



ОТКРЫТАЯ НАУКА  
издательство

Международный журнал информационных технологий и  
энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 614.84:51

## ВЛИЯНИЕ МАТЕМАТИКИ НА ПОЖАРОТУШЕНИЕ

<sup>1</sup>Ряпусов А.Р., Шпаньков А.В.

*ФГБОУ ВО "УРАЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ", Екатеринбург, Россия (620062, Свердловская область, город Екатеринбург, ул. Мира, д.22), e-mail: <sup>1</sup>tolikry.990@gmail.com*

В статье рассматривается влияние математических методов, расчетов на процессы пожаротушения, что становится особенно актуальным в условиях глобального изменения климата и увеличения числа природных и техногенных пожаров в России. Математика играет ключевую роль в оптимизации распределения ресурсов, прогнозировании возникновения пожаров и моделировании процессов горения. Использование статистических методов и алгоритмов позволяет значительно повысить эффективность работы служб экстренного реагирования, минимизируя время реакции и улучшая стратегии тушения. В статье также анализируются современные подходы к автоматизации принятия решений и оценке рисков, связанных с пожарами. Результаты исследования подчеркивают необходимость интеграции математических технологий в практику пожарной безопасности для повышения уровня защиты населения и окружающей среды.

Ключевые слова: Пожаротушение, математика, модели горения, прогнозирование, оптимизация ресурсов, алгоритмы принятия решений, оценка рисков, статистический анализ.

## THE IMPACT OF MATHEMATICS ON FIREFIGHTING

<sup>1</sup>Ryapusov A.R., Shpankov A.V.

*URAL INSTITUTE OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION FOR CIVIL DEFENSE, EMERGENCIES AND ELIMINATION OF CONSEQUENCES OF NATURAL DISASTERS, Yekaterinburg, Russia (620062, Sverdlovsk Region, Yekaterinburg, Mira st., 22), e-mail: <sup>1</sup>tolikry.990@gmail.com*

The article examines the influence of mathematical methods and calculations on fire extinguishing processes, which is becoming especially relevant in the context of global climate change and an increase in the number of natural and man-made fires in Russia. Mathematics plays a key role in optimizing the allocation of resources, predicting the occurrence of fires and modeling gorenje processes. The use of statistical methods and algorithms can significantly improve the efficiency of emergency response services, minimizing reaction time and improving extinguishing strategies. The article also analyzes modern approaches to automating decision-making and assessing fire-related risks. The results of the study emphasize the need to integrate mathematical technologies into the practice of fire safety in order to increase the level of protection of the population and the environment.

Keywords: Fire extinguishing, mathematics, combustion models, forecasting, resource optimization, decision-making algorithms, risk assessment, statistical analysis.

Изучение влияния математики на пожаротушение имеет ключевое значение для повышения эффективности работы Министерства по чрезвычайным ситуациям по нескольким причинам. Статистические методы и модели машинного обучения могут использоваться для анализа исторических данных и прогнозирования вероятности возникновения пожаров в

определенных условиях, что позволяет заранее принимать меры предосторожности. Статистические методы и модели машинного обучения могут использоваться для анализа исторических данных и прогнозирования вероятности возникновения пожаров в определенных условиях, что позволяет заранее принимать меры предосторожности. Модели горения помогают понять динамику распространения огня, что позволяет более точно предсказывать его поведение и разрабатывать стратегии тушения. Алгоритмы могут использоваться для автоматизации принятия решений в экстренных ситуациях, что сокращает время реакции и повышает точность действий. Изучение алгоритмов оптимизаций или маршрутизаций для перемещения пожарных машин, статистический анализ или расчеты с моделированием при помощи программного обеспечения для симуляции сценариев тушения с помощью математических моделей позволит не только повысить эффективность работы МЧС, но и улучшить общую безопасность населения и защиту окружающей среды от последствий пожаров [1].

Математическая модель для алгоритма распределения ресурсов при тушении пожара может быть построена на основе различных подходов, включая теорию графов, линейное программирование и методы оптимизации. Рассмотрим основные компоненты такой модели.

1. Ресурсы: обозначим количество доступных ресурсов (пожарные машины, бригады, оборудование) как  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ .

2. Очаги пожара: обозначим местоположение и интенсивность каждого очага пожара как  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ , где  $f_i$  характеризуется координатами и уровнем угрозы.

3. Расстояния: расстояние между ресурсами и очагами можно обозначить как  $d(r_i, f_j)$ .

