрямку вітру;

3) значення математичного очікування втрат особового складу від вогневого впливу та від запального впливу горючих матеріалів.

4) кількість осередків займання, яка необхідна для ураження та блокування об'єктів вогнем масових пожеж.

Одним із недоліків існуючих методик є те, що ці методики враховують лише вогневий вплив пожежі на елементи об'єктів, які підпадають під ураження, і не завжди враховують того, що рослинний покрив у районах розміщення цих об'єктів і самі об'єкти уявляють собою горючі матеріали. Ці матеріали мають властивість займатися, тривалий час горіти і, таким чином, безпосередньо впливати як на особовий склад підрозділів ДСНС, так і на технічні засоби. Це значно ускладнює умови виконання покладених завдань за призначенням, знижує ступінь захищеності особового складу, проведення рятувальних робіт та локалізацію і гасіння пожеж, що набувають масового характеру [3].

Постановка завдання та його вирішення. Прогнозування та оцінка наслідків масових пожеж проводиться з метою отримання даних для органів управління ліквідацією НС про масштаби пожеж, що виникають в осередках надзвичайних ситуацій, визначення можливості виконання завдань та ступеня дієздатності підрозділів.

Мета роботи – розробка математичного апарата для визначення кількісних характеристик масових пожеж та оцінки стану об'єктів, що знаходяться у районах їх виникнення, з урахуванням як вогневого впливу, так і запалювальної дії.

Основними характеристиками масової пожежі, що виникає в осередках НС, є такі: швидкість поширення вогню, площа та час, що минув від моменту її виникнення, периметр крайки пожежі, час злиття осередків окремих пожеж у суцільну пожежу, час, за який пожежа після злиття осередків охопить задану площу.

В усіх випадках поширення пожежі вглиб, у фланги, у тил відбуватиметься з урахуванням напрямку та швидкості вітру.

Час підходу крайки пожежі до визначеного рубежу залежить від сили і напрямку вітру у приземному шарі та відносної вологості повітря, рельєфу місцевості, запасу горючого матеріалу та його вологості.

Вогонь пожежі, як правило, на початковому етапі розвитку у безвітряну погоду та на рівнинній місцевості, поширюється рівномірно. У подальшому внаслідок поширення вогню на флангах, а також з урахуванням природних перешкод, рельєфу місцевості та вітру форма буде

змінюватися.

Визначення просторово-часових характеристик процесу виникнення і поширення пожежі від одного джерела займання. Відстані, які вогонь пройде з моменту загорання за визначений час τ у різних напрямках, обчислюються за формулами [3]:

– відстань, яку проходить вогонь за фронтом поширення

$$L_{\text{п1}} = V_{\text{п1}}\tau, \text{ м}; \quad (1)$$

– відстань, яку проходить вогонь на флангах

$$L_{\text{п2}} = V_{\text{п2}}\tau, \text{ м}; \quad (2)$$

– відстань, яку проходить вогонь у тил

$$L_{\text{п3}} = V_{\text{п3}}\tau, \text{ м}; \quad (3)$$

де $V_{\text{п1}} = V_{\text{сер}}K(\rho, V_{\text{в}}, a, m, \omega)$ – швидкість поширення вогню по фронту, м/с; $V_{\text{п2}} = \frac{9V_{\text{п1}}}{2}$ – швидкість поширення вогню на флангах, м/с;

$V_{\text{п3}} = \frac{11V_{\text{п1}}}{8}$ – швидкість поширення вогню у тил, м/с.

Головною просторовою характеристикою масових пожеж є площа S на час τ від моменту її виникнення. Цей параметр є функцією швидкості поширення вогню пожежі $V_{\text{пs}}$ ($s = 1, 2, 3$) та часу розвитку пожежі τ .

Для апроксимації крайки пожежі від одного джерела займання може бути застосована овальна математична модель апроксимації [4].

Овальна апроксимація крайки пожежі від одного джерела займання зображена на рис. 1.

