

С.Ф. Кривошлыков, адъюнкт, АГЗ Украины

Ю.А. Абрамов, д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе, АГЗ Украины

А. А. Тарасенко, к-т техн. наук, ст. преподаватель, АГЗ Украины

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАРШРУТОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОСТОГО ЛАНДШАФТНОГО ПОЖАРА

Предложены аналитические модели маршрутов перемещения сил и средств пожаротушения при локализации простого ландшафтного пожара в случае прибытия подразделений в разное время. Локализация осуществляется четным числом команд. Учитывается влияние ветра.

Постановка проблемы. Условия возникновения и тушения ландшафтных пожаров разнообразны и определяются как природными, так и антропогенными факторами. Успешная локализация пожара возможна в случае выбора оптимального сценария его тушения.

Анализ публикаций. Возможность минимизации времени локализации низового лесного пожара на основании оптимального выбора начального местоположения сил пожаротушения при их движении вдоль контура пожара показана в [1].

В [2] предложена модель траектории движения сил пожаротушения методом «подвижных сеток».

Указанные результаты получены с применением численных методов. В тоже время, используя ряд допущений, возможно создание аналитических моделей маршрутов перемещения сил и средств пожаротушения, что частично было проделано в [3].

Постановка задачи. Простым пожаром называется [4] пожар, который распространяется в однородных растительно-ландшафтных условиях при постоянной скорости ветра. Одним из тактических приемов тушения ландшафтного пожара является его единовременное окружение. Такой прием для простого пожара ландшафтного пожара нами смоделирован в [5]. В тоже время, очевидно, что прибытие подразделений к месту тушения является протяженным во времени процессом. Силы, прибывшие к очагу пожара первыми, должны не теряя времени приступить к локализации, а не ждать другие

подразделения. Время прибытия следующего подразделения будет отличаться от времени прибытия предыдущего. За промежутков, равный разности этих времен, форма и размер пожара изменятся. Следовательно, очаг для второй команды будет задаваться другой кривой, нежели для первой. Таким образом, актуальной является задача создания математических моделей маршрутов перемещения подразделений во время локализации ландшафтного пожара при условии их неодновременного прибытия к месту тушения.

Модель траектории движения сил пожаротушения. В [3] нами получена модель траектории $R_+(\Phi, \varphi_0, t_0)$ движения сил пожаротушения, движущихся вдоль кромки пожара в положительном направлении; показана полученная нами модель для движения в отрицательном направлении $R_-(\Phi, \varphi_0, t_0)$ и эти две модели совмещены в [5] для описания основных тактических приемов пожаротушения.

При наличии n пар команд возможно обобщение предлагаемой модели для каждой i -ой пары команд ($i=1 \dots n$) в виде n уравнений

$$R_{\pm}(\Phi, \varphi_{0i}, t_{0i}) = r_{0i}(\Phi) + V(\Phi)t_{0i} \left[\exp \left(\int_{\varphi_{0i}}^{\Phi} \frac{V'^2(\varphi) + V^2(\varphi)}{\sqrt{V_T^2 V'^2(\varphi) + V^2(\varphi)} (V_T^2 - V^2(\varphi)) \mp V(\varphi)V'(\varphi)} d\varphi \right) - 1 \right],$$

где $i=1 \dots n$ и введены следующие обозначения: $r_{0i}(\Phi)$ - уравнение контура пожара на момент начала тушения t_{0i} ; φ_{0i} - местоположение i -ой пары команд в момент t_{0i} ; V_{Tk} - линейная скорость тушения кромки пожара k -ой командой ($k=1..2n$); $V(\Phi)$ - годограф скорости распространения пожара [6]. Данная модель приведена для полярных координат $(R; \Phi)$, при этом полюс совмещен с точкой возникновения пожара, а полярная ось – с направлением ветра.

Точки пересечения участков траектории, получаемые для каждой k -ой и $k+1$ -ой команды, принадлежащих разным парам, находятся численно путем решения соответствующей системы двух уравнений.

Отметим, что $n=1$ соответствует рассмотренному ранее случаю тушения одной парой подразделений.

Предлагаемая модель позволяет учесть: а) влияние ветра на эволюцию контура пожара и, соответственно, - на траекторию локализации; б) различие в скорости тушения кромки при

использовании различных технических средств каждой из команд; с) различное время начала тушения каждой парой команд.

Приведенные на рисунках 1-4 примеры, иллюстрирующие данную модель, демонстрируют необходимость создания автоматизированной процедуры процесса принятия решений по выбору тактики тушения, поскольку видно, что предлагаемый вариант размещения сил далек от оптимального. Путь решения данной проблемы - выбор точек начала тушения для каждой пары команд с учетом времени прибытия, а также тактико-технических характеристик средств пожаротушения каждого подразделения.

