

УДК 630\*432.1:911.37:519.87

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ

*Коржова Александра Юрьевна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.  
Томск*

E-mail: koralsasha96@gmail.com

## A MATHEMATICAL MODEL OF THE IMPACT OF FOREST FIRES ON SETTLEMENTS

*Korzhova Aleksandra Yuryevna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация.** Статья посвящена проведению математического моделирования воздействия лесных пожаров на населенные пункты для определения безопасных расстояний от лесного массива до зданий. Подход к моделированию основан на использовании стандартных нестационарных двумерных уравнений сохранения, которые решаются численно при входных условиях, характерных для крупных лесных пожаров.

**Abstract:** The article is devoted to the mathematical modeling of the impact of forest fires on human settlements to determine the safe distance from the forest to the buildings. The modeling approach is based on the use of standard non-stationary two-dimensional conservation equations, which are solved numerically under the input conditions typical for large forest fires.

**Ключевые слова:** математическая модель; населенные пункты; лесной пожар; уравнение; конечный объем; численный метод

**Keyword:** mathematical model; settlements; forest fire; equation; finite volume; numerical method

На сегодняшний день одной из актуальных проблем становится негативное воздействие лесных пожаров. Лесные пожары представляют собой проблему для ведения лесного хозяйства, эти опасные стихийные бедствия, создают угрозу для здоровья и жизни людей их материальных ресурсов, приносят огромный ущерб, негативно воздействуя на здания и сооружения, находящихся вблизи районов их возникновения и развития [1]. Лесные пожары уже в течение многих столетий приносят человечеству большой вред. Эти стихийные бедствия находятся на одном из первых мест с точки зрения вреда, как в экономической сфере, так и экологии. Экологические последствия от лесных пожаров заключаются в загрязнении атмосферного воздуха углекислым газом и продуктами пиролиза лесных горючих материалов [2]. Тушение лесных пожаров в большинстве случаев малоэффективно или невозможно, а также требует больших затрат сил и средств. Целью данной работы является разработка вычислительной методики для расчета модели, чтобы определить безопасные расстояния для построек с учетом различных метеорологических условий. При этом учитываются влияние ветра, размеры здания, высота

лесного массива, параметры лесного пожара, температура, время и другие факторы.

Верховые пожары являются наиболее угрожающим видом лесных пожаров. На долю верховых пожаров приходится большая часть выгоревшей площади. Для тушения верховых лесных пожаров требуется большое количество материальных ресурсов, а в некоторых случаях тушение невозможно и часто не эффективно. В связи с этим актуальным является изучение данного вида пожаров и его воздействие на окружающие объекты, в частности населенные пункты, расположенные вблизи лесных массивов.

Проведение экспериментальных исследований для изучения лесных пожаров являются опасными и дорогостоящими. Поэтому интерес представляют теоретические методы исследования. Метод математического моделирования дает возможность описывать наиболее важные характеристики лесного массива, приземного слоя атмосферы и условия распространения лесных пожаров. Таким образом, с помощью математических моделей можно исследовать процесс возникновения и распространения лесных пожаров и их воздействие на населенные пункты.

