

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ВЕРХОВЫХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО РАЗРЫВА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

К.О. Фрянова, студент, Д.П. Гербель, студент

Научный руководитель: Перминов В.А., д. ф.-м. н., профессор

Томский политехнический университет, г.Томск

634050, г.Томск, пр.Ленина, 30, тел. (3822)-56-36-98,

E-mail: kof1@tpu.ru

На настоящий момент до конца не выяснены механизмы и условия возникновения различных видов лесных пожаров. Тушение лесных пожаров требует больших затрат сил и средств, и, в подавляющем большинстве случаев, малоэффективно или невозможно. Экспериментальные методы изучения лесных пожаров являются дорогостоящими и не позволяют проводить полное физическое моделирование данного явления, представляют интерес теоретические методы исследования. [3]

Поэтому изучение поведения верховых лесных пожаров с помощью 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.

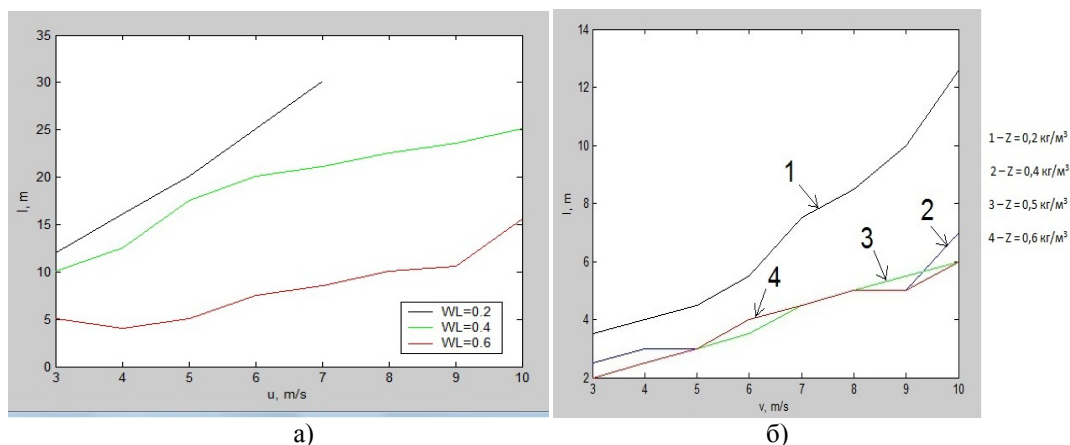


Рис. 1. Зависимость минимальной ширины разрыва от скорости ветра и
а) влагосодержания ЛГМ; б) запасов ЛГМ

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

Ниже представлены распределения основных функций для двух случаев преодоления разрывов.

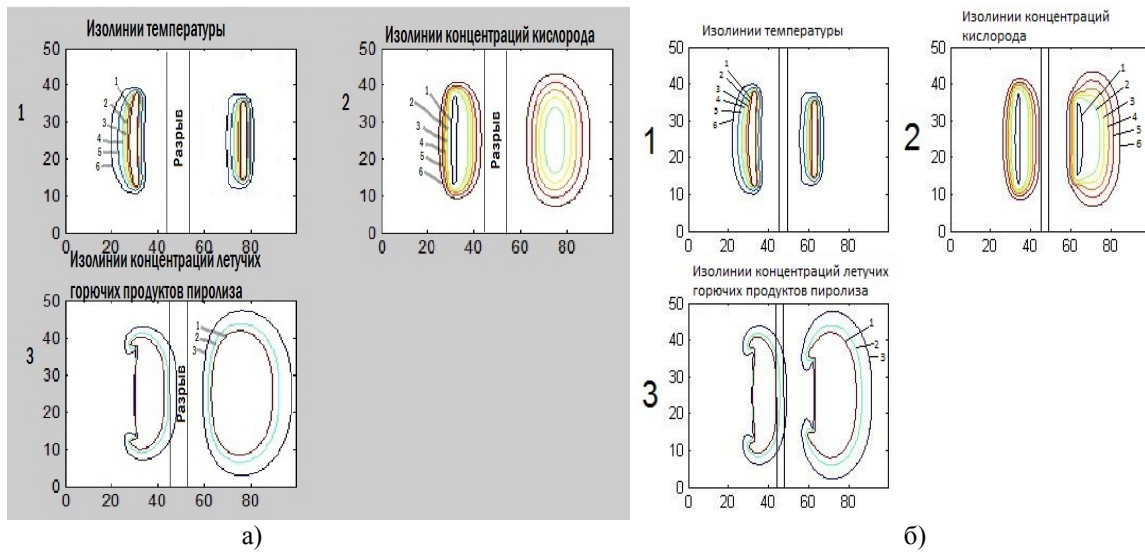


Рис. 2. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ

Из графиков видно, что в результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламениться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.