Рис. 3 и 4 демонстрируют различие для площади и периметра пожара при использовании средств тушения, обеспечивающих локализацию пожара с одинаковой для всех команд (рис. 3) и различной (рис. 4) скоростью при прочих равных условиях.

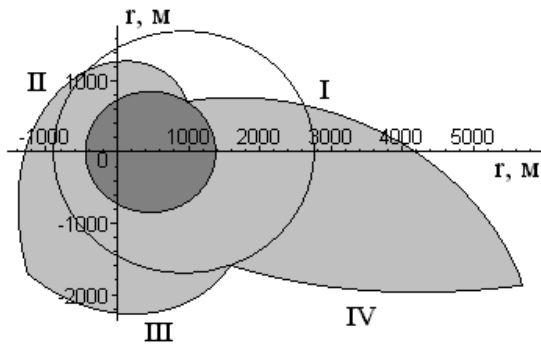


Рис. 1. Локализация двумя парами команд при наличии ветра. Скорость тушения кромки одинакова

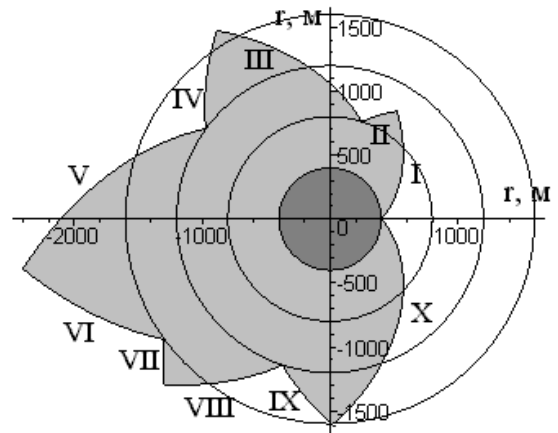


Рис. 2. Локализация пятью парами команд при отсутствии ветра. Скорость тушения кромки одинакова

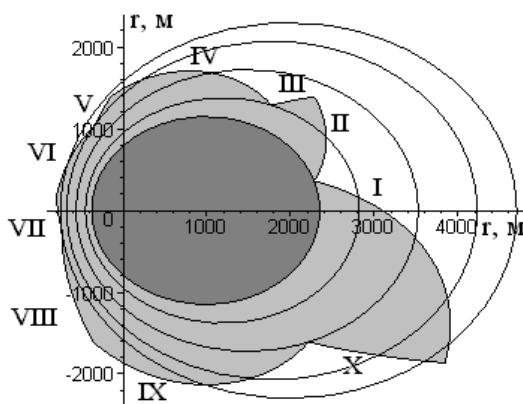


Рис. 3. Локализация пятью парами команд при наличии ветра. Скорость тушения кромки одинакова

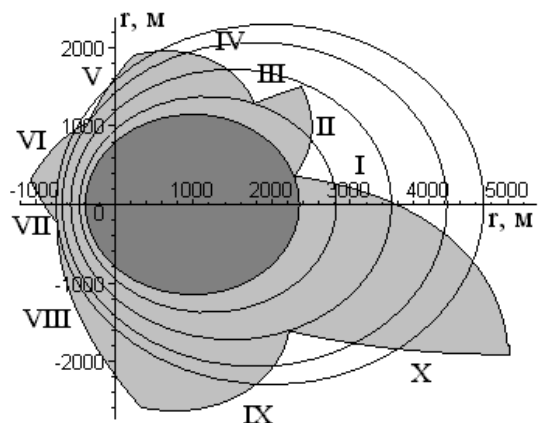


Рис. 3. Локализация пятью парами команд при наличии ветра. Скорость тушения кромки различна для

разных команд

На приведенных рисунках время начала тушения для всех команд различно. Темно-серым цветом изображен очаг в момент начала тушения первой парой подразделений t_{01} , светло-серым – область пожара с момента t_{01} до момента полной локализации.

Выводы. Получена аналитическая модель маршрута перемещения пожарных подразделений при локализации простого ландшафтного пожара при условии их неодновременного прибытия к месту пожара. Данная модель в дальнейшем позволяет получить некоторые оптимальные параметры тактических решений по ликвидации пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. Калиновский А.Я., Кривошлыков С.Ф., Тарасенко А.А. Математические модели процессов локализации простого ландшафтного пожара // Проблемы пожарной безопасности. Вып. 17. – Харьков: Фолио. - 2005. С. 17-25.
4. Валендик Э.Н. Условия возникновения и распространения крупных пожаров в лесах Сибири // Лесоведение, №6. – 1991.-С. 84-87.
5. Абрамов Ю.О., Кривошликов С.Ф., Тарасенко О.А. Моделювання маршрутів руху сил та засобів пожежегасіння при локалізації низової лісової пожежі // Пожежна безпека. №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.