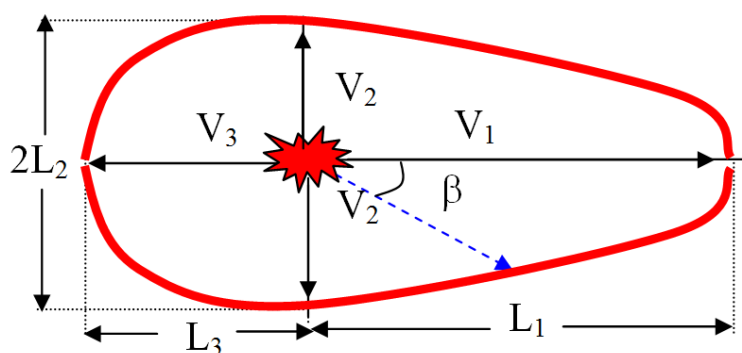


Рис. 1. Овальна апроксимація крайки пожежі від одного джерела займання

Функція зміни швидкості поширення крайки пожежі залежно від напрямку β у разі такої апроксимації має вигляд

$$V(\beta) = a|\cos\beta| + b|\sin\beta| + c, \quad (4)$$

де параметри a , b , c повинні задовольняти умовам

$$V(0) = a + c = V_1, \quad V(90) = b + c = V_2, \quad V(180) = -a + c = V_3. \quad (5)$$

Розв'язуючи дану систему відносно невідомих параметрів, отримуємо

$$a = \frac{V_1 - V_3}{2}, \quad c = \frac{V_1 + V_3}{2}, \quad b = \frac{2V_2 - V_1 - V_3}{2}. \quad (6)$$

Таким чином,

$$V(\beta) = \frac{V_1 - V_3}{2}|\cos\beta| + \frac{2V_2 - V_1 - V_3}{2}|\sin\beta| + \frac{V_1 + V_3}{2}. \quad (7)$$

Дальність, на яку пошириться крайка пожежі за час t у напрямку β , дорівнює: $R(\beta t) = V(\beta)t$.

Площа пожежі як функція часу визначається шляхом інтегрування функції $R(\beta)$ за параметром β у межах $[0, 2\pi]$. У результаті інтегрування отримуємо

$$S_1(t) = S_0 t^2 = \left(4bc + \frac{\pi b^2}{2} + \frac{\pi a^2}{2} + \pi c^2 \right) t^2, \text{ м}^2. \quad (8)$$

Визначення кількісних характеристик масових пожеж від великої кількості джерел загорання. На рис. 2 зображена модель поширення масової пожежі, коли район знаходження джерел загорання апроксимується прямокутником.

Час злиття осередків окремих пожеж отримуємо за умови [4]

$$NP_{\Pi} S_1(\tau) = S, \text{ м}^2, \quad (9)$$

де N – кількість осередків пожеж, що рівномірно розподілені у районі знаходження джерел загорання; S – площа району знаходження джерел загорання.

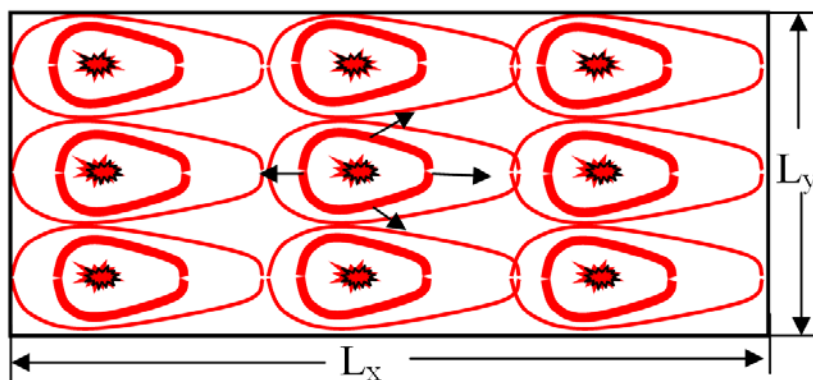


Рис. 2. Модель поширення масової пожежі у районі знаходження великої кількості джерел загорання

Вирішуючи рівняння (9) відносно τ , для приведеної моделі, отримуємо наступну формулу для розрахунку часу злиття осередків окремих пожеж у суцільну пожежу

$$\tau_{зл} = \sqrt{\frac{L_x L_y}{N V_{п2} (V_{п1} + V_{п3})}}, \text{ с}, \quad (10)$$

де L_x, L_y – лінійні розміри району знаходження джерел загорання.

Для овальної апроксимації час злиття осередків пожежі визначається рівнянням:

$$N P_{п} \left(4bc + \frac{\pi b^2}{2} + \frac{\pi a^2}{2} + \pi c^2 \right) \tau^2 = S. \quad (11)$$

Це рівняння має рішення у вигляді

$$\tau_{зл} = \sqrt{\frac{2S}{N P_{п} (8bc + \pi b^2 + \pi a^2 + 2\pi c^2)}}. \quad (12)$$

Формула (12) справедлива й у більш загальному вигляді, коли зона розташування джерел загорання уявляє собою довільну компактну множину точок на місцевості.

