

## ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ЗАЖИГАНИИ ЛЕСНОГО МАССИВА СВЕТОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАЗРЫВА ГАЗОПРОВОДА

*Акчина Суркурай Сергеевна*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*

E-mail: akchinas@mail.ru

## NUMERICAL SOLUTION OF THE PROBLEM OF FOREST IGNITION BY LIGHT RADIATION AS A RESULT OF GAS PIPELINE RUPTURE

*Akchina Surkuray Sergeevna*

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Аннотация:** В данной работе представлена математическая модель и численные результаты зажигания лесного горючего материала (ЛГМ) световым излучением в результате разрыва газопровода с образованием «огненного шара» (ОШ). При численном решении учитываются параметры лесного массива (масса топлива, влажосодержание и запас ЛГМ) и коэффициент ослабления излучения пологом леса. Проблема взрывов в нефтехимической промышленности с образованием ОШ является сегодня актуальной для многих стран, включая и РФ. Разработана компьютерная программа, которая используется для определения безопасных расстояний от объектов повышенной опасности (ОПО) до лесных массивов.

**Abstract:** This paper presents a mathematical model and numerical results of ignition of forest combustible material by light radiation as a result of a gas pipeline rupture with the formation of a "fireball". The numerical solution takes into account the parameters of the forest (fuel mass, moisture content and supply forest combustible material) and the coefficient of radiation attenuation canopy. The problem of explosions in the petrochemical industry with the formation of OSH is today relevant for many countries, including Russia. A computer program has been developed that is used to determine safe distances from high-risk objects to forests.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, огненный шар, лучистое тепловое излучение, газопровод, зажигание.

**Keywords:** mathematical modeling, fireball, heat radiation, gas pipeline, ignition.

Развитие системы магистральных газопроводов (МГ) нашей страны проходит высокими и быстрыми темпами, осваиваются новые месторождения, прокладываются новые газопроводы, строятся новые линейные газопроводы, также активно эксплуатируются МГ, которые были построены на заре становления магистрального газопроводного транспорта. Таким образом, на сегодняшний день эксплуатируются газопроводы различного возраста и технического состояния. Поэтому их безопасная эксплуатация является одной из актуальных проблем в наше время. Аварии, возникшие на объектах МГ, могут привести к большим экономическим потерям и нанести значительный ущерб окружающей среде [1]. Один из вероятных сценариев развития аварии на магистральном газопроводе является разрыв газопровода с воспламенением газа и образованием ОШ (см. рисунок 1) [2]. Облако пара, смешанное с воздухом, но с преобладанием горючего вещества, не способное объемно детонировать, начинает гореть вокруг своей внешней оболочки и вытягивается, образуя ОШ. «Огненный шар» представляет угрозу близлежащим объектам, ведь он излучает тепло, которое может вызвать пожары [3].



Рисунок 1 – Сценарий развития аварии на магистральном газопроводе

Лес как экологическая система представляет собой структурный слой на поверхности земли, имеющий в своем составе разные компоненты, где каждый из которых может рассматриваться как отдельный лесной горючий материал. В зависимости от особенностей, возраста и определенных характеристик растений в лесу развивается многоярусная система (см. рисунок 2) [4].

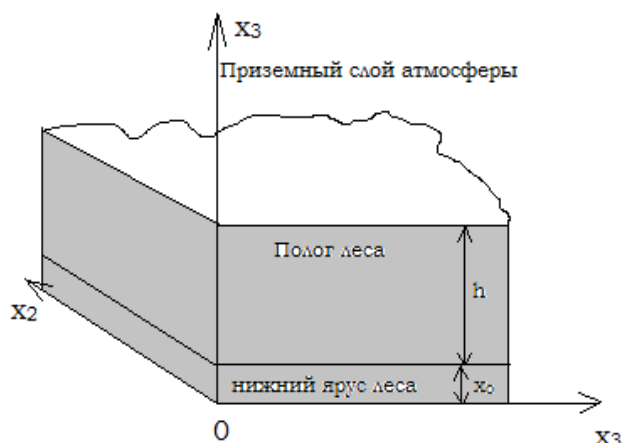


Рисунок 2 – Расположение лесных горючих материалов в лесном массиве

Была решена численная задача зажигания растительного покрова вследствие воздействия интенсивного теплового потока от ОШ (см. рисунок 3). Описание процесса зажигания лесных массивов лучистой энергией осуществляется системой дифференциальных уравнений, выражающих законы сохранения массы, импульса, энергии и концентрации компонентов в рассматриваемой области. Данная постановка задачи получена на основе общей математической модели лесных пожаров с соответствующими начальными и граничными условиями [5].

Главной задачей при решении было нахождение зависимости между радиусом зажигания растительности при взрыве углеводородов с образованием ОШ и такими параметрами как влагосодержание лесного горючего материала (ЛГМ) и коэффициент ослабления пологом леса интенсивности теплового излучения. С помощью численного

решения представленной задачи становится возможным оперативно определить радиус зажигания лесного массива при аварии, где на лесной массив будет воздействовать тепловой поток с поверхности ОШ.

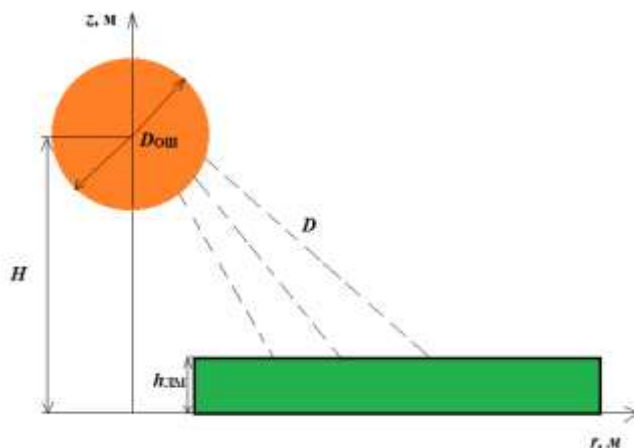


Рисунок 3 – Схема процесса зажигания лесного массива

В качестве основных влияющих на процесс зажигания параметров выступают масса топлива, запасы и влагосодержание ЛГМ, коэффициент ослабления излучения пологом леса. Численное решение задачи осуществляется в пакете Visual Studio с соответствующим компилятором для языка Fortran.