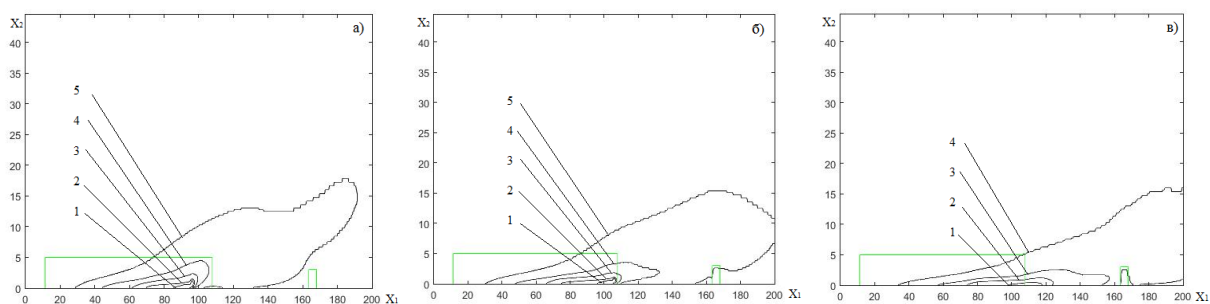
Предполагаем, что на напочвенном покрове имеется область повышенной температуры, то есть очаг низового пожара, который имеет некие размеры, на определенной высоте, над пологом леса, задана скорость ветра. Под воздействием данного очага горения происходит инертный прогрев лесных горючих материалов в пологе леса, из них испаряется влага, далее происходит пиролиз с выделением конденсированных и летучих продуктов пиролиза, которые затем воспламеняются. Формируется фронт горения, который перемещается по пологу леса под действием ветра. Если вблизи лесного массива находится здание, то фронт пламени оказывает на него тепловое воздействие за счет переноса энергии излучением, конвекции и переноса горящих частиц. В результате возможно воспламенение данного объекта. Рассмотрим схематично область рассматриваемого процесса. Ось  $Ox_2$  направлена вверх, а ось  $Ox_1$  – направлена параллельно поверхности земли (данная ось совпадает с направлением ветра). На рис. 1 представлена схема данного процесса:



Рис. 1. Схема распространения лесного пожара

Для решения поставленной задачи используем метод контрольного объема. Расчетную область разбиваем на определенное количество непересекающихся контрольных объемов так, чтобы каждая точка узла содержалась только в одном объеме. Вторым этапом является интегрирование дифференциального уравнения по каждому контрольному объему. Полученный в результате интегрирования дискретный аналог выражает закон сохранения для параметра состояния  $\Phi$  в каждом конечном контрольном объеме [5].

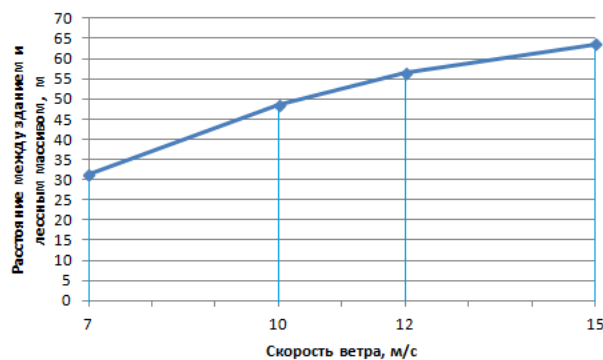
В данной работе в результате математического моделирования были получены расстояния, на котором следует располагать деревянные постройки в зависимости от скорости ветра, чтобы не произошло возгорание. В результате численного интегрирования получены поля температур для разных скоростей и при различных расстояниях постройки от лесного массива. Для визуализации полученных результатов и построения графиков используем программу MATLAB. На рис. 2 приведены распределения изолиний воздействия очага пожара на деревянную постройку. Числами 1 – 4; 2 – 3; 3 – 2; 4 – 1,5; 5 – 1,2 обозначены значения изотерм безразмерной температуры, которая определяется следующим образом:  $T = T/T_e, T_e = 300\text{K}$ .



*Рис. 2. Распределения изолиний воздействия очага пожара на деревянную постройку на расстоянии 53 м: а) при скорости ветра 10 м/с б) при скорости ветра 12 м/с в) при скорости ветра 15 м/с*

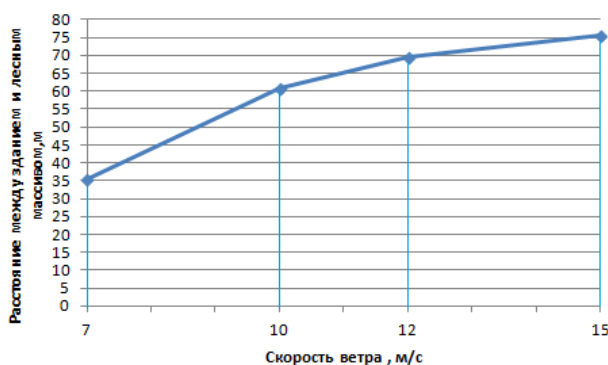
На основании изменений распределений изолиний можно сделать вывод о перемещении фронта пожара по направлению ветра (ось  $x_1$ ) и его расширению в направлении ветру по оси  $x_2$ .

