

## СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ В ОБЛАСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Сопруненко Э.Е., Перминов В.А.

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. Перминов В.А.  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
E-mail: soprunenko.elina@yandex.ru

### Введение

Лесной пожар представляют собой чрезвычайно сложное и разрушительное природное явление, интенсивность тепло- и массовыделения которого зависит от множества факторов, основными из которых являются: вид и количество лесных горючих материалов (ЛГМ) и метеорологические условия. Область исследования находится на стыке ряда таких дисциплин, как: механика сплошных сред, лесная пирология, экология и т.д. Исходя из вышесказанного, необходимо выбрать такой метод исследования, который с одной стороны, позволил бы выявить характерные черты изучаемого явления и осуществить его прогноз, а с другой стороны, данный метод должен быть в материальном отношении доступным и выгодным, давать информационно емкий и адекватный результат. А в некоторых случаях, он должен выступать достойной заменой, в информационном отношении, натурным и лабораторным экспериментам в силу их дороговизны, а порой риска и невозможности реализации.

Гипотеза исследования для осуществления эффективной борьбы с лесными пожарами заключается в том, что необходимо разрабатывать новые математические модели возникновения и развития лесных пожаров различного вида (верховые, низовые, крупномасштабные и т.д.), с описанием динамики изменения состояния окружающей среды в результате воздействия очага тепло- и массовыделения на приземный слой атмосферы, а также описывающие воздействие лесных пожаров на здания и сооружения расположенные в непосредственной близости от лесных массивов (возникновение городских пожаров). Разработанная математическая модель должна быть использована для оценки и прогнозирования воздействия лесных пожаров на окружающую среду с учетом как можно большего количества факторов.

### Классификация моделей лесных пожаров

Самым важным, определяющим вопросом для исследователя остается вопрос построения и достоверного описания модели, а для этого необходимо верно расставить приоритеты в исследуемом процессе, т.е. правильно определить его первостепенные стороны, вызывающие наш научный интерес.

Начиная со второй половины XX века проблеме моделирования лесных пожаров уделялось много внимания по всему миру. За последние пол века было проделано большое количество исследований, в результате которых был разработан ряд математических моделей лесных пожаров. В большинстве научных трудов принята следующая классификация моделей лесных пожаров: теоретические или математические, эмпирические или статистические, полуэмпирические.

Теоретические модели основаны на законах тепломассопереноса и газовой динамики, включая также ряд других законов химии и физики. Запись их часто осуществляется в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных. Осуществление адекватности таких моделей весьма проблематична, но при этом они единственные описывают развитие и распространение лесного пожара с учетом совокупности основных общих и территориальных факторов, как следствие, давая возможность решить ряд задач и найти ответы на большее количество вопросов, чем в исследованиях с другими моделями.

В эмпирических или статистических моделях собираются и систематизируются данные о таких параметрах лесного пожара, как: скорость его распространения, концентрации кислорода и продуктов пиролиза вблизи очага лесного пожара и т.д. При этом сам механизм явления не будет описан, а полученные соотношения не смогут быть использованы за пределами применимости статистических данных, которые указаны в данной модели. При использовании таких моделей исследователи дают прогноз только с определенной вероятностью.

В полуэмпирических моделях, к примеру, с целью определения скорости распространения фронта пожара, используются общие законы сохранения энергии, массы и количества движения, которые записываются в виде упрощенных зависимостей, а соответствующие коэффициенты подбираются путем обобщения уже имеющейся экспериментальной информации. Такие модели применимы в ситуациях, при которых были собраны и обобщены в достаточном количестве опытные данные. Эти модели просты по сравнению с теоретическими в верификации, и при этом они более адекватны, если их сравнивать с эмпирическими (статистическими) моделями [1].

Автор работы [2] отмечает, что все существующие математические модели пожаров также можно разбить на следующие четыре группы: модели с целью прогноза изменения контуров лесного пожара; модели с целью прогноза характеристик течения, тепло- и массопереноса во фронте и зоне пожара; модели прогноза скорости распространения лесного пожара; общие математические модели, которые могут прогнозировать все характеристики как во фронте так в зоне лесного пожара. В рамках общей математической модели лес при пожаре представлен как пористо-дисперсная реакционноспособная сплошная среда, которая достаточно неоднородна по составу и структуре. Исходя из существующих оценок, типичное расстояние между деревьями на многие порядки меньше характерного размера лесного массива, это и позволяет исследователю использовать методы механики сплошной среды для математического описания лесных пожаров, для осуществления математической постановки.

#### **Этапы математического моделирования лесного пожара при детерминированном подходе**

При данном подходе исследователь выделяет в работе следующие этапы:

1. Физический анализ процесса распространения лесного пожара: определение механизма передачи энергии из фронта пожара в окружающую среду, идентификация типа среды (биогеоценоза), т.е. осуществляется постановка физической модели явления.

2. Расчет теплофизических свойств среды (коэффициентов переноса и параметров структуры среды). Вывод основной системы уравнений, описание граничных и начальных условий, т.е. математическая постановка задачи.

3. Выбор метода численного решения задачи.

4. Тестовая проверка программы. Численное решение задачи на ЭВМ.

5. Проверка адекватности полученных результатов модели. Физическая интерпретация полученных данных и выработка новых предложений о мерах борьбы с лесными пожарами.

Математическое моделирование таких многокомпонентных сложных объектов природы представляет собой единый неразрывный цикл создания от фундаментального исследования проблемы до детальных численных расчетов показателей эффективности объекта. Схема создания математической модели осуществляется по следующему алгоритму:

- вычленение того параметра или функции, которые интересуют исследователя;
- определение закона, которому подчиняется выбранный параметр;

- выбор той области, где необходимо изучить данное явление.

Уже на основе созданных математических моделей осуществляется вычислительный эксперимент, который выступает как промежуточно-связующая, теоретико-практическая реализация данного метода. Мы получаем новый способ описания реальности – вычислительный метод познания, в котором осуществляется переход от изучения реального объекта к изучению его математической модели. Пример построения компьютерной модели верхового лесного пожара представлен на рисунке 1 [3].

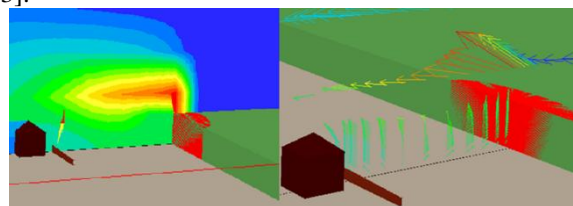


Рис. 1. Компьютерная модель верхового лесного пожара

#### **Заключение**

При изучении таких сложных многокомпонентных задач, связанных с возникновением и распространением лесных пожаров, а также изучением их воздействия на окружающую среду, методы математического моделирования являются наиболее эффективными и удовлетворяют современным требованиям, отвечая на вопросы ученого. Разработка математических моделей возникновения и распространения лесных пожаров позволяет предсказать их поведение, что способствует более эффективной борьбе со стихией огня.

#### **Список использованных источников**

1. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / Гришин А.М. – Новосибирск: Наука, 1992. – 408 с

2. Гришин А.М. О математическом моделировании природных пожаров и катастроф // Вестник томского государственного университета. – 2008. – № 2(3).

3. Сопруненко Э. Е. Математическое моделирование воздействия верховых лесных пожаров на здания и сооружения [Текст]: дис. ... магистр: 01.02.05: утв. 11.06.15 / Э. Е. Сопруненко. – 2015. – 110 с.