А.Я. Калиновский, А.А. Созник

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КРОМКИ НИЗОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА

Прогнозирование контура низового лесного (ландшафтного) пожара, его характерных размеров и направления наиболее опасного распространения в произвольный момент времени t после его обнаружения является актуальной практической задачей, решение которой позволяет правильно выбрать тактику его тушения, уменьшить экологический ущерб и [1, 2]. Для достоверного прогнозирования необходима физико-математическая модель, которая позволит предсказать развитие лесного пожара для обоснования принятия управленческих решений руководителем тушения пожара.

При проведении исследований были поставлены такие практические задачи:

- прогнозирование формы контура низового лесного пожара;
- прогнозирование характерных размеров контура пожара (периметр, площадь);
- прогнозирование направления наиболее опасного распространения пожара в произвольный момент времени t после его обнаружения.

Известно, что в момент времени $t_0 = 0$ обнаружения пожара его контур имеет определенные размеры и форму, которые зависят от различных природных факторов. За основу нами взята “экспериментально–аналитическая модель” [3]. Данная модель имеет определенные преимущества, по сравнению с иными моделями небольшое количество входных данных, реальная возможность измерения входных параметров, сравнительная простота расчетов, универсальность использования модели, наглядность полученных результатов.

Ко времени обнаружения лесного пожара t_0 его контур можно охарактеризовать величиной $H_0\ (K_0,\ S_0,\ L_0,\ t_0)$, где K_0 описывает форму контура, S_0 и L_0 – его площадь и периметр соответственно. Именно эту величину H_0 и будем рассматривать для описания начального очага пожара. Исходя из данного значения H_0 и используя определенные модельные предположения о динамике развития пожара, необходимо предсказать значение $H(K, S, L, t)$ в любой другой момент времени t. При этом возникает вопрос о зависимости H от H_0 или, точнее, как влияет форма и размер очага загорания H_0 на контур H развитого пожара. Мы исследовали данную зависимость используя годограф скорости распространения низового пожара, для экспериментально–аналитической модели:

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

где $V_0 = \upsilon_0 + \kappa\upsilon_B$ и $x = \varphi + \psi$.

Параметры модели υ_0, κ и c зависят от состава и состояния горючего материала и приведены в литературе [4]. Если $\psi = 0$, то при $\varphi = 0$ получаем фронтальную скорость распространения пожара $V = V_{ФР}$, а при $\varphi = \pi$ – тыловую $V = V_T$, где $V_{ФР}$, V_T, а также фланговая скорость $V_{ФЛ}$ совпадают с выражениями, приведенными в [4].

Если начальный очаг загорания имеет форму, которую можно описать выражением $r_0 = r_0(\varphi+\chi)$, то предположив, что величины υ_B, ψ, υ_0, κ и c не зависят от t, для описания контура пожара в момент времени t получаем выражение $R(\varphi, t) = r_0 + Vt$.

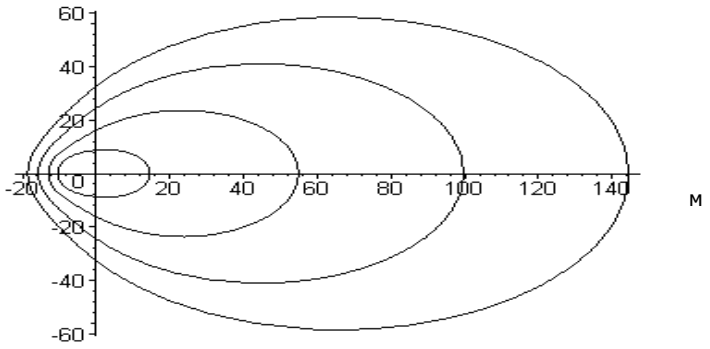
Для исследования кромки пожара за исходные очаги загорания были взяты круг, квадрат, овалы Кассини (овал, овал с талией, лемниската Бернулли). На рисунке 1 показано, что через определенное время T форма пожара в основных своих измерениях по сути "забывает" о форме очага загорания. Иначе говоря, величина $H(K, S, L, t)$ при $t \geq T$ является приблизительно инвариантной величиной относительно $H_0(K_0, S_0, L_0, t_0)$.

Использование "экспериментально-аналитической" модели позволяет описать "залечивание" контура пожара без привлечения гипотезы Маркштейна, а время "залечивания" можно в определенном смысле связать со временем "забывания" T.