Целью модели может быть минимизация общего времени реакции или максимизация эффективности тушения. Например, целевая функция может выглядеть так:

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \cdot d(r_i, f_j),$$

где  $x_{ij}$  — бинарная переменная, принимающая значение 1, если ресурс  $r_i$  назначен для тушения очага  $f_j$ , и 0 в противном случае. Так же введем ограничения по доступным ресурсам - сумма ресурсов, назначенных для тушения всех очагов, не должна превышать доступное количество ресурсов:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1,$$

Потребности очагов: каждый очаг должен быть охвачен определенным количеством ресурсов в зависимости от его интенсивности:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq p_j,$$

где  $p_j$  — минимальное количество ресурсов, необходимых для тушения очага  $f_j$ . Время, необходимое для достижения очага, не должно превышать заданного предела. Для решения данной модели можно использовать линейное программирование, если все функции и ограничения линейны. Либо методы целочисленного программирования, для случаев, когда ресурсы должны быть распределены в целых числах. После разработки модели ее можно интегрировать в системы управления экстренными службами. Модель будет использоваться для прогнозирования возникновения новых очагов пожара на основе исторических данных, оптимизации маршрутов передвижения ресурсов, оценки рисков и принятия решений в реальном времени [2].

Компьютерное моделирование может сыграть ключевую роль в разработке математической модели алгоритма распределения ресурсов при тушении пожара, обеспечивая более эффективное и оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации. В первую

очередь, важно создать модель, которая учитывает множество переменных, связанных с распространением огня, такими как тип местности, погодные условия, наличие растительности и материалов, а также инфраструктуру в зоне пожара. Для этого можно использовать методы численного моделирования, которые позволят предсказать, как огонь будет распространяться в зависимости от этих факторов. Кроме того, важно проводить симуляции различных сценариев развития пожара. Это позволит оценить влияние изменений в погодных условиях или в структуре местности на поведение огня и на необходимость перераспределения ресурсов. Например, если ожидается изменение направления ветра, модель может пересчитать оптимальные маршруты и количество необходимых ресурсов для тушения в новых условиях [3]. Анализ исторических данных о пожарах также может быть интегрирован в модель. Используя методы машинного обучения, можно выявить паттерны и предсказать вероятность возникновения новых очагов возгорания в определенных районах. Это даст возможность заранее планировать распределение ресурсов и повышать готовность служб к потенциальным угрозам. Интерактивные карты, созданные на основе модели, могут визуализировать текущее состояние пожара и расположение доступных ресурсов. Это позволит оперативно принимать решения в реальном времени, а также улучшить координацию между различными командами и службами.

Таким образом, математика проявляется в алгоритме распределения ресурсов при тушении пожара через формализацию проблемы, создание целевых функций и ограничений, а также применение методов оптимизации для нахождения наилучших решений. Это позволяет значительно повысить эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации и минимизировать ущерб от пожаров. Применение математических подходов, таких как дифференциальные уравнения для моделирования распространения огня, статистические методы для анализа данных о пожарах и оптимизационные алгоритмы для планирования ресурсов, позволяет более точно предсказывать поведение огня и разрабатывать стратегии его тушения. Кроме того, использование математических моделей способствует улучшению подготовки пожарных служб, позволяя им принимать обоснованные решения на основе количественных данных. Это, в свою очередь, может снизить риски для жизни и здоровья людей, а также минимизировать материальные потери от пожаров. Интеграция математических методов в практику пожаротушения не только способствует более эффективному реагированию на чрезвычайные ситуации, но и открывает новые горизонты для научных исследований в области пожарной безопасности. Рекомендуется продолжать развивать и внедрять математические модели в практику, что позволит значительно повысить уровень защиты от пожаров и улучшить качество жизни в населенных пунктах.

### **Список литературы**

1. Приложение к Приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
2. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. N 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
3. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. N 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" Прил. N 6. Порядок проведения расчета и

математические модели для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара»

4. Н.Ю. Клименти «Методики расчета сил и средств для тушения пожаров» 2013 г., 27 с.
5. Л.Ю. Катаева, М.Н. Ильичева, А.А. Лоцилов Научная статья «Математическое моделирование тушения лесного пожара путем доставки воды в его очаг с помощью капсул с термически активной оболочкой». 2020 г.

## References

1. . Appendix to the Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 30.06.2009 No. 382 "Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and constructions of various classes of functional fire hazard".
  2. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated October 16, 2017 No. 444 "On approval of the Combat Regulations of fire protection units, determining the procedure for organizing fire extinguishing and conducting emergency rescue operations".
  3. Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation of June 30, 2009 N 382 "On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard" Appendix N 6. Procedure for carrying out calculations and mathematical models for determining the time of blocking evacuation routes by hazardous fire factors"
  4. N. Yu. Klimenti "Methodologies for calculating the forces and means for extinguishing fires" 2013, p.27
  5. L. Yu. Kataeva, M. N. Ilyicheva, A. A. Loshchilov Scientific article "Mathematical modeling of extinguishing a forest fire by delivering water to its source using capsules with a thermally active shell". 2020
-