

2. Гвоздев Е.В. Об оценке состояния комплексной безопасности промышленных предприятий / Е.В. Гвоздев, Ю.Г. Матвиенко // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – № 4(94). – С. 76–95.
3. Егоров А.Ф. Управление безопасностью производств на основе новых информационных технологий / А.Ф. Егоров, Т.В. Савицкая. – М.: КолосС, 2022. – 416 с.
4. Илякова И.Е. Оценка экологических последствий хозяйственной деятельности промышленного предприятия в контексте концепции экономической безопасности / И.Е. Илякова // Контентус. – 2019. – № 9(86). – С. 89–98.
5. Полина К.Е. Оценка индикаторов экономической безопасности промышленных предприятий Российской Федерации на современном этапе / К.Е. Полина // Молодежь и XXI век – 2019 : материалы IX Международной молодежной научной конференции, Курск, 22 февраля 2019 года. Том 1. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2019. – С. 356–362.

УДК 630:614.841:519.876

## РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ПРОТИВОПОЖАРНОГО РАЗРЫВА ДЛЯ ЛЕСНЫХ ВЕРХОВЫХ ПОЖАРОВ

*Белькова Татьяна Анатольевна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

E-mail: belkova\_ta@tpu.ru

## CALCULATION OF THE MINIMUM SIZE OF FIRE BARRIER FOR FOREST CROWN FIRE

*Belkova Tatyana Anatolyevna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** в настоящей статье рассмотрена возможность применения математического моделирования для расчета минимального размера противопожарного разрыва при лесном верховом пожаре. С использованием численных методов было получено распределение изолиний газовой фазы при разной ширине противопожарного разрыва. Найден минимальный размер противопожарного разрыва, который способен погасить горение.

**Abstract:** this article is about of the use of a mathematical modeling method for the spread of a crown forest fire in the presence of fire barriers. Using numerical methods, the distribution of gas phase isolines was obtained for different widths of the fire barrier. The minimum size of a fire barrier that can extinguish a fire has been found.

**Ключевые слова:** лесной пожар; горение; математическое моделирование; противопожарный разрыв.

**Keywords:** forest fire; combustion; mathematical modeling; fire barrier.

В 2023 году в России серия лесных пожаров началась в мае и охватила до 70 регионов страны. Для борьбы с пожарами в современной лесохозяйственной практике широко используются противопожарные разрывы. Противопожарные барьеры – это искусственно созданные специальные препятствия, которые способны остановить развитие и распространение лесных пожаров. Для расчета минимального размера противопожарного разрыва, а также его способности ослабить или погасить лесной пожар предложено использовать методы математического моделирования.

В процессе пожара повреждается лесной биоценоз, почвы. Сотни кубических метров летучих продуктов пиролиза и горения выбрасываются в атмосферу.

Борьба с лесными пожарами важна и достаточно сложна одновременно. Большие размеры лесных массивов усложняют работу по поиску очагов возгорания. Технические

мероприятия по очистке леса от сухого ЛГМ на больших площадях и в труднодоступных местах не представляется возможным.

Актуальным вопросом остается необходимый размер противопожарного барьера, который сможет значительно уменьшить или погасить проходящий через него пожар. Интенсивность пожара зависит от скорости ветра, влагосодержания лесного горючего материала (ЛГМ), запаса ЛГМ. Учитывая данные показатели, можно рассчитать эффективный размер противопожарного барьера.

В дополнение, количественные методы прогнозирования развития пожара и его последствий являются необходимыми для оценки экономической эффективности различных проектных решений, а также для определения тарифов на страхование ответственности и имущественного страхования при возникновении пожаров.

### **Историческая справка**

Множество исследований занимаются изучением лесных пожаров с позиции лесной пирологии, и многие работы уделяют внимание проблеме лесного пожара как явления и источника загрязнения атмосферы, среди которых А.М. Гришин, И.Ю. Шалыгина, Н.П. Курбатский, Э.Н. Валендик, Э.В. Конев, Г.А. Доррер и др.

Основные термины и понятия, используемые для борьбы с лесными пожарами, определены в документах «Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров» и ГОСТ Р 59058-2020 «Охрана окружающей среды. Защита, рациональное использование и воспроизводство лесов. Термины и определения» [1].

Тематика лесных пожаров подробно рассматривается в работах А.М. Гришина, и в данном параграфе используются основные определения и понятия, сформулированные в его монографии «Физика лесных пожаров» и других его работах.

В соответствии с исследованиями А.М. Гришина [2–3], лесной пожар можно определить, как неуправляемое многостадийное горение на открытой площади, покрытой лесом. В рамках этого явления происходят взаимосвязанные процессы конвективного и радиационного теплообмена, нагревания, сушки и пиролиза лесных горючих материалов (ЛГМ), а также горение газообразных продуктов пиролиза ЛГМ и догорание конденсированных продуктов пиролиза.

