

EURASIAN SCIENTIFIC CONGRESS

Abstracts of VII International Scientific and Practical Conference

Barcelona, Spain

12-14 July 2020

Barcelona, Spain

2020

**РОЗРОБКА ТА ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ
КОНТУРУ ЛАНДШАФТНОЇ ПОЖЕЖІ**

Маляров Мурат Всеволодович

к. т. н., доцент

Христич Валерій Володимирович

к. т. н., доцент

Гусева Любов Володимирівна

Паніна Олена Олександрівна

викладачі

Національний університет цивільного захисту України

м. Харків, Україна

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

Мета роботи. Дослідження побудови теоретичної моделі, що дозволяє розрахувати контур пожежі в різні моменти часу, і моделювання залежності швидкості від основних факторів розвитку пожежі.

Матеріали та методи. 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, 2]. Однак, незважаючи на численні і часто плідні зусилля [1] в даний час не існує досить простої, надійної і практично застосовної математичної моделі розвитку лісової пожежі. Труднощі створення такої моделі неодноразово обговорювалися в літературі.

Проблеми лісових пожеж і пожежної безпеки лісів присвячена велика кількість експериментальних і теоретичних робіт. Існуючі теоретичні моделі

для визначення факторів поширення пожеж можна досить умовно розділити на два класи: мікроскопічні і феноменологічні моделі. У мікроскопічних моделях спроба врахувати велику кількість різнорідних параметрів, що впливають на динаміку контуру пожежі, призводить до необхідності вирішувати важко доступні для огляду диференціальні рівняння, рішення яких ще більш утруднено 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 в сенсі практичного використання, має задовольняти розглянутим нижче вимогам і вирішувати таке завдання.

Результати та обговорення. Припустимо що маємо топографічну карту, яка відображає рельєф можливої пожежі в даному лісовому масиві. За цією карткою необхідно знайти функцію $F_1(x,y)$, яка описує даний рельєф, де x, y — координати площині. Нехай далі нам вказано (хоча б приблизно) розподіл горючого матеріалу і його вологість. Ці величини визначають ще дві функції $F_2(x,y)$ і $F_3(x,y)$. 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] 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 $F_4(x,y)$ деякої 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 певної 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 контуру пожежі, а функція $f = f(\vec{r}, t)$ описує контур пожежі в точці \vec{r} в момент часу t . Відзначимо, що 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 досить у вираженні для контуру $f(x, y, t) = const$ і в 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 і $V_r(\varphi)$ та $V_\varphi(\varphi)$, 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 вогнища пожежі в початковий момент часу t_0 (зазначена 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 $V_r(\varphi, t)$ від φ опустимо тимчасово залежність від t та скористаємося

виразами для швидкостей поширення фронтальної $V_{\phi p}$, флангової $V_{\phi l}$ і тилової V_{ml} крайок пожежі щодо направлення швидкості вітру \vec{V}_e , отриманими в [1]. Ці прості вирази залежать від V_e і параметрів, пов'язаних з питомою теплоємністю горючих матеріалів, їх складом і вологістю.

Виходячи з величин $V_{\phi p}$, $V_{\phi l}$ і V_{ml} скористаємося простою геометричною моделлю і зробимо природне припущення, що залежність V_r от φ можна описати еліпсом, який витягнутий вздовж напрямку вітру. Тоді отримуємо [3]

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

де φ – полярний кут, який відлічується від напрямку вітру,

$$\alpha = V_e / \sqrt{V_e^2 + C^2}$$

V_0 , k і C – параметри теорії, які визначаються з експерименту [1]. Відзначимо, що початок координат в (3) вибрано таким чином, що $V_r(0) = V_{\phi p}$, $V_r(\pi) = V_{ml}$, а мала піввісь еліпса (3) дорівнює $V_{\phi l}$.

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

Подальші напрямки розвитку запропонованої моделі перш за все в наступному. У формули роботи [1] для $V_{\phi p}$, $V_{\phi l}$ і V_{ml} в (3) необхідно ввести явні і в принципі відомі залежності від вологості W (функцію $F_3(x, y)$) і кута θ нахилу місцевості. Далі, для опису особливостей рельєфу (пагорби, западини, схили, підйоми, лощини, гряди, водні та інші перешкоди і т.ін.) 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 $\vec{\nabla} F_i(x, y)$ обчислити значення кута θ в кожній точці контуру.

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Телицин Г.П. Зависимость скорости распространения низовых пожаров от условий погоды // Сб. трудов Даль НИИЛХ, 1965.– Вып. 7.– С.391-405.
2. Куценко Л.М., Шоман О.В., Васильев С.В. Передбачення кромок вигорання при лісовій пожежі методом іміджевої екстраполяції.// Сб. научн. тр. Проблемы пожарной безопасности.- Харьков: АПБУ, 2001, вып. 10.- С. 98-102.
3. Басманов А.Е., Созник А.П., Тарасенко А.А. Экспериментально-аналитическая модель скорости распространения низового лесного пожара. // Сб. научн тр. “Проблемы пожарной безопасности”.– Харьков: АПБУ, 2002.- Вып. 11. – С.17-25.
4. Рибалова О.В., Коробкіна К.М. Вплив лісових пожеж на стан водних екосистем. 5-й Міжнародний конгрес “Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування”: збірник матеріалів.– Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018.