

УДК 614. 841.42

*А.П. Созник, д-р физ.-мат. наук, профессор, НУГЗУ,
И.К. Кириченко, физ.-мат. Наук, профессор, УИПА,
А.Я. Калиновский, канд. техн. наук, ст. препод., НУГЗУ,
С.В. Гайдым, курсант, НУГЗУ*

ГЛОБАЛЬНАЯ И ЛОКАЛЬНАЯ МОДЕЛИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАНДШАФТНОГО ПОЖАРА

Проведено сравнение результатов расчета контура пожара согласно «микроскопической» модели с расчетами, основанными на аналитической модели скорости распространения ландшафтного пожара. Сделан вывод об адекватности рассматриваемой модели описания динамики движения кромки выгорания.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, скорость распространения, контур выгорания.

Постановка проблемы. Одним из основных вопросов противопожарной охраны лесов является прогнозирование динамики распространения контура пожара. Знание параметров контура лесного (ландшафтного) пожара позволяет сделать правильный выбор методов тушения пожара [1–3]. Поэтому большое значение имеют максимально достоверные прогнозы распространения пожара, которые можно сделать на основе тех или иных моделей.

Анализ последних исследований и публикаций. В результате упрощений модели [1, 4] в работе [5] предложена двухфазная, двухтемпературная модель лесных пожаров на плоскости. В таком подходе задача сводится к решению системы уравнений в частных производных и в [5] приведены в качестве примера результаты тестовых численных расчетов по распространению лесного пожара.

Нами предложена [6, 7] модель годографа скорости (единичного контура горения) распространения лесного низового пожара. Согласно [6, 7] годограф скорости описывается эллипсом, параметры которого определяются скоростями V_f , V_b и V_{fl} распространения кромки пожара в направлениях по ветру, против ветра и поперек ветра соответственно.

Значения величин V_f , V_b и V_{fl} для различных горючих материалов в зависимости от скорости ветра V_w , найденные из полуэмпирических соображений, приведены в [8, 9].

Постановка задачи и ее решение. Несмотря на значительные упрощения «эталонной» модели А.М.Гришина, расчет контуров выгорания в соответствие с [5] предполагает проведение численных расчетов с большой затратой машинного времени, что естественно за-

трудняет ее использование в оперативных расчетах. Поэтому нами, для упрощения и ускорения расчетов, проведено сравнение результатов расчетов контуров выгорания с использованием моделей [5] и [6, 7]. Согласно [8], на основании экспериментальных исследований были предложены полуэмпирические формулы для расчета трех скоростей, а именно фронта V_f , тыла V_b и флангов V_{fl} :

$$V_f = V_0(1 + \alpha)^2, \quad (1)$$

$$V_b = V_0(1 + \alpha)^2, \quad (2)$$

$$V_{fl} = V_0 = v_0 + kV_w, \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{V_w}{\sqrt{V_w^2 + c^2}}, \quad (4)$$

где k – безразмерный коэффициент, учитывающий раздувающее действие ветра, v_0 – скорость распространения пожара при $V_w=0$ м/с, c – коэффициент связанный, с удельной теплоемкостью горючего материала. Как показано в [6, 7] выражение для годографа скорости с использованием формул (1-4), будет иметь вид

$$V(V_w, \varphi) = V_0 \frac{2\alpha \cos \varphi + (1 + \alpha^2) \sqrt{\cos^2 \varphi + (1 - \alpha^2)^2 \sin^2 \varphi}}{\cos^2 \varphi + (1 + \alpha^2)^2 \sin^2 \varphi}, \quad (5)$$

где φ – азимутальный угол. Выражение (5) справедливо для равнинной местности и постоянных значений влажности горючего материала и скорости ветра.

В этих условиях контур пожара в произвольный момент времени описывается выражением

$$R(\varphi) = r_0(\varphi) + V(V_w, \varphi) \cdot t, \quad (6)$$

где $r_0(\varphi)$ – исходный очаг загорания.

На рис. 1 представлены контуры выгорания при низовом лесном пожаре при скорости ветра $v_w=2$ м/с, направление которого противоположно оси ОХ. Начальный очаг загорания имеет вид круга с центром в т. С(200, 120) и радиусом 10 м. Кривая 1 представляет контур пожара на момент времени $T=70$ мин, рассчитанный с использованием модели [6, 7], при стандартных значениях параметров $v_0=0,0067$ м/с, $k=0,0075$ и $c=3,5$ м/с [6, 8], входящих в выражение для годографа скорости, без всяких попыток их подгонки. Кривая 2 результат расчетов, которые представлены в [5]. К сожалению, в [5] не

приведено ни одного численного значения параметров, при которых проведены расчеты.

Отметим, что, на наш взгляд, получено хорошее согласие результатов расчетов по моделям [5] и [6, 7], особенно для фронтальной и тыловой кромок пожара. При этом время расчета кривой 1 не превышает 1 мин, что является существенным преимуществом модели [6, 7] для оперативного прогнозирования развития лесных пожаров.