На протяжении времени можно выделить значительный контрольный объем окружающей среды – зону пожара. Внутри этой зоны параметры состояния среды отличаются от невозмущенных значений, которые определяются погодными условиями и типом растительности, вследствие физико-химических превращений, возникающих в результате лесного пожара.

Лесные пожары классифицируются по различным признакам, прежде всего, в зависимости от степени вовлечения фитомассы леса в процесс горения.

Стоит отметить, что любой реальный пожар развивается от простого низового пожара к сложному. Например, верховой пожар возникает при поджигании крон деревьев от низового лесного пожара, который продолжает распространяться почти с той же скоростью, что и павальный верховой лесной пожар. В ходе любого пожара передача тепла через конвекцию, кондукцию и перенос горящих частиц к свежей порции органической массы приводит к ее нагреванию, сушке и пиролизу.

### **Физическая постановка задачи**

Полагаем, что очаг зажигания конечные размеры. Очаг зажигания находится в начале системы координат. Ось OZ направлена вертикально вверх, оси OX и OY направлены параллельно земной поверхности. Ось OX и направление ветра также совпадают. Очаг лесного пожара под действием ветра начинает распространение по лесному массиву.

### **Математическая постановка задачи**

Математическая модель, описывающая распространение верхового пожара при наличии противопожарного разрыва, построена на основе общей математической модели лесных пожаров А.М. Гришина [4]. В данной модели лес при пожаре считается пористо-дисперсной

реакционноспособной сплошной средой, следовательно, для него применимы законы механики сплошной среды.

Учитывая, что вертикальные размеры леса гораздо меньше горизонтальных размеров, проинтегрируем систему дифференциальных уравнений теплопереноса по высоте полого леса  $h$ .

### Метод решения

Для решения используем метод контрольного объема, который представляет собой интегрирование систем ДУ в частных производных [5]. Расчетную область разбиваем на некоторое количество непересекающихся контрольных объемов так, чтобы каждая узловая точка содержалась в одном контрольном объеме. ДУ интегрируем по каждому контрольному объему. Полученные СЛАУ для всех переменных (температуры, концентрации компонент газовой фазы и т.д.) решаем итерационно при помощи алгоритма SIP.

### Результаты и их анализ

Провели численные расчеты распространения верхового пожара для скорости ветра 5 м/с, запаса ЛГМ  $0.2 \text{ кг/м}^3$  и влагосодержания 0.2 при наличии противопожарного разрыва. Ширина разрыва изменялась от 5 до 15 м. Получены распределения изолиний температуры до и после прохождения противопожарного разрыва. Температура газовой фазы определялась как  $\bar{T} = T/T_e$ , где  $T_e = 300 \text{ К}$  [6].

Приведены результаты расчетов размеров противопожарного разрыва и процесса распространения фронта верхового пожара. Ширина разрыва принята 5 м, 10 м, 15 м. Запас ЛГМ равен  $0.2 \text{ кг/м}^3$ , влагосодержание  $W=20\%$ . Преодоление лесным пожаром разрыва длиной 25 м и шириной 5 м отображено на рисунке 1.

Полученные значения распределения концентраций горючих фаз (кислорода и летучих продуктов пиролиза) до и после прохождения пожара через противопожарный разрыв показал, что разрыв шириной 5 м и длиной 25 м для верхового пожара с заданными характеристиками является неэффективным. Пожар преодолевает противопожарный разрыв шириной 5 м и длиной 25 м, и продолжает свое распространение по лесному массиву.

