

Моделювання основних тактичних прийомів гасіння ландшафтних пожеж

Ю.О. Абрамов, С.Ф. Кривошилюков, О.А. Тарасенко

Академія цивільного захисту України (м. Харків)

Запропоновано математичні моделі основних тактичних прийомів гасіння ландшафтної пожежі, що розвивається в ідеалізованих умовах. Моделі припускають можливість оптимізації параметрів.

Постановка проблеми. Як відомо [1], основними тактичними прийомами гасіння ландшафтної пожежі є: **а)** одночасне оточення; **б)** охоплення із фронту; **в)** охоплення з тилу; **г)** використання природних рубежів. Застосування тієї чи іншої тактики обумовлюється багатьма факторами і досі не отримало необхідного строгого обґрунтування. В той же час формалізація цього питання повинна базуватися на оптимізації процесу гасіння пожежі.

Питання оптимізації процесу локалізації та гасіння ландшафтної пожежі полягає, в першу чергу, в зниженні прямих та непрямих збитків від неї. Мінімізація призводить до вибору такої тактики гасіння, що обумовлює найкоротший периметр та найменшу площу пожежі в умовах наявності тієї чи іншої кількості підрозділів. Форма і довжина периметру пожежі, який є наслідком двох конкуруючих процесів – розповсюдження та гасіння, таким чином, визначають витрати ресурсів пожежної охорони при локалізації пожежі та об'єм втрат лісового або сільськогосподарського фонду. Тобто побудова математичної моделі руху сил та засобів пожежегасіння з можливістю наступної оптимізації параметрів такого руху є актуальною господарською задачею.

Аналіз публікацій. Можливість мінімізації терміну локалізації ландшафтної пожежі (на прикладі низової лісової пожежі) в випадку гасіння одним підрозділом на основі оптимального вибору початкового місцеположення сил пожежегасіння при їх русі вздовж крайки пожежі показано в [2].

В [3] запропоновано модель траєкторії руху сил пожежегасіння методом «подвижных сеток». Даний опис отримано з використанням чисельних методів.

Використовуючи ряд припущень, можлива побудова аналітичних моделей траєкторій локалізації, що значно спрощує процедуру оптимізації.

В [4] отримана аналітична модель процесу гасіння простої ландшафтної пожежі одним підрозділом. В [5] нами показана можливість побудови аналітичної математичної моделі руху сил та засобів гасіння у випадку двох пожежних підрозділів, що рухаються в протилежних напрямках. Між тим є відкритим питання про моделювання процесу локалізації пожежі

декількома підрозділами, що актуально для тактики, яка заснована на одночасному оточенні всієї області пожежі.

Постановка задачі. Тактика гасіння лісової пожежі передбачає її ліквідацію як двома підрозділами, що, виходячи з одного місця, охоплюють всю область пожежі, так і багатьма підрозділами. Побудова математичної моделі цього процесу повинна базуватися на моделі розповсюдження самої пожежі, в якості якої нами обрана модель [6] та на моделі гасіння [4]. Більш простий випадок, який полягає в гасінні пожежі парною кількістю підрозділів, що одночасно починають рухатися на зустріч друг другу, не потребує створення моделі розповсюдження вільної границі пожежі і дозволяє моделювати тактичні прийоми **а-в**. Розв'язання такої задачі допоможе побудувати модель гасіння декількома підрозділами в реальних умовах пожежі (для неідеалізованого контуру) і надалі оптимізувати параметри процесу гасіння, тобто обрати вірну тактику локалізації.

Модель маршруту руху сил пожежегасіння. Використовуючи результати, отримані в [4] для моделі траєкторії руху сил пожежегасіння при локалізації простої ландшафтної пожежі одним підрозділом, що рухається в додатному напрямку обходу контуру пожежі

$$R_+(\Phi, \varphi_0, t_0) = r_0(\Phi) + V(\Phi)t_0 \left[e^{\int_{\varphi_0}^{\Phi} \frac{V'^2(\varphi) + V^2(\varphi)}{\sqrt{V_T^2 V'^2(\varphi) + V^2(\varphi)} (\sqrt{V_T^2 - V^2(\varphi)} - V(\varphi)V'(\varphi))} d\varphi} - 1 \right], \quad (1)$$