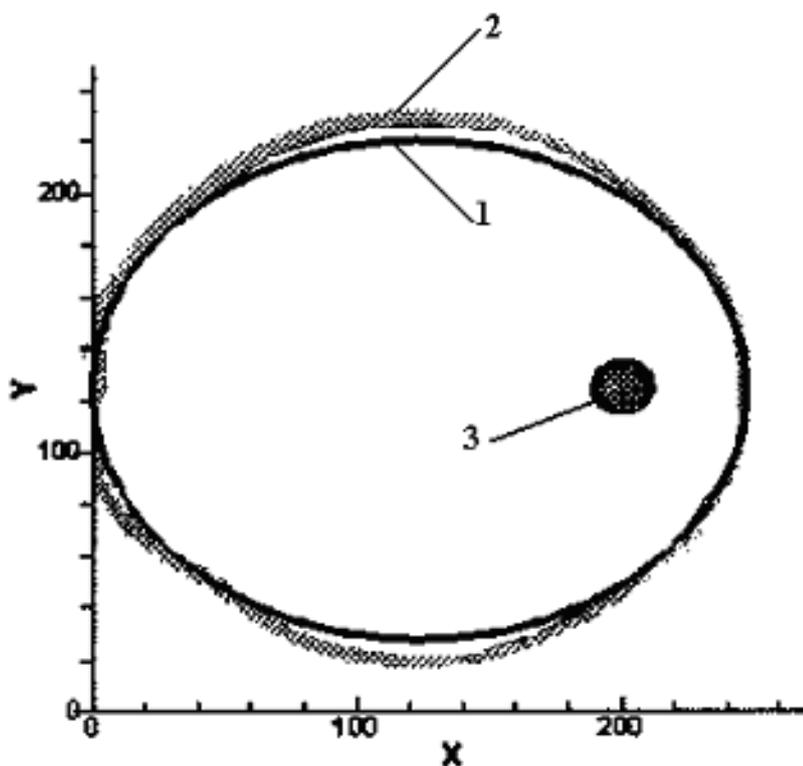


Рис. 1. – Контуры выгорания низового лесного пожара. Расстояния по осям в метрах: 1 – контур рассчитанный по модели [6, 7], 2 – контур, приведенный в [5], 3 – очаг пожара

На основе проведенного нами анализа, можно сделать вывод, что рассматриваемая нами модель адекватно описывает динамику движения кромки выгорания, а критерием адекватности может служить хорошее согласие результатов расчетов, выполненных по предлагаемой нами модели, с расчетами по «микроскопической» модели [5].

Выводы. Учитывая полученное согласие развиваемой модели с «эталонной» моделью А.М. Гришина-А.А. Кулешова, а также описание данных, которое было получено нами в результате проведения экспериментального исследования [10], считаем, что модель [6,7] можно предложить к использованию при организации ликвидации чрезвычайных ситуаций при возникновении ландшафтных пожаров. Отметим, что нами предложено [11] также обобщение модели [7] на случай неоднородного и анизотропного распределения влажности лесного горючего материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / Анатолий Михайлович Гришин. – Новосибирск: Наука, 1992. – 407 с.
 2. Доррер Г. А. Математические модели динамики лесных пожаров / Георгий Алексеевич Доррер. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 160 с.
 3. Обнаружение очагов лесных пожаров и прогноз динамики их распространения / [Абрамов Ю. А., Комяк В. А., Комяк В. М., Рева Г. В., Росоха В. Е.]. – Харьков: АГЗ Украины, 2004. – 145с.
 4. Гришин А.М. Общие математические модели природных пожаров / А. М. Гришин // XII Симпозиум по горению и взрыву, Черногоровка, 7 – 11 февраля, 2005. – С. 1 – 25..
 5. Кулешов А.А. Математическое моделирование в задачах промышленной безопасности и экологии / А.А. Кулешов // Информационные технологии и вычислительные системы – 2003, №4. – С. 56 – 70.
 6. Басманов А.Е. Эспериментально-аналитическая модель скорости распространения низового лесного пожара / А.Е. Басманов, А.П. Созник, А.А. Тарасенко // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып. 11. Харьков: Фолио, 2002. – С. 17-25.
 7. Калиновский А. Я. Аналитическая модель скорости распространения низового лесного пожара / А.Я. Калиновский, А.П. Созник. // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. АЦЗ України. Вип. 3. – Харків: Фоліо, 2006. – С. 64 – 70.
 8. Телицын Г.П. Зависимость скорости распространения низовых пожаров от условий погоды / Г.П. Телицын // Сб. тр. ДальНИИЛХ. – 1965. Вып. 7. – С. 390-405.
 9. Коровин Г.Н. Методы расчета некоторых параметров низовых лесных пожаров / Г.Н. Коровин // Сб. научн.- исслед. работ по лесн. хозяйству. – М.: Лесная промышленность, 1969. – С. 244 – 262.
 10. Калиновский А.Я. Анализ адекватности аналитико-геометрической модели распространения ландшафтных пожаров / А.Я. Калиновский, А.П. Созник // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып. 20. Харьков: Фолио, 2006. – С. 71-76.
 11. Калиновский А.Я. Глобальная модель распространения ландшафтного пожара с учетом изменения ветра и влажности / А.Я. Калиновский, А.П. Созник // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. Вып. 19. Харьков: Фолио, 2006. – С. 62-68.
- nuczu.edu.ua

О.П. Сознік, І.К. Кириченко, А.Я. Калиновський, С.В. Гайдим

Глобальна та локальна моделі розповсюдження ландшафтної пожежі.

Проведено порівняння результатів розрахунку контуру пожежі згідно «мікроскопічної» моделі, з розрахунками, згідно аналітичної моделі швидкості розповсюдження ландшафтної пожежі. Зроблено висновок про адекватність розглядаємої моделі, що описує динаміку руху кромки вигорання.

Ключові слова: ландшафтна пожежа, швидкість розповсюдження, контур вигорання.

A.P. Sozник, I.K. Kirichenko, A.Y. Kalinovskiy, S.V. Gaidim

Global and local distribution models of landscape fire.

The results are compared by calculating the path of fire "microscopic" model to the calculations by the analytical model of velocity distribution of landscape fire. The conclusion about the adequacy of the examined model describing the dynamics of the edge of burnout.

Keywords: landscape fires, velocity distribution, circuit burnout.