

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: suriko_moon@mail.ru

NUMERICAL SOLUTION OF THE PROBLEM OF IGNITION OF A FOREST THE LIGHT RADIATION DUE TO THE RUPTURE OF THE PIPELINE

Akchina Surkuray Sergeevna

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Аннотация: В данной работе представлена математическая модель и численные результаты зажигания полога леса в результате разрыва газопровода с воспламенением газа и образованием «огненного шара» (ОШ) с учетом структурных особенностей и характеристик лесного горючего материала (ЛГМ) и коэффициента ослабления излучения пологом леса. Проблема взрывов в нефтехимической промышленности с образованием ОШ на данный момент является актуальной для многих стран, включая и РФ. В ходе работы была разработана компьютерная программа, которая позволяет определять безопасные расстояния от объектов повышенной опасности (ОПО).

Abstract: This paper presents a mathematical model and results of calculations of the ignition of forest canopy as a result of the gas pipeline with ignition of gas and formation of a "fireball" taking into account structural features and characteristics of forest fuel material. The problem of explosions in the petrochemical industry with the formation of fireball is currently relevant for many countries, including the Russian Federation. In the course of the work a computer program was developed that allows to determine safe distances from high-risk objects.

Ключевые слова: математическое моделирование, огненный шар, тепловое излучение, газопровод, зажигание, лесной массив.

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

На сегодняшний момент общая протяженность линейной части магистральных трубопроводов в Российской Федерации составляет более 266,4 тыс. км, из которых 188,4 тыс. км. приходится на магистральные газопроводы [1]. Разрыв газопровода с образованием ОШ представляет собой один из вероятных сценариев развития аварий [2]. Газопровод, как правило, проходит по безлюдным и незастроенным территориям, а что самое опасное, он также может пролегать вблизи отдаленных населенных пунктов, лесных массивов и иных незащищённых объектов ОС. В случае разрыва газопровода одним из основных поражающих факторов является тепловое излучение, под воздействием которого люди, оказавшиеся в радиусе поражения, могут получить серьезные травмы, а здания различные разрушения, как и в целом,

окружающая среда, прилегающая к эпицентру взрыва территории. Облако пара, смешанное с воздухом, но с преобладанием горючего вещества, не способное объемно детонировать, начинает гореть вокруг своей внешней оболочки и вытягивается, образуя ОШ. Такие ОШ крайне опасны, они излучают тепло, которое может причинить смертельные ожоги наблюдателям, а также вызвать пожары [3].

На рис. 1 представлена динамика аварийности и за 2010–2016 гг. на опасных производственных объектах магистрального газопроводного транспорта на территории РФ [1].

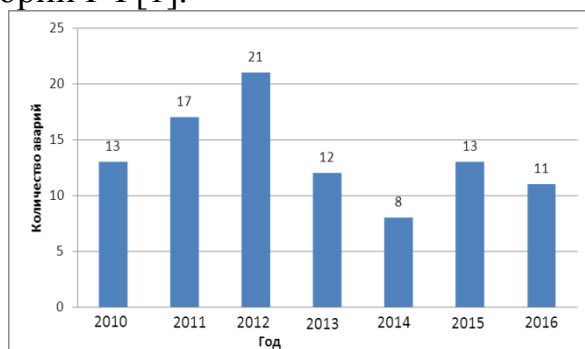


Рис.1 Динамика аварийности магистрального газопроводного транспорта за 2010–2016 гг.

Была решена численная задача зажигания полога леса вследствие воздействия интенсивного потока излучения от ОШ (см. рис. 2). Описание физико-математической модели зажигания лесных массивов лучистой энергией в квазиодномерной постановке осуществляется системой дифференциальных уравнений выражающих законы сохранения массы, импульса, энергии. Математически данная задача сводится к решению системы дифференциальных уравнений на основе общей математической модели лесных пожаров А.М. Гришина [4]. Для получения дискретного аналога задача решается с помощью метода контрольных объемов. Полученный дискретный аналог решается с помощью метода TDMA [5]. Численное решение задачи осуществляется в пакете Visual Studio 2008 соответствующим компилятором для языка Fortran.