де $r_0(\Phi)$ - рівняння контуру пожежі на момент початку локалізації t_0 ; φ_0 - місцеположення сил пожежегасіння в момент початку гасіння t_0 ; V_T - лінійна швидкість гасіння; $V(\Phi)$ - годограф швидкості розповсюдження пожежі [6], нами отримано модель траєкторії руху підрозділу в від'ємному напрямку

$$R_-(\Phi, \varphi_0, t_0) = r_0(\Phi) + V(\Phi)t_0 \left[e^{\int_{\varphi_0}^{\Phi} \frac{-(V'^2(\varphi) + V^2(\varphi))}{\sqrt{V_T^2 V'^2(\varphi) + V^2(\varphi)} (\sqrt{V_T^2 - V^2(\varphi)} + V(\varphi)V'(\varphi))} d\varphi} - 1 \right], \quad (2)$$

На відміну від виразу (1) вірне зображення траєкторії руху (2) буде мати місце при русі з кінцевого значення полярного кута в бік початкового (оскільки відбувається у від'ємному напрямку).

Кінцеве значення кута $\Phi = \varphi_k$ знаходиться як точка перетину кривих, що задаються виразами (1) і (2) за допомогою чисельного розв'язку рівняння

$$R_-(\Phi, \varphi_0, t_0) = R_+(\Phi, \varphi_0, t_0). \quad (3)$$

Для найпростіших (ідеалізованих) випадків, коли пожежа обмежена границями одного ландшафтного урочища в умовах впливу постійного за силою та напрямком вітру нами створено програмне забезпечення, яке дозволяє отримувати результати, що проілюстровані на рисунках, наведених нижче.

На рисунку 1 представлено траєкторії руху пожежних підрозділів, що моделюють тактичні прийоми б і в, тобто гасіння двома підрозділами з боку тилу та боку фронту, а також із довільних точок флангів. Відзначимо, що швидкість гасіння доки що нами обрано незалежною від кута φ , і у наведених прикладах дорівнює $2V(0)$. Надалі планується урахувати залежність швидкості гасіння від φ та часу, як це зроблено в [1].

На інших рисунках зображено форму, яку набуде область пожежі при одночасному гасінні чотирма (рис. 2-4), шістьма (рис. 5-8) та десятьма підрозділами (рис. 9-10). Очевидно, що останній випадок може використовуватися у якості моделі тактичного прийому а. Відзначимо, що створене нами програмне забезпечення дозволяє моделювати маршрути руху довільної (парної) кількості пожежних підрозділів.

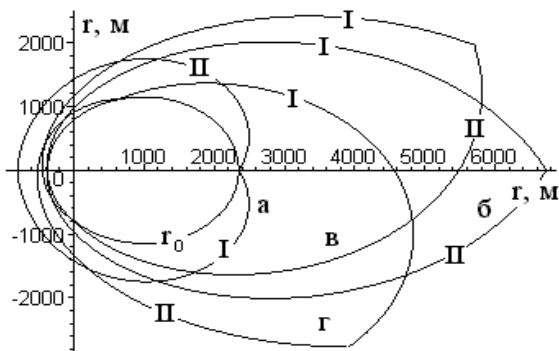


Рис. 1. Гасіння двома (I, II) підрозділами: а) з фронту пожежі; б) з тилу; в)-г) з флангів

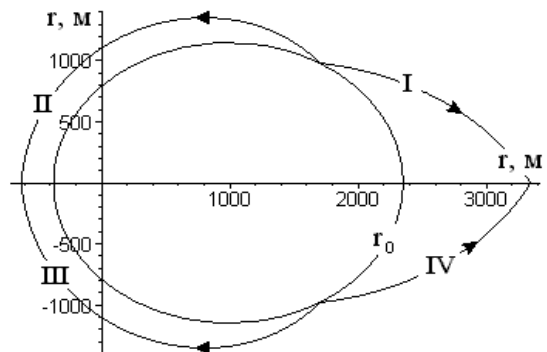


Рис. 2. Гасіння чотирма (I-IV) підрозділами $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{6}$