Главной задачей при решении было нахождение зависимости между радиусом зажигания растительности при взрыве углеводородов с образованием ОШ и такими параметрами как влагосодержание лесного горючего материала (ЛГМ) и коэффициент ослабления пологом леса интенсивности теплового излучения. С помощью численного решения представленной задачи становится возможным оперативно определить радиус зажигания лесного массива при аварии, где на лесной массив будет воздействовать тепловой поток с поверхности ОШ.

В качестве основных параметров, влияющих на процесс зажигания, выступают масса топлива, запаса и влагосодержание ЛГМ, коэффициент ослабления излучения пологом леса. На рисунке 4 представлены результаты расчетов для различных масс горючего и вещества и влагосодержания ЛГМ. Как показывает график, с увеличением массы топлива и уменьшением влагосодержания ЛГМ радиус зажигания увеличивается.

Ниже на рисунке 5 представлены результаты расчетов для различных коэффициентов ослабления излучения пологом леса.

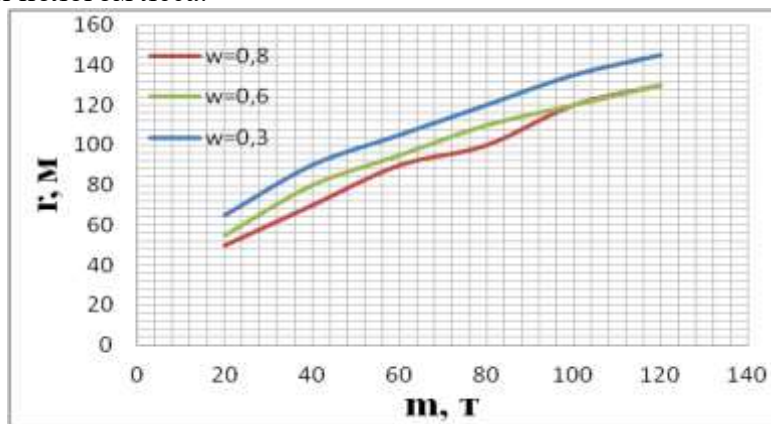


Рисунок 4 – Зависимость радиуса зажигания растительности от массы топлива

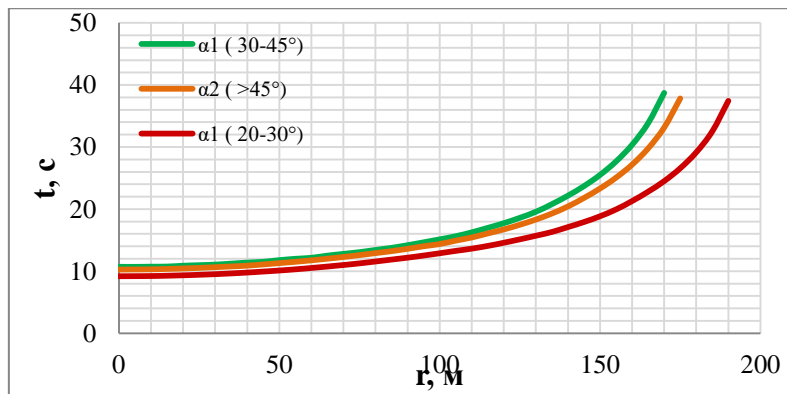


Рисунок 5 – Зависимость радиуса зажигания растительности от коэффициента ослабления пологом леса

В результате исследовательской работы, основываясь на полученных численных данных, был сделан вывод, что такой параметр безопасности как расстояние между газопроводом и лесным массивом не должен рассчитываться без учета структурных особенностей и текущих характеристик ЛГМ.

#### Список литературы

1. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2018 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/Годовой%20отчет%20за%202018%20год%203.pdf](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202018%20год%203.pdf), свободный. – (дата обращения: 20.12.2018).
2. СТО Газпром 2-2.3-400-2009 Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «Газпром». М: Газпром, 2009. 343 с.
3. Маршалл В. Основные опасности химических производств: пер. с англ. М: Мир, 1989. 682 с.
4. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, 1992. 408 с.
5. Гришин А.М., Перминов В.А. О зажигании лесных массивов в результате взрыва Тунгусского метеорита// Физика горения и взрыва (Т.29, № 6). 1993. С.8-14.

УДК 331.43:666.973.2

### СПЕЦИФИКА ВЛИЯНИЯ ПЫЛИ ЧАРОИТОВЫХ ПОРОД НА ДЫХАТЕЛЬНЫЕ ПУТИ ЧЕЛОВЕКА

*Александрова Ангелина Юрьевна, Тимофеева Светлана Семёновна*  
 ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»  
 e-mail: timofeeva@istu.edu

### SPECIFICITY OF INFLUENCE OF CHAROITE DUST DUST ON HUMAN RESPIRATORY TRACKS

*Aleksandrova Angelina YUr'evna, Timofeeva Svetlana Semyonovna*  
 FSBEI of HE "Irkutsk National Research Technical University"

**Аннотация:** при исследовании пыли поделочных камней, замечено, что в некоторых из них образуется пыль с высоким содержанием частиц нано размеров, имеющих трубчатую и игольчатую кристаллическую структуру. Не смотря на положительную сторону развития