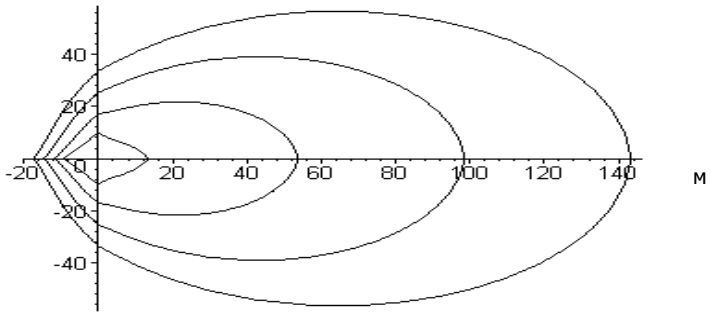
Результаты расчетов позволяют сделать следующие выводы:

- форма и размеры контура пожара через время $t \approx 30$ *мин* после его обнаружения практически не зависят от формы и размеров очага загорания;
- с увеличением υ_B время "забывания" T уменьшается, а с уменьшением υ_B – увеличивается. При $\upsilon_B = 0$ память контура пожара об исходном очаге сохраняется вплоть до $t = 180$ *мин*;
- все кривые, описывающие контур пожара, через определенный промежуток времени T приобретают форму, близкую к эллиптической, что соответствует реальным формам пожара на площадях до 100 *га;*
- для упрощения расчетов и сокращения времени их проведения можно ограничиться простой формой очага пожара в виде круга, а основным исходным параметром для расчетов считать его площадь S_0;
- для прогнозирования развития пожара необходимо и достаточно определять, скажем методами аэронаблюдения, именно и только площадь S_0 очага пожара и не требовать при этом большой точности для величины S_0.

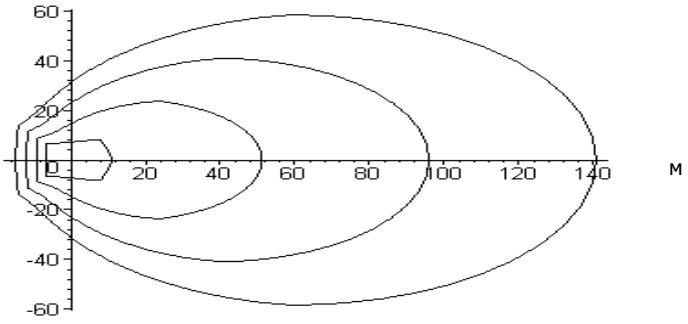
а)



б)



в)



г)

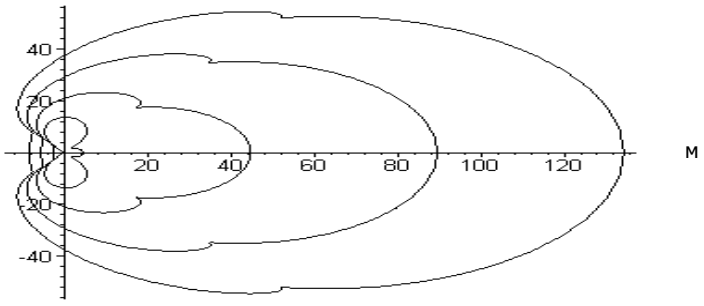


Рис.1. $S_0 = 162\ м^2$. Расстояние по осям в метрах, $\upsilon_B = 3\ м/с$.
Кривые соответствуют $t = 1, 10, 20, 30\ мин$. Форма начального очага а) круг;
б) квадрат повернутый на угол 90^0; в) квадрат; г) лемниската Бернулли при $a = c = 9\ м$.

Проведенные нами исследования контура низового лесного пожара показали, что рассматриваемая нами модель правильно отражает основные характерные особенности пожара. Модель допускает дальнейшее усовершенствование, связанное с учетом и других, кроме ветра, природных факторов, что и предполагается осуществить в дальнейшем.

Литература

1. Доррер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров. –М.: Лесная пром-сть, 1979. –160 с.

2. Валендик Э.Н. Борьба с крупными лесными пожарами. –Новосибирск: Наука, 1990. –193 с.

3. Басманов А.Е., Созник А.П., Тарасенко А.А. Эсперементально-аналитическая модель скорости распространения низового лесного пожара // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр., вып. 11, Харьков: Фолио, 2002. –С. 17-25.

4. Телицын Г.П. Зависимость скорости распространения низовых пожаров от условий погоды // Сб. тр. ДальНИИЛХ. – 1965, вып. 7. –С. 390-405.