

УДК 004

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВЕРХОВОГО ЛЕСНОГО ПОЖАРА С ПРОТИВОПОЖАРНЫМ РАЗРЫВОМ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ***К.О. Фрянова, Д.П. Гербель**Научный руководитель: В.А. Перминов, д.ф.-м.н., профессор, каф. ЭиБЖ ТПУ**Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
г. Томск*

**Abstracts:** *Analysis of dependence of the critical dimensions of fire ruptures on the main characteristics of forests and wind speed. As a result of the numerical integration of fields was obtained the temperature distribution, oxygen concentration and volatile combustible pyrolysis products.*

**Keywords:** upland forest fires, fire rupture.

**Ключевые слова:** верховые лесные пожары, противопожарный разрыв.

Изучение поведения верховых лесных пожаров при помощи метода математического моделирования помогает разработать профилактические меры по предотвращению и определению возможности возникновения лесных пожаров, ведь математическая модель – это приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики.

В данной работе приводятся результаты расчетов возникновения и распространения верхового лесного пожара по осредненной по высоте полого леса в двухмерной постановке, полученной на основе общей математической модели пожаров [1–3] в зависимости от влияния скорости ветра, влагосодержания и запаса лесных горючих материалов (ЛГМ) на конечные параметры противопожарного разрыва для верховых лесных пожаров. Исследование проведено с помощью метода математического моделирования физических процессов. Данный метод основан на численном решении трехмерных уравнений Рейнольдса для турбулентного течения с учетом уравнений диффузии для химических компонентов и уравнений сохранения энергии для газовой и конденсированной фаз и уравнения состояния. Для получения дискретных аналогов использовался метод контрольных объемов [5].

На основе изложенной математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полого леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы.

**В ходе многочисленных исследований, была получена зависимость минимальной ширины противопожарного разрыва от скорости ветра, запасов и влагосодержания лесных горючих материалов.**

В результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламеняться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.

Далее нами была предпринята попытка определения геометрических параметров противопожарного разрыва конечной формы. Для этого, проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полого леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены новые поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы. Получены значения параметров минимальных разрывов между участками леса (полян), которые зависят от скорости ветра, запаса и влагосодержания ЛГМ.

В ходе исследования можно проследить четкую зависимость длины противопожарного разрыва весьма проблематично. Проводя аналогию с ранее полученными результатами, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на преодоление верховым лесным пожаром противопожарный разрыв оказывает параметр ширины просеки.

Аналогично первой части работы нами были построены графики распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза для распределений функций при подходе к разрыву, переходе через него и дальнейшем распространении. А также случай, когда пожар подходит к разрыву, но не переходит через него.

В результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламеняться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.

На основе изложенной математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения верхового лесного пожара в результате зажигания полога леса от заданного очага горения. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонент газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы. Из рисунков следует, что формируется фронт горения, который распространяется по лесному массиву.

При выполнении расчетов в данной работе изучалось влияние определенных факторов на процесс распространения верхового лесного пожара. Полученные результаты позволяют получить критические условия распространения верхового лесного пожара при заданных размерах разрыва, то есть зависимость скорости распространения от скорости ветра, запасов и влагосодержания лесных горючих материалов (ЛГМ), что, в свою очередь, дает возможность применять такой метод расчетов для профилактики и разработки новых методик тушения лесных пожаров и предотвращения их.

Когда происходит уменьшение влагосодержания лесных горючих материалов, растет скорость распространения верхового лесного пожара. И соответственно, скорость распространения верхового лесного пожара увеличивается, если увеличивается скорость ветра (скорость движения воздушных масс).

Кроме этого, нами был определен второй критический параметр противопожарного разрыва, что на практике приведет не только к меньшим временным и материальным затратам, но и исключит возможность вырубki лишнего лесного массива, что является положительным фактором в тенденции озеленения нашей планеты.

### Список литературы

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. – Новосибирск: Наука, 1992, 408 с.
2. Гришин А.М. Грузин А.Д., Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров. – Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. – С. 38–75.
3. Perminov V. Numerical Solution of Reynolds equations for Forest Fire Spread // Lecture Notes in Computer Science. – 2002. – V. 2329. – P. 823–832.
4. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 152 с.
5. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: Пособие для лесных пожарных. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.:ВНИИЛМ, 2002. 104 с.
6. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. – М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1984. 124 с.
7. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.: ил.