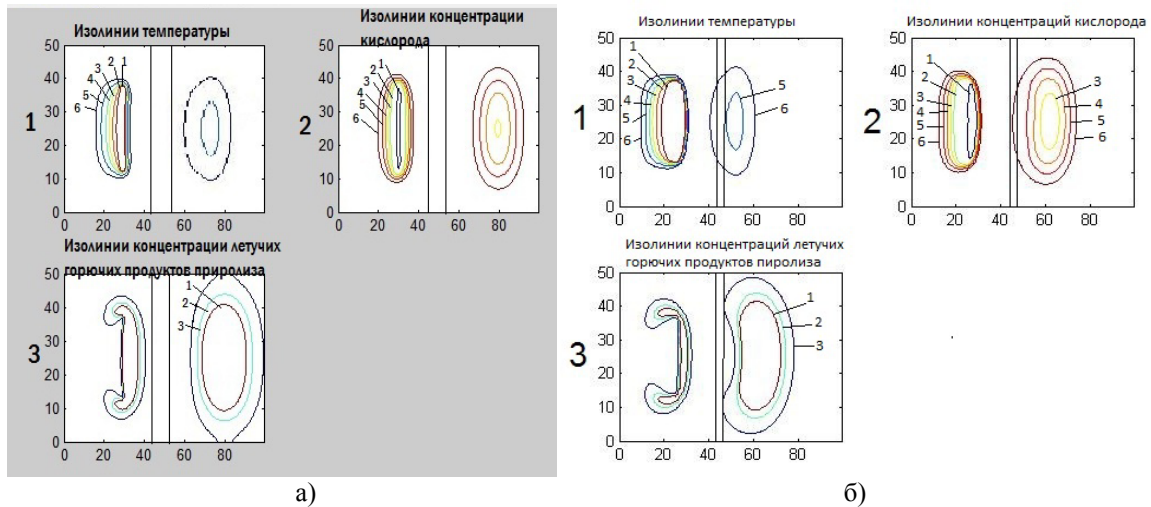


Рис. 3. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ

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 полога 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.

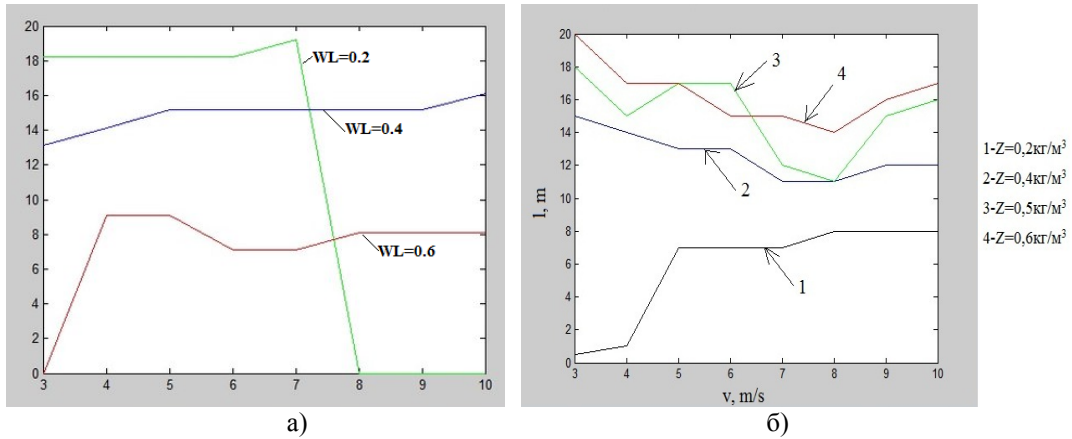


Рис. 4. Зависимость минимальной длины разрыва от скорости ветра, ширины разрыва и:
а) влагосодержания ЛГМ, б) запасов ЛГМ

По графикам можно сказать, что 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.