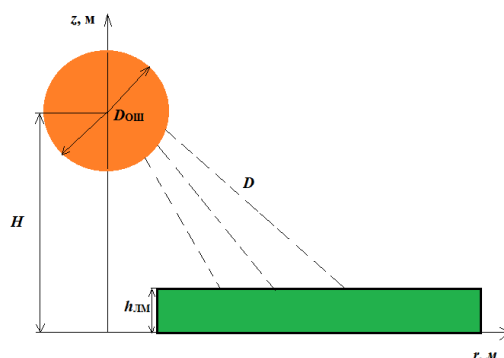


Рис.2 Схема процесса зажигания лесного массива

Главной задачей при решении было нахождение зависимости между радиусом зажигания растительности при взрыве углеводородов с образованием ОШ и такими параметрами как ЛГМ и коэффициент ослабления теплового излучения пологом леса. На основе полученных численных расчетах будет определяться определяющий параметр безопасности, а именно безопасное расстояние от газопровода до лесных угодий.

С помощью численного решения представленной задачи становится возможным оперативно определить радиус зажигания лесного массива при аварии, где на верхнюю границу полога леса будет воздействовать лучистый поток с поверхности ОШ, появившегося в результате взрыва на производственном ОПО.

В качестве основных влияющих на процесс зажигания параметров выступают масса топлива, запас и влагосодержание ЛГМ, коэффициент ослабления излучения пологом леса. На рис. 3 представлены результаты расчетов для различных коэффициентов ослабления излучения пологом леса. Как показывает рис. 3, на величину радиуса зажигания растительного покрова r^* влияют угол наклона сосновых игл, а также общая поглощающая поверхность в вертикальном столбе растительности, которые выражаются через коэффициент ослабления пологом леса. При уменьшении угла наклона хвоинок и общей поглощающей поверхности в вертикальном столбе растительности радиус зажигания растительности увеличивается.

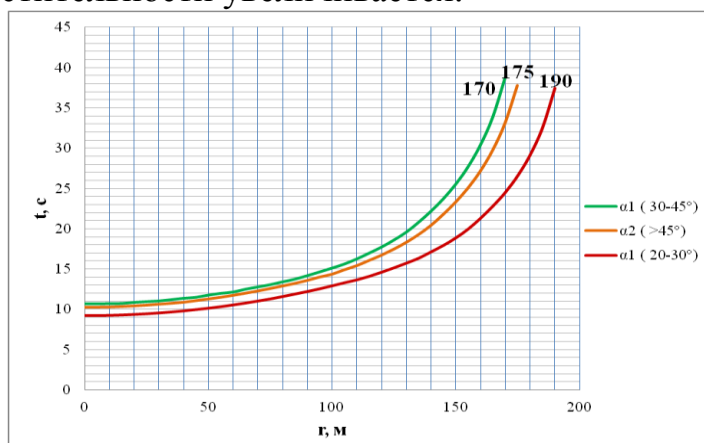


Рис. 3 Зависимость радиуса зажигания растительности от коэффициента ослабления пологом леса

Ниже на рис. 4 представлены результаты расчета изучения влияния влагосодержания ЛГМ на радиус зажигания полога леса. Как показывает график с уменьшением влагосодержания ЛГМ радиус зажигания увеличивается.

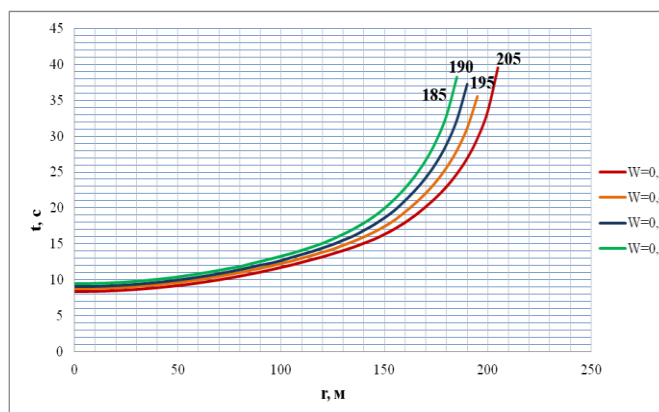


Рис. 4 График зависимости радиуса зажигания от влагосодержания ЛГМ

Решение поставленной задачи позволяет прогнозировать опасные зоны поражения и как следствие, обосновывать управленческие решения по ликвидации последствий аварии и принятия ряда превентивных мероприятий для их предотвращения.

Список литературы:

1. Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору в 2016 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/Годовой%20отчет%20за%202016%20год%203.pdf, свободный. – (дата обращения: 20.12.2017).
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., Перминов В.А. О зажигании лесных массивов в результате взрыва Тунгусского метеорита // Физика горения и взрыва (Т.29, № 6). 1993. С.8-14.
5. Патанкар С. В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1971. 128 с.