По рис. 3 видно что, при увеличении скорости ветра увеличиваются размеры зоны зажигания.



*Рис. 3. Зависимость расстояний, при которых произойдет возгорание, при различных скоростях ветра при высоте строения в 3 метра*

Из расчетов можно сказать, что безопасным расстоянием для деревянной постройки и жизни людей от лесного массива является 63 м.



*Рис.4. Зависимость расстояний, при которых произойдет возгорание, при различных скоростях ветра при высоте строения в 6 метров*

Из данного графика (см. рис.4) можно сделать вывод, как и в предыдущем графике, что размеры зоны зажигания увеличиваются при увеличении скорости ветра. Зажигание высоких зданий возможно на больших расстояниях. Из расчетов можно сказать, что безопасным расстоянием для деревянной постройки и жизни людей от лесного массива является 76 м для заданных при расчетах характеристиках лесного массива и метеоусловиях, а также параметрах здания.

С помощью представленной модели определены безопасные расстояния от правого края лесного массива до деревянной постройки при различных скоростях ветра. Результаты расчётов могут быть использованы для оценки теплового воздействия на здания, находящиеся в лесном массиве при лесных пожарах.

### Список литературы

1. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Лесные пожары в Российской Федерации (состояние и последствия) / Технологии гражданской безопасности. – 2006. – №630(9). – С. 12-21.

2. Федеральное агентство лесного хозяйства [Электронный ресурс] / URL: [http://rosleshoz.gov.ru/activity/forest\\_security\\_and\\_protection/fires/docs](http://rosleshoz.gov.ru/activity/forest_security_and_protection/fires/docs), свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 11.03.2018 г.

3. Официальный сайт ФБУ "Авиалесоохрана". [Электронный ресурс/ URL: <https://aviales.ru/> , свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 11.03.2018 г.

4. Перминов В. А. Математическое моделирование возникновения верховых и массовых лесных пожаров / Вестник Томского Государственного Университета – 2010. – 283 с.

5. Фрянова К.О., Перминов В.А. Воздействие лесных пожаров на здания и сооружения / Инженерно-технических журнал №7 – 2017. –С.15–22.

6. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости // Энергоатомиздат, – 1984. – С.46– 89 .

УДК 616.831-005.4-073.97-71:681.586

## **ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФ НА НАНОСЕНСОРАХ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ДО 10КГц**

*Кузьмин Алексей Сергеевич, Южаков Михаил Михайлович, Авдеева Диана Константиновна, Наталинова Наталья Михайловна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск*

E-mail: king.magician.aim@gmail.com

## **ELECTROENCEPHALOGRAPH ON NANOSENSORS FOR REGISTRATION OF BRAIN BIOPOTENTIALS IN A RANGE OF FREQUENCIES UP TO 10 KHZ**

*Kuzmin Aleksey Sergeevich, Yuzhakov Mikhail Mikhailovich, Avdeeva Diana Konstantinovna, Natalinova Natalia Mikhailovna  
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** Представлены методы исследования структуры головного мозга человека. Рассмотрены современные электроэнцефалографы, используемые в медицине. В статье описывается разработка электроэнцефалографа для регистрации сигналов ЭЭГ при помощи наносенсоров. Электроэнцефалограф с расширенным диапазоном частот дает возможность регистрировать биопотенциалы для получения дополнительных данных с целью использования исследованиях гамма-ритмов.

**Abstract:** Methods for studying the structure of the human brain have been studied. The modern electroencephalographs used in medicine are considered. The article describes the development of an electroencephalograph for recording EEG signals with the help of nanosensors. An electroencephalograph with an extended frequency range makes it possible to register biopotentials to obtain additional data for the purpose of using gamma-rhythms.

**Ключевые слова:** Электроэнцефалография, электроэнцефалограф, биопотенциал мозга, ритм, наносенсор.