

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ДВУМЕРНОГО ФРОНТА ВЕРХОВОГО ПРИРОДНОГО ПОЖАРА

*Коржова Александра Юрьевна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

E-mail: koralsasha96@gmail.com

## MATHEMATICAL MODELING OF THE PROPAGATION OF THE TWO-DIMENSIONAL FRONT OF A TOP NATURAL FIRE

*Korzhova Aleksandra Yuryevna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** в статье приводится двумерная математическая модель очага горения в лесном массиве, который развивается во времени, в следствии подвергает тепловому воздействию находящуюся вблизи деревянную постройку. В работе проведены расчеты, на основании которых построены зависимости, по результатам данных расчетов получены безопасные расстояния от лесного массива до деревянной постройки с учетом различных метеорологических условий. Приведены численные расчёты с решением нестационарных двумерных уравнений сохранения, данная задача решается численно, входные условия характерны для крупных природных пожаров.

**Abstract:** the article presents a two-dimensional mathematical model of a combustion center in a forest, which develops over time, and as a result exposes a nearby wooden building to heat. In the work, calculations were carried out, on the basis of which dependencies were built, based on the results of these calculations, safe distances from a forest to a wooden building were obtained, taking into account various meteorological conditions. Numerical calculations with the solution of non-stationary two-dimensional conservation equations are presented, this problem is solved numerically, the input conditions are typical for large wildfires.

**Ключевые слова:** математическая модель, дискретный аналог, природные пожары, уравнения, лесной массив, деревянная постройка.

**Keywords:** mathematical model, discrete analogue, natural fires, equations, woodland, wooden building.

Лес является экологически сложной системой, состоящей из хвойных пород, таких как: сосна, ель, лиственница, кедр, пихта, которые в свою очередь являются пожароопасными объектами в лесу. На сегодняшний день лес занимает 1/3 часть суши, но ранее лесные земли были намного многочисленнее, основной причиной сокращения лесных массивов послужили природные пожары, возникающие по различным причинам. Основной причиной выгорания лесов является человеческая халатность в экономических целях. Природные пожары несут разрушительный характер, губят древесину, лишают почву геоботанического покрова, приводят к ухудшению состояния прудов и водоемов, из-за большого выброса вредных паров погибают животные и растения, данное явление приводит к уничтожению жилищных построек, дачных фазенд и многому другому материальному ущербу. Поэтому для исследования используют понятие математическое моделирование техногенных и природных чрезвычайных ситуаций.

Для любой чрезвычайной ситуации характерны такие свойства как быстрота и характер развития, внезапность возникновения, неточные и неполные исходные данные, для изучения и предсказания развития природного пожара в данной работе также используется понятие математического моделирования, с помощью которого описаны физико-химические и математические процессы.

Чаще всего угрожаящим видом являются верховые природные пожары, они распространяются с большой скоростью и захватывают огромные площади лесного массива.

Такие пожары тяжело тушить, особенно если они возникают в труднодоступных местах, где необходимо использование вертолетов или тушение возможно только вручную, что занимает продолжительное время и финансовые затраты [1].

На основе экспериментальных данных в работе описано возникновение и распространение низового природного пожара, имеющего некие размеры, переходящего в верховой. Данный очаг горения развивается с увеличением скорости ветра и впоследствии возгоранию подвергается деревянная постройка, находящаяся в лесу. В задаче задаются такие параметры как: скорость ветра, влагосодержание, запас лесных горючих материалов, время распространения очага горения по массиву и параметры лесного массива и деревянной постройки [2].

На рисунке 1 схематично представлен исследуемый процесс.