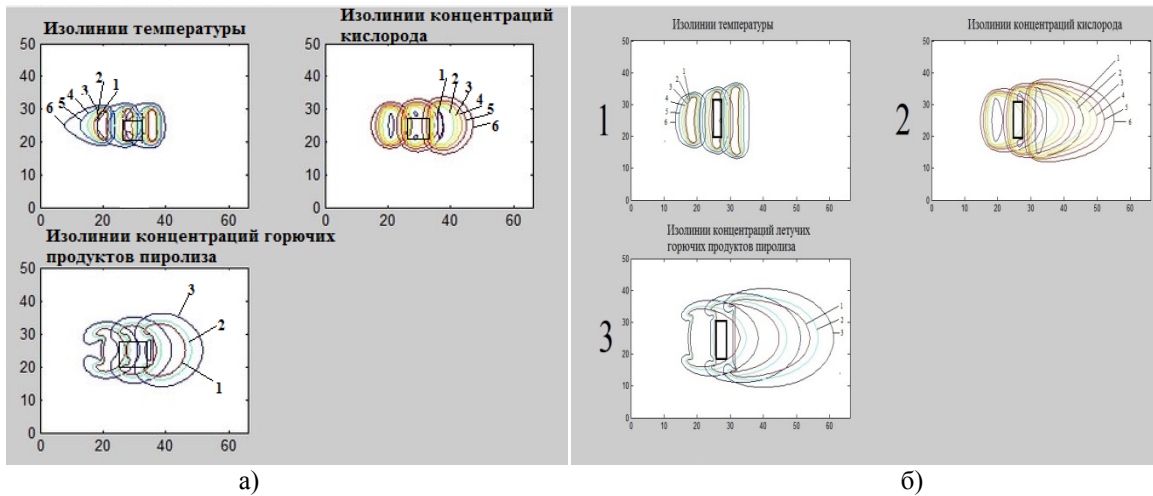


Рис. 5. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ

Из графиков видно, что в результате нагрева ЛГМ выделяются летучие продукты пиролиза, которые в дальнейшем могут воспламениться, повышать температуру горения, и, следовательно, способствовать увеличению интенсивности распространения пожара.

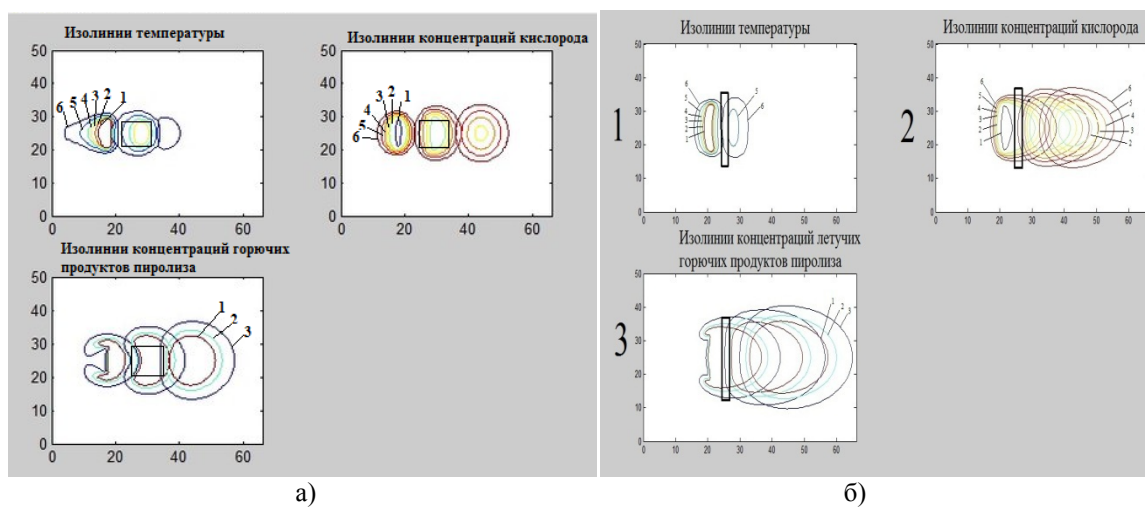


Рис. 6. Распределения линий равного уровня (изолиний) температуры, концентраций кислорода и летучих горючих продуктов пиролиза: а) зависимость от влагосодержания ЛГМ, б) зависимость от запасов ЛГМ

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 компонент 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 вырубке лишнего лесного массива, что является положительным фактором в тенденции озеленения нашей планеты.

Литература.

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 методы 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.-1104с.: ил.