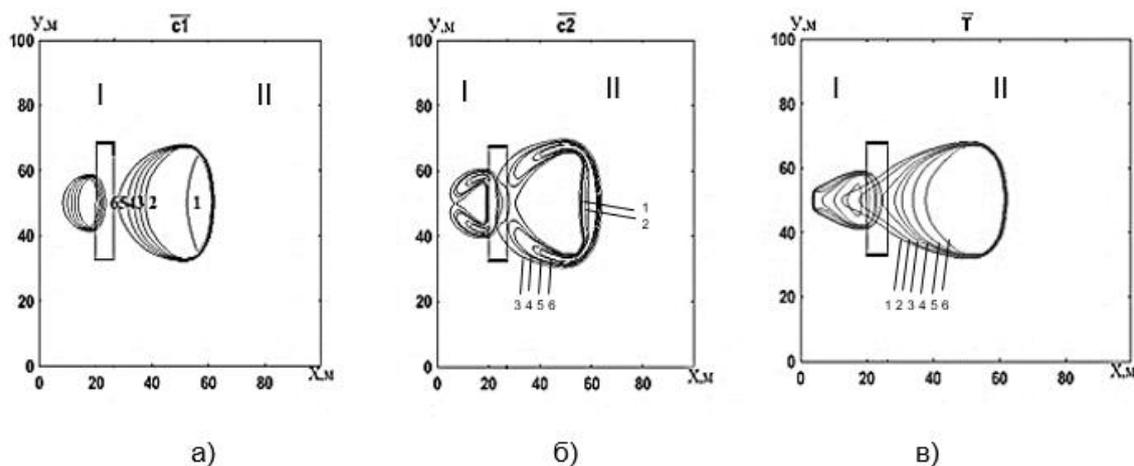


Рисунок 1 – Распределение изолиний концентрации (а–кислорода, б–летучих продуктов пиролиза, в–изотерм) при разрыве  $5 \times 25 \text{ м}$  в моменты времени  $t$ : I–3с, II–10с

Также были получены численные значения распределения изолиний концентраций кислорода и летучих продуктов пиролиза и изотерм при прохождении верховым пожаром разрыва размером  $10 \times 25 \text{ м}$  (см. рисунок 2, а–в). На рисунке видно, что верховой пожар преодолевает разрыв и продолжает распространение. Противопожарный разрыв данных размеров не эффективен.

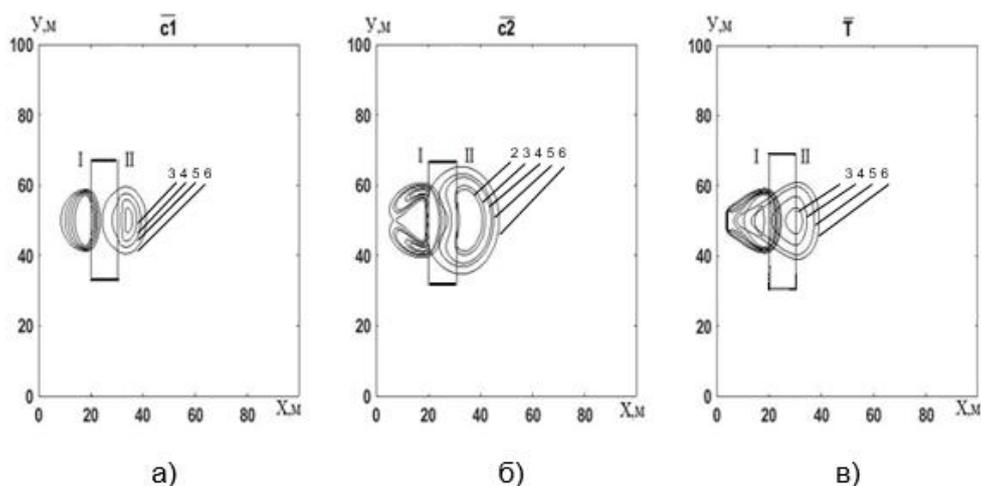


Рисунок 2 – Распределения изолиний концентрации (а – кислорода, б – летучих продуктов пиролиза, в – изотерм) при разрыве  $10 \times 25$  м, в моменты времени  $t$ : I–3 с, II–8с

При следующем опыте увеличиваем ширину разрыва до 15 м (см. рисунок 3). На рисунке видно, что, пройдя через противопожарный разрыв, верховой пожар прекращает распространение. Таким образом, можно сделать вывод, что при указанных условиях разрыв размером  $15 \times 25$  м является эффективным.

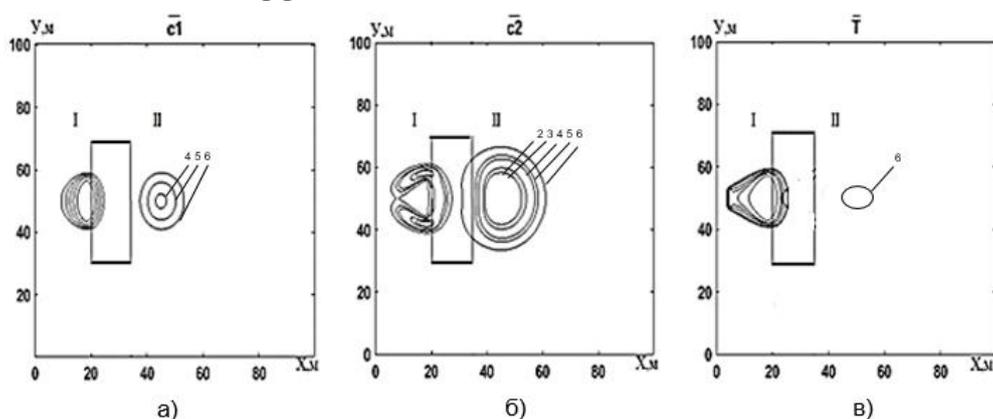


Рисунок 3 – Распределения изолиний концентрации (а – кислорода, б – летучих продуктов пиролиза, в – изотерм) при разрыве  $15 \times 25$  м, в моменты времени  $t$ : I–3 с, II–15с