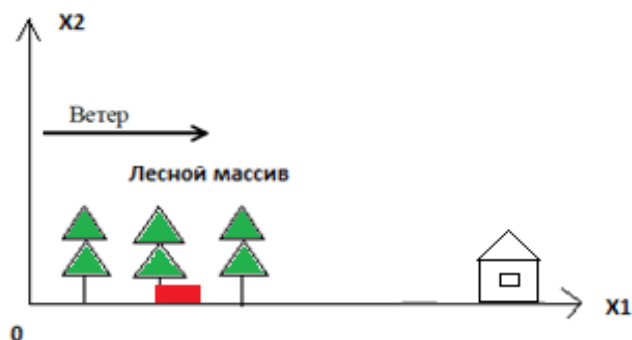


Рисунок 1 – Процесс распространения природного пожара

Расчеты проводились со следующими параметрами: параметры области высота 50 метров и длина 200 метров, лесной массив высотой 5 метров и длиной 100 метров и отдаленная от него по правую сторону деревянная постройка высотой 3 метра. Температурное значение находится в диапазоне от начального значения  $T_e = 300$  К до температуры горения  $T_g = 1500$  К, запас ЛГМ в лесном массиве  $0,2$  кг/м<sup>3</sup>, влагосодержание ЛГМ в лесном массиве  $0,6$ , скорость ветра  $10$  м/с и  $15$  м/с, в разный момент времени. На рисунке 2 приведены безопасные расстояния, полученные в ходе исследования [3].

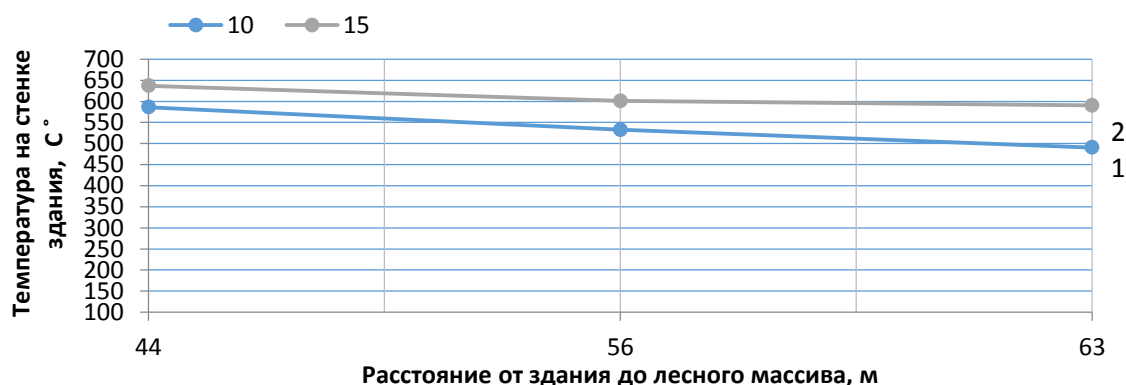


Рисунок 2 – Зависимость температуры на стенке здания от расстояния при разной скорости ветра (1-10,2-15 м/с)

Из рисунка видно, что при разной скорости ветра, меняется и расстояние, на котором возможно зажигание деревянной постройки.

Далее рассмотрим распределение температуры на стенке здания в момент времени 23 и 27 секунд.

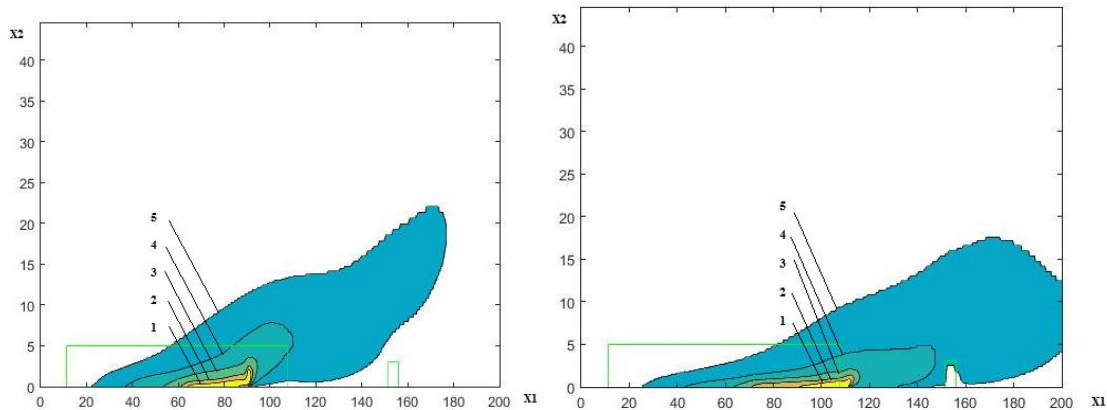


Рисунок 3 – Распределения изотерм воздействия очага пожара на деревянную постройку в момент времени 23 секунды при скорости ветра а) 10 м/с б) 15 м/с