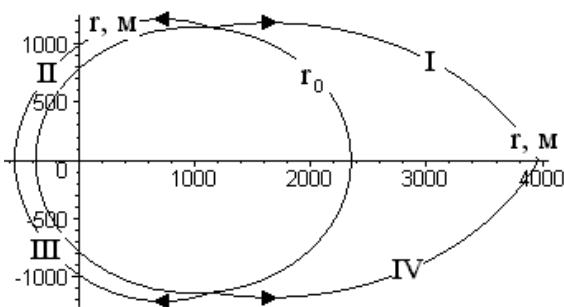


Рис. 3. Гасіння чотирма (I-IV) підрозділами $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{4}$

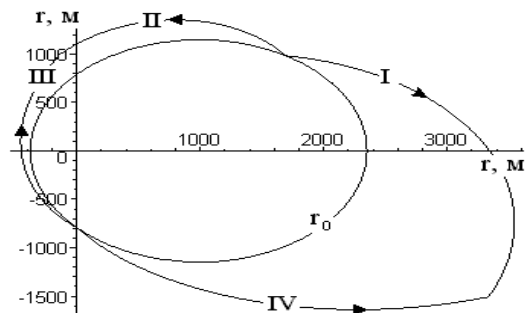


Рис. 4. Гасіння чотирма підрозділами $\varphi_0 = \frac{\pi}{6}, -\frac{\pi}{2}$

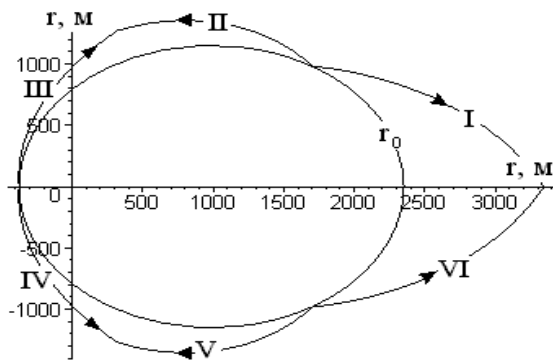


Рис.5. Гасіння шістьма (I-VI) підрозділами $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{6}, \pi$

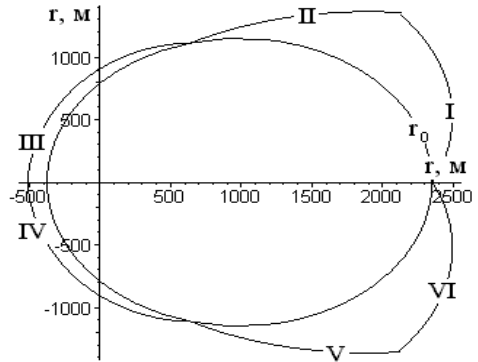


Рис. 6. Гасіння шістьма підрозділами $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{3}, 0$

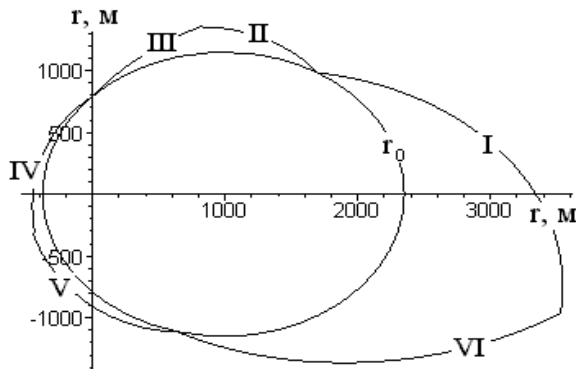


Рис. 7. Гасіння шістьма підрозділами $\varphi_0 = \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{2}, -\frac{\pi}{3}$

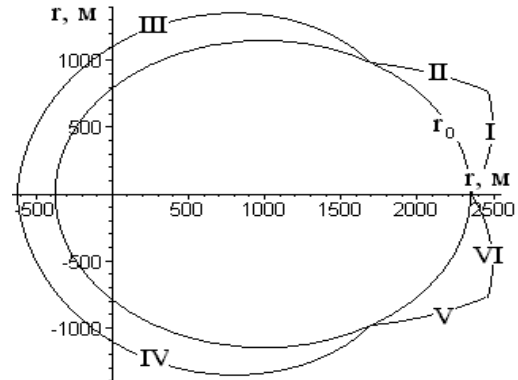


Рис. 8. Гасіння шістьма підрозділами $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{6}, 0$

