

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ В МОДЕЛЮВАННІ КОНТУРІВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ ДЛЯ СПРОЩЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ

ПАНІНА О.О.

викладач кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій,

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

МАЛЯРОВ М.В.

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій,

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

ГУСЕВА Л.В.

викладач кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій,

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

ХРИСТИЧ В.В.

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій,

Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

Основними факторами, знання яких визначає тактику гасіння лісових пожеж і вибір керівником гасіння лісової пожежі способів і засобів боротьби з ним, є контур лісової пожежі, його параметри, а також напрямок його найбільш небезпечного поширення.

Відштовхуючись від відомих усереднених емпіричних або теоретичних значень небагатьох основних параметрів лісових пожеж можна вивчати

відносно прості моделі, які описують поширення кромки пожежі. Більшого успіху можна досягти в феноменологічних (аналітико-геометричних, геометричних, напівемпіричних) підходах [1-4, 7]. Однак, незважаючи на численні і часто плідні зусилля [1-4] в даний час не існує досить простої, надійної і практичної до застосування математичної моделі розвитку лісової пожежі. Труднощі створення такої моделі неодноразово обговорювалися в фахівцями [4, 6].

Проблемі лісових пожеж і пожежної безпеки лісів присвячена велика кількість експериментальних і теоретичних робіт. Існуючі теоретичні моделі для визначення факторів поширення пожеж можна умовно розділити на два класи: мікроскопічні і феноменологічні моделі. У мікро-моделях [5, 6] спроба врахувати велику кількість різнорідних параметрів, що впливають на динаміку контуру пожежі, призводить до необхідності вирішувати занадто складні диференціальні рівняння, рішення яких ще більш ускладнюється часто невизначеними початковими і граничними умовами. Дослідження побудови теоретичної моделі, яка дозволяє розрахувати контур пожежі в різні моменти часу і здійснити моделювання залежності швидкості від основних факторів розвитку пожежі, на наш погляд, в сенсі практичного використання, має задовольняти розглянутим нижче вимогам і вирішити таке завдання.

Нехай маємо топографічну карту, яка відображає рельєф можливої пожежі в даному лісовому масиві.

За цією картою необхідно знайти функцію $F_1(x, y)$, яка описує даний рельєф, де x, y - координати площини. Нехай далі нам вказано (хоча б приблизно) розподіл горючого матеріалу і його вологість. Ці величини визначають ще дві функції $F_2(x, y)$ и $F_3(x, y)$. Завдання місця і форми вогнища пожежі описується функцією $F_4(x, y)$, яка визначає початкову умову. Крім того, необхідною є інформація про напрямок і швидкість вітру. Саме за цими основними вихідними даними [1-5] необхідно з певною точністю розрахувати найбільш ймовірний контур пожежі, його периметр і площу, а також напрямок його найбільш небезпечного поширення в будь-який наперед заданий момент

часу. Така модель повинна бути досить простий для проведення зазначених розрахунків за реальний час в польових умовах. Важливим фактором повинна бути також гнучкість моделі, яка дозволяла б враховувати оперативну інформацію про контур пожежі на поточний момент часу і замінювати в розрахунках функцію $F_4(x, y)$ деякою новою функцією.

Перш за все, відзначимо, що такий феноменологічний підхід передбачає вирішення двох взаємопов'язаних завдань. Одна з них полягає в побудові теоретичної моделі, що дозволяє розрахувати контур пожежі в різні моменти часу. Виконання цього завдання передбачає використання визначеної будь-яким способом швидкості руху кромки пожежі в кожній заданій точці місцевості. Тому, другим завданням є моделювання залежності цієї швидкості від зазначених вище основних факторів розвитку пожежі.

Виходячи з припущень, що контур пожежі є безперервним, що пожежа розвивається в однорідному середовищі і, що контур пожежі можна розглядати як ізотермічну криву на площині, нами отримано наступне рівняння:

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \vec{V}\nabla f = 0, \quad (1)$$

де $\vec{V} = d\vec{r} / dt$ – швидкість руху контура пожежі, а функція $f = f(\vec{r}, t)$ описує контур пожежі в точці \vec{r} в момент часу t . Зазначимо, що в [4, 5] із залученням додаткових гіпотез (типу гіпотези Гюйгенса в оптиці) отримують рівняння (2) в різних формах і роблять спроби його вирішення.

Рівнянню (1) можна надати зручний для вирішення вид. Для цього достатньо у виразі для контура $f(x, y, t) = const$ й у рівнянні (1) перейти від декартових координат x, y до полярних ρ, φ . Тоді для контуру отримаємо вираз $\Phi(\rho, \varphi, t) = const$. Вирішуючи останнє рівняння щодо ρ , отримаємо $\rho = \rho(\varphi, t)$. Виконуючи відповідні перетворення рівняння (1), вводячи поняття радикальної швидкості $V_r(\varphi)$ і з огляду на зв'язок швидкостей V_x, V_y и $V_r(\varphi)$ й $V_\varphi(\varphi)$, можна отримати рішення рівняння (1) у вигляді:

$$\rho(\varphi, t) = \rho_0(\varphi) + \int_{t_0}^t V_r(\varphi, t) dt, \quad (2)$$

де функція $\rho_0(\varphi)$ описує контур осередку пожежі в початковий момент часу t_0 (вказана вище функція $F_4(x, y)$). Крім того, в (2) враховано, що швидкість V_r може залежати від часу t .