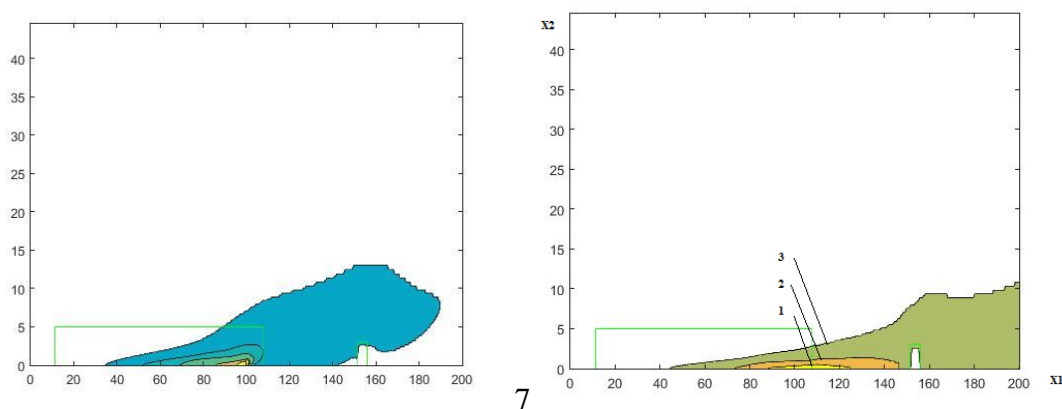


Рисунок 4 – Распределения изотерм воздействия очага пожара на деревянную постройку в момент времени 27 секунд при скорости ветра а) 10 м/с б) 15 м/с

На основании изменений распределений изолиний сделаем вывод о перемещении фронта пожара по направлению ветра (ось  $x_1$ ) и его расширению в направлении ветру (ось  $x_2$ ), а также с увеличением времени распространения очага горения, увеличивается температура на стенке постройки, при продолжительном воздействии теплового потока постройка сгорает.

На рисунке 5 приведены зависимости, скорости распространения фронта очага пожара от скорости ветра 10,12,15 м/с и запаса лесных горючих материалов.

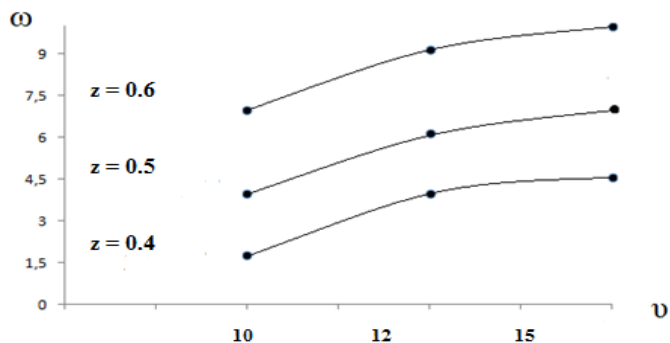


Рисунок 5 – График зависимости скорости распространения фронта верхового лесного пожара от скорости ветра при различных запасах ЛГМ

Из графика видно, что скорость распространения фронта пожара зависит от запаса лесных горючих материалов, таким образом, чем больше запас лесных горючих материалов, тем скорость распространения фронта лесного пожара больше.

Далее рассмотрена зависимости размеров опасных зон от скорости ветра, результаты приведены ниже на рисунке 6.



Рисунок 6 – Зависимость опасных зон зажигания, при различных скоростях ветра при высоте лесного массива 3 метра

По результатам графика видно, как параметры высота лесного массива влияют на безопасные расстояния, и при увеличении скорости ветра увеличиваются и безопасные расстояния от лесного массива до деревянной постройки [4].

В заключении можно сказать, что все приведенные расчеты могут быть использованы для моделирования более крупных природных пожаров. Программы, используемые в данной работе для моделирования, могут быть предложены в заинтересованные организации, для исследования на практике.

#### Список литературы

1. Официальный сайт ФБУ "Авиалесоохрана". [Электронный ресурс/ URL: <https://aviales.ru/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 11.10.2020 г.
2. Перминов В. А. Математическое моделирование возникновения верховых и массовых лесных пожаров / Вестник Томского Государственного Университета [Электронный ресурс/ URL: <https://www.dissercat.com/content/matematicheskoe-modelirovanie-vozniknoveniya-verkhovykh-i-massovykh-lesnykh-pozharov/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 04.11.2020 г.
3. Гришин А.М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые методы борьбы с ними//А.М. Гришин – г. Новосибирск: Наука. Сиб отд-ние, 1992 – 408с.
4. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости // Энергоатомиздат, – 1984. – с.46– 89.