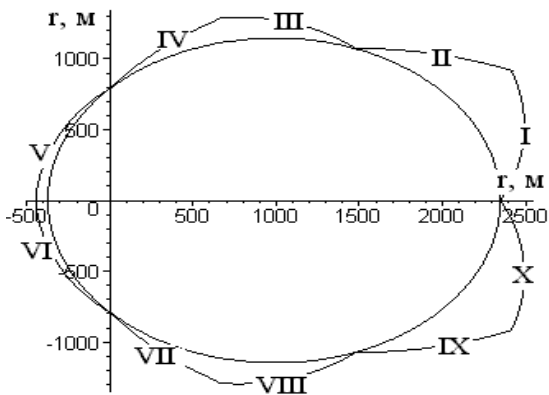


Рис. 9. Гасіння десятьма підрозділами $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{5}, \pm \frac{\pi}{2}, 0$

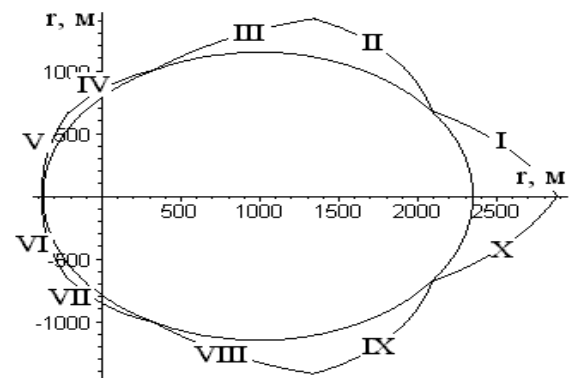


Рис.10. Гасіння десятьма підрозділами $\varphi_0 = \pm \frac{\pi}{10}, \frac{\pi}{5}, \pi$

Видно, що при рівності всіх параметрів процесу розповсюдження та локалізації, вибір початкового місцеположення руху сил пожежегасіння (а отже, - обрання тактики гасіння) призводить до різних результатів по довжині периметру та площі пожежі. Це дозволяє казати про можливість оптимізації процесу локалізації пожежі, що й планується в майбутньому.

Виводи. Отримано моделі локалізації ландшафтної пожежі, при застосуванні основних тактичних прийомів гасіння окрім використання природних рубежів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Курбатский П.П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат. 1962.- 154 с.
2. Абрамов Ю.А., Росоха В.Е., Тарасенко А.А. Влияние пространственных флуктуаций пирологических параметров среды на интегральные характеристики низового лесного пожара и условия его тушения. Харьков: АГЗ Украины, 2004. – 142 с.
3. Доррер Г.А. Теория распространения пожара как волнового процесса: Автореф.дис...д-ра техн. наук: 06.03.03./ ИЛИД СО АН СССР.- Красноярск, 1989.- 45 с.
4. Калиновский А.Я., Кривошлыков С.Ф., Тарасенко А.А. Математические модели процессов локализации простого ландшафтного пожара. // Проблемы пожарной безопасности: Сборник научных трудов. Выпуск 17.- Харьков: Фолио. 2005. С. 61-65.
5. Абрамов Ю.О., Кривошликов С.Ф., Тарасенко О.А. Модельовання маршрутів руху сил та засобів пожежегасіння при локалізації низової лісової пожежі // Пожежна безпека. Вип. 6. – Львів: ЛПБ. 2005. С. 19-21.
6. Басманов А.Е. Созник А.П., Тарасенко А.А. Экспериментально-аналитическая модель скорости распространения низового лесного пожара // Проблемы пожарной безопасности. Вып. 11. – Харьков: Фолио. - 2002. С. 17-25.

Академія цивільного захисту України
61023, Харків, вул. Чернишевського, 94
fd@apbu.edu.ua
707-34-77