

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С УЧЕТОМ СКОРОСТИ ВЕТРА И ПАРАМЕТРОВ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

Лаутеншлегер Н.Н.

Научный руководитель: Перминов В.А. к. ф-м. н., профессор кафедры экологии безопасности жизнедеятельности

Томский политехнический университет

E-mail: Laut1994@mail.ru

Лесной пожар — это неконтролируемое распространение огня по лесному массиву. В любой ситуации даже небольшое возгорание может перерасти в стихийное бедствие [1]. Большинство лесных пожаров спровоцировано деятельностью людей. Лесные пожары наносят большой ущерб экосистеме страны, его последствия негативны и для биоты, и для атмосферы, гидросферы, литосферы. А экономический ущерб от лесного пожара исчисляется миллиардами рублей в год.

Возникновение и распространение лесных пожаров зависит от различных условий: метеорологических (скорости и направления ветра, температуры окружающей среды, состояния атмосферы и др.), состояния лесного массива (запаса и влагосодержания лесных горючих материалов, вида растительного покрова и т.д.), а также рельефа местности и других факторов. Наиболее опасным видом пожаров являются верховые. В связи с тем, что экспериментальные исследования верховых лесных пожаров являются очень трудоемкими и дорогостоящими, представляет интерес использование методов математического моделирования.

Актуальность темы обусловлена тем, что лесные пожары наносят катастрофический ущерб экосистеме страны, его последствия негативны для биосферы и атмосферы.

Целью работы явилось определение безопасных размеров противопожарных разрывов в зависимости от метеорологических условий и параметров лесного массива в различные моменты времени с помощью численного решения, что позволит исследовать процесс возникновения и распространения верхового лесного пожара в зависимости от скорости ветра и параметров лесного массива.

Пусть в бесконечном лесном массиве имеется очаг горения, заданный повышенной температурой. Предполагается, что очаг верхового пожара имеет конечные размеры и над пологом леса задана скорость ветра. Ось Ox_3 направлена вверх, а оси Ox_1 и Ox_2 - параллельно поверхности земли (ось Ox_1 совпадает с направлением ветра). Схема данного процесса представлена на Рис.1. Для описания данного процесса используется постановка задачи, полученная на основе

математической модели пожаров предложенной А.М. Гришиным [1].

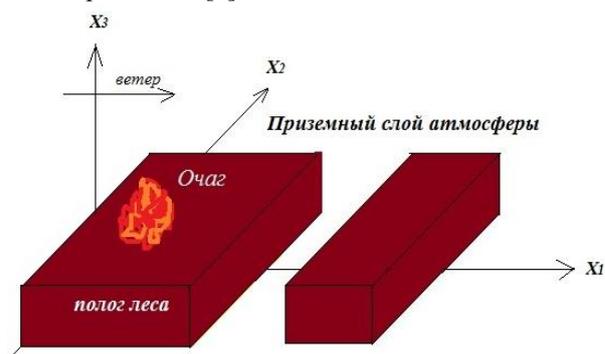


Рис.1. Схема расчётной области

Так как вертикальные размеры лесного массива значительно меньше горизонтальных, трехмерная система дифференциальных уравнений, описывающая процессы теплопереноса в лесном массиве [1,2], может быть проинтегрирована по вертикальной координате x_3 . Приводя основную систему уравнений к дивергентному виду, проинтегрируем по высоте от почвенного покрова до уровня верхней границы полога леса. В результате получим двумерную нестационарную систему дифференциальных уравнений.

На основе изложенной математической постановки проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения и распространения верхового лесного пожара от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонент газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы в различные моменты времени [3].