Таким чином, для опису геометрії пожежі $\rho(\varphi, t)$ достатньо знати контур $\rho_0(\varphi)$ та мати залежність $V_r(\varphi, t)$ від полярного кута φ і часу t . Для отримання залежності $V_r(\varphi, t)$ от φ опустимо тимчасово залежність від t і скористаємося виразами для швидкостей поширення фронтальної $V_{\varphi p}$, флангової $V_{\varphi l}$ та тилової V_{ml} крамок пожежі відносно напрямку швидкості вітру \vec{V}_e , отриманим в [1]. Ці прості вирази залежать від V_e і параметрів, пов'язаних з питомою теплоємністю горючих матеріалів, їх складом і вологістю.

Грунтуючись на величинах $V_{\varphi p}$, $V_{\varphi l}$ и V_{ml} , скористаємося простою геометричною моделлю і зробимо природне [2-5] припущення, що залежність V_r від φ можна описати еліпсом, який витягнуто вздовж напрямку вітру. Тоді отримуємо [8]

$$V_r(\varphi) = (V_0 + kV_e) \frac{2\alpha \cos \varphi + (1 + \alpha^2) \sqrt{\cos^2 \varphi + (1 - \alpha^2) \sin^2 \varphi}}{\cos^2 \varphi + (1 + \alpha^2)^2 \sin^2 \varphi}, \quad (3)$$

где φ - полярний кут, відлічуваний від напрямку вітру, $\alpha = V_e / \sqrt{V_e^2 + C^2}$, V_0 , k и C - параметри теорії, які визначаються з експерименту [1-3]. Відзначимо, що початок координат в (3) вибрано таким чином, що $V_r(0) = V_{\varphi p}$, $V_r(\pi) = V_{ml}$, а мала піввісь еліпса (3) дорівнює $V_{\varphi l}$.

Формули (2) і (3), в принципі, й вирішують поставлене завдання в першому наближенні.

Подальші напрямки розвитку пропонованої моделі бачаться нам, перш за все в наступному. У формули роботи [1] для $V_{фр}$, $V_{фл}$ и $V_{мл}$ і в (3) необхідно ввести явні і в принципі відомі залежності від вологості W (функцію $F_3(x, y)$) й кута θ нахилу місцевості. Далі, для опису особливостей рельєфу (пагорби, западини, схили, підйоми, лощини, гряди, водні та інші перешкоди і т.д.) ввести відповідним чином функції $F_i(x, y)$, щоб знайти $F_i(x, y) = \sum F_i(x, y)$. Знання $F_i(x, y)$ дозволить за відомим градієнтом $\nabla F_i(x, y)$ обчислити значення кута θ в кожній точці контуру.

Таким чином, продуктом остаточної реалізації розглянутої моделі може бути пакет програм, призначений для практичного використання і навчання співробітників пожежної охорони лісів.

Використана література:

1. Теліцин Г.П. Залежність швидкості поширення низових пожеж від умов погоди // Збірник праць ДальНІЛХ, 1965, Вип. 7.- С. 391-405.
2. Коровін Г.М. Методика розрахунку деяких параметрів низових лісових пожеж. - М.: Лісова промисловість, 1969.- С. 244-265.
3. Арцибашев Е.С. Лісові пожежі і боротьба з ними.- М.: Лісова промисловість, 1974.- С. 119.
4. Доррер Т.Д. Математичні моделі динаміки лісових пожаров.- М.: Лісова промисловість, 1979.- С. 160.
5. Конєв Е.В. Аналіз процесів поширення лісових пожеж і палів // Теплофізика пожеж. - Новосибірськ: Наука, 1984. - С. 99-125.
6. Грішин А.М. Математичне моделювання лісових пожеж і нові способи боротьби з ними. - Новосибірськ: Наука, 1992.- С. 408.
7. Куценко Л.М., Шоман О.В., Васильєв С.В. Передбачення кромки вігорання при лісовій пожежі методом іміджевої екстраполяції // Проблеми пожежної безпеки.- Харків: АПБУ, 2001, Вип. 10, - С. 98-102.

8. Басманов О.Є., Сознік О.П., Тарасенко О.О. Експериментально-аналітична модель швидкості поширення низової лісової пожежі // Проблеми пожежної безпеки.- Харків: АПБУ, 2002, Вип. 11.- С. 17-25.

9. Ніконов О.Ю., Сучков Д.М. Система для навчання персоналу тактиці боротьби з лісовими пожежами // Складні системи в екстремальних умовах: Тези доповідей XIII Міжнародного симпозіуму.- Красноярськ, 2006.- С. 53-54.