Визначення площі пожежі як функції часу залежно від швидкості поширення вогню у напрямку вітру. Площа, яка буде охоплена вогнем за визначений час, складається із суми площ (площі району розташування джерел загорання; площі, що утворилася внаслідок фронтального поширення пожежі; площі, що утворилася внаслідок поши-

рення пожежі у фланги; площі, що утворилась, внаслідок поширення пожежі у тил) і знаходиться за формулою

$$S_{\text{пож}}(\tau) = S + S_{\text{п1}}(\tau) + S_{\text{п2}}(\tau) + S_{\text{п3}}(\tau), \text{ м}^2. \quad (13)$$

Для моделі, що наведена на рис. 3, коли район розташування джерел загорання і зона пожежі апроксимуються прямокутником, отримуємо

$$S_{\text{пож}}(\tau) = (L_x + L_{\text{п1}}(\tau) + L_{\text{п3}}(\tau))(L_y + 2L_{\text{п2}}(\tau)), \text{ м}^2. \quad (14)$$

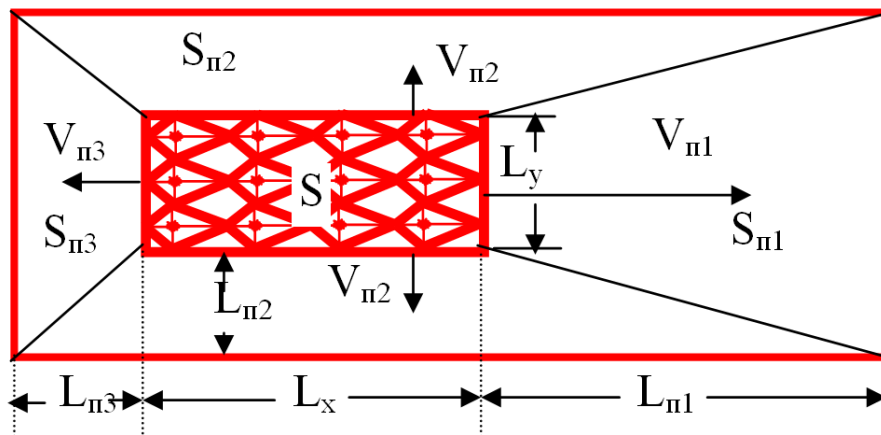


Рис. 3. Модель поширення масової пожежі

Висновки. Запропонований математичний апарат являється одним з підходів до визначення кількісних характеристик можливих масових пожеж в зонах надзвичайних ситуацій. Наведені математичні залежності, які дозволяють визначати можливу кількість осередків займання на одиниці площі об'єкта з урахуванням метеорологічних і топографічних умов району розташування джерел загорання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник спасателя: Книга 1: Общие сведения о чрезвычайных ситуациях. – М.: ВНИИГОЧС, 2006. – 88 с.
2. Гишко Г.Б. Способи визначення ймовірності виникнення та розвитку пожежі у лісових масивах від показника займистості / Г.Б. Гишко // Зб. тез доповідей II наук. конф. молодих вчених ХВУ. Ч. 1. – Х.: ХВУ, 2003. – С. 109.
3. Коротинський П.О. Захист природних екосистем України від пожеж. Деякі аспекти організації гасіння пожеж / П.О. Коротинський // Агентство інформації міжнародного співробітництва та розвитку. №3. – К.: 2002. – С.48-51.

4. Кириченко І.А. Порядок визначення кількісних характеристик масових пожеж та оцінки стану об'єктів у районах виконання завдань частинами внутрішніх військ / І.А. Кириченко, Г.Б. Гишко // Честь і закон: Науково-практичний журнал МВС України. – Х: ВІВВ МВС України. – 2005. – Вип. 1.

Г.Б. Гишко, И.А. Толкунов

Определение количественных характеристик массовых пожаров в районах выполнения задач подразделениями Государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям

Предложен математический аппарат для определения количественных характеристик массовых пожаров, а также для определения возможного количества очагов возгорания в районах чрезвычайных ситуаций с учетом метеорологических и топографических условий района расположения источников возгорания.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, массовые пожары, источник возгорания, скорость распространения огня, зона задымления, математическая модель, овальная аппроксимация.

Н.В. Nyshko, I.A. Tolkunov

Determination of the scale fires quantitative characteristics in the areas of task response by the units of the State Emergencies Service of Ukraine

A mathematical apparatus to quantify scale fires, as well as to determine whether the number of fires in the areas of emergency based on meteorological and topographical conditions of the area of ignition sources is offered.

Keywords: emergency, scale fires, ignition source, the rate of fire spread, smoked area, mathematical model, oval approximation.