Так же ходе нашей работы исследуется такой параметр лесного массива, как противопожарные разрывы различного рода (просеки, дороги, поляны и т.д.). Были проведены численные расчеты для определения значений ширины разрыва, при котором пожар переходит его либо не преодолевает данный разрыв. Так же экспериментально получено минимальное расстояние разрыва, при котором фронт пожара останавливается и уже не распространяется на дальнейшие участки. На рисунках 2,3 представлено распределение изолиний изотермы

газовой фазы \bar{T} ($\bar{T} = T/T_e, T_e = 300\text{K}$): 1 - 2., 2 - 2.6, 3 - 3, 4 - 3.5, 5 - 4. Изолинии концентрации кислорода ($\bar{c}_1 = c_1/c_{1e}, c_{1e} = 0.23$): 1 - 0.1, 2 - 0.5, 3 - 0.6, 4 - 0.7, 5 - 0.8, 6 - 0.9. Изолинии концентрации продуктов пиролиза \bar{c}_2 ($\bar{c}_2 = c_2/c_{1e}, c_{1e} = 0.23$): 1- 0.1, 2 - 0.05, 3 - 0.01. Изолинии объёмных долей фаз.

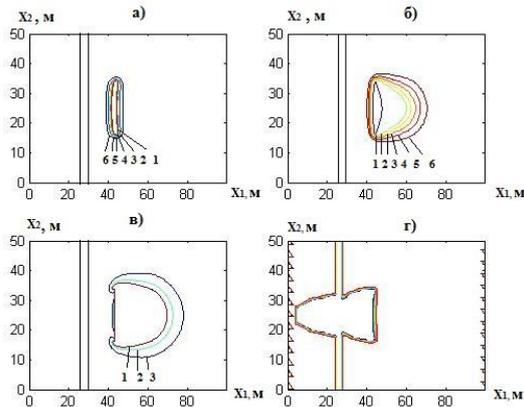


Рис.2. Распределения изолиний t, c_1, c_2 и объёмных долей фаз при наличии разрыва в 2,5м

При заданной влажности, запасе ЛГМ и скорости ветра пожар с лёгкость пройдёт заданный разрыв в 2,5м. Далее рассмотрим график, в котором разрыв увеличен всего на 1 метр, и пожар уже не распространяется дальше.

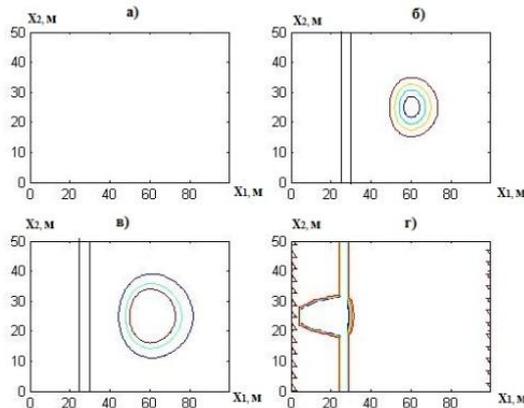


Рис.3. Распределения изолиний t, c_1, c_2 и объёмных долей фаз при наличии разрыва в 3,5м

На рисунках 2,3 представлены перечисленные выше характеристики, равномерно распределенные по всей области, где есть разрывы, на рисунке 2 разрыв составляет 2,5м, на рисунке 3 разрыв составляет 3,5 м. Изотермы газовой фазы и изолинии концентраций кислорода и продуктов пиролиза равномерно распределены по всей области. Фронт двигается по направлению

ветра (ось x_1) и расширяется в перпендикулярном направлении ветру по оси x_2 .

Предложенная в работе методика может быть использована для оценки размеров противопожарных разрывов в зависимости от характеристик лесных массивов. Проведённое исследование может стать основой для разработки новых усовершенствованных способов борьбы с лесными пожарами, а также методик по профилактике данного явления.

В ходе данной работы проведено математическое моделирование возникновения и развития верховых лесных пожаров. Получены данные о предельном распространении пожара, найдены конечные размеры противопожарных разрывов (ширина и длина), при которых фронт горения не распространяется. Проведена оценка эффективности размеров противопожарных разрывов для различных скоростей ветра.

Список используемой литературы

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. -Новосибирск: Наука, 1992. -408 с.
2. Перминов В.А. Математическое моделирование возникновения верховых и массовых лесных пожаров: Автореф. дис. ... докт. физ.-мат. наук. – Томск, 2011. –39 с.
3. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. -М.: Энергоатомиздат, 1984. –152 с.