**Заключение.** На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что методы математического моделирования помогают рассчитать минимальный размер противопожарного разрыва. Было получено распределение изолиний концентрации кислорода, летучих продуктов пиролиза и изотерм при противопожарном разрыве шириной 5 м, 10 м и 15 м. Противопожарные разрывы шириной 5 м и 10 м являются неэффективными, поскольку после их преодоления пожар продолжает свое распространение с той же интенсивностью. Увеличение ширины разрыва до 15 м позволяет погасить горение.

#### Список литературы

1. ГОСТ Р 59058–2020 Охрана окружающей среды. Защита, рациональное использование и воспроизводство лесов. Термины и определения (от 01.04.2021). – М : Стандартиформ, 2020. – 16 с.
2. Доррер Г.А. Оценка статистических характеристик контуров лесных пожаров / Г.А. Доррер // ФГВ. – 1978. – № 2. – С. 71–76.
3. Доррер Г.А. Теория распространения пожара как волнового процесса: Автореф.дис. д-ра техн. наук: 06.03.03. / ИЛиД СО АН СССР. – Красноярск, 1989. – 45 с.

4. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними / А.М. Гришин. - Новосибирск: Наука, 1997. – 408 с.
5. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости / С.В. Патанкар. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 124 с.
6. Перминов В.А. Математическое моделирование распространения верховых лесных пожаров при наличии противопожарных разрывов и заслонов конечных размеров / В.А. Перминов, В.И. Марзаева // Физика горения и взрыва. – 2020. – №3, т. 56. – С. 94–105.

УДК 376.3

## **СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ, КОТОРЫЕ СПОСОБНЫ ЗНАЧИТЕЛЬНО ПОВЫСИТЬ КАЧЕСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ДЕТЕЙ С РАС В РЕСУРСНЫХ КЛАССАХ ИНКЛЮЗИВНЫХ ШКОЛ**

*Бернард Анастасия Михайловна, Смагин Андрей Андреевич*

*Колледж Российского государственного социального университета, г. Москва*

*E-mail: 5361023@bk.ru, SmaginAA@rgsu.net*

## **MODERN OPPORTUNITIES THAT CAN SIGNIFICANTLY IMPROVE THE QUALITY OF EDUCATION FOR CHILDREN WITH ASD IN RESOURCE CLASSES OF INCLUSIVE SCHOOLS**

*Bernard Anastasia Mikhailovna, Smagin Andrey Andreevich*

*College of the Russian state social university, Moscow*

**Аннотация:** обучение детей с аутизмом в ресурсно-инклюзивном классе является важным шагом на пути к социальному равенству и интеграции людей с особыми потребностями в обществе. Ресурсные классы в инклюзивной школе являются эффективной формой обучения детей с аутизмом. Работа в ресурсном классе позволяет специалистам создать наиболее комфортную и адаптированную среду для каждого ребенка, что способствует их полноценному участию в учебном процессе. Благодаря особому подходу, квалифицированным педагогам и сотрудничеству с родителями, эти классы создают оптимальные условия для развития и социализации детей с аутизмом, помогая им стать полноценными членами общества.

**Abstract:** teaching children with autism in a resource-inclusive classroom is an important step towards social equality and integration of people with special needs in society. Resource classes in an inclusive school are an effective form of teaching children with autism. Working in a resource classroom allows specialists to create the most comfortable and adapted environment for each child, which contributes to their full participation in the educational process. Thanks to a special approach, qualified teachers and cooperation with parents, these classes create optimal conditions for the development and socialization of children with autism, helping them to become full-fledged members of society.

**Ключевые слова:** ресурсный класс; инклюзивная школа; расстройство аутистического сектора; качество образования.

**Keywords:** resource class; inclusive school; autism sector disorder; quality of education.

В настоящее время все больше образовательных учреждений стремятся создать условия инклюзии, чтобы обеспечить равные возможности обучения для детей с различными специальными потребностями, включая аутизм и другие расстройства аутистического спектра (РАС). Однако для достижения успешного образования в инклюзивной среде, необходимо предоставить индивидуализированную поддержку и адаптированные методы обучения. В этом контексте использование искусственного интеллекта в ресурсном классе инклюзивной школы становится все более актуальным и обещает значительно повысить качество образования для детей с РАС [1].