

8. Федоров А.В., Членов А.Н., Лукьянченко А.А., Буцынская Т.А., Денехин В.Ф. Системы и технические средства раннего обнаружения пожара: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 160 с.
9. Zhuiykov S. Novel sensor-actuator device for early detection of fire // Sens. and Actuators. A. – 2008–T. 141–№1. – С. 89–96.
10. Technical article // IEN: Ind. Eng. News - Eur. – 2010, T. 36, N12. – С.16.
11. Bomse D.S., Hovde D.Sh., Chen Shin-Juh, Silver J.A. // Proc. SPIE. – 2002, T. 4817. – С. 73-81.
12. Wiseberg A. Keeping a close eye on fire // Fire – 2003. – Т. 96. – №1182. – С. 34–35.
13. Caught on camera // Fire Prev. and Fire Eng. J. – 2004, Aug. – С. 36–37.
14. Johnson P.F. Fire Detection in Computer Facilities: 25 Years On // Fire Technol. – 2010. – Т. 46. – №4. – С. 803–820.
15. Jones, M. Saving the tunnel customer // Tunnels and Tunnel. Int. – 2010, Oct. – С. 36–40.
16. Engelhaupt D., Reardon P., Blackwell L., Warden L., Ramsey B. Autonomous long-range open area fire detection and reporting // Proc. SPIE. – 2005. – Т. 5782. – С. 164–175.
17. Sadok M., Zakrzewski R., Zelif B. Video-based cargo fire verification system with fuzzy inference engine for commercial aircraft // Proc. SPIE. – 2005. – Т. 5679. – С. 99–107.
18. Cowlard A., Jahn W., Abecassis-Empis C., Rein G., Torero José L. Sensor Assisted Fire Fighting // Fire Technol. – 2010. – Т. 46. – №3. – С. 719–741.
19. Zhang R., Du Ji. Fuzzy clustering algorithm of early fire based on process characteristic // Key Eng. Mater. – 2010. – № 437. – С. 339–343.
20. Diamond U.V. Sensor used in fire detection system // Ind. Diamond Rev. – 2006. – №2. – С. 8.
21. Jones C. Intelligent design // Fire Risk Manag. – 2010, Aug.-Sept. – С. 24–28.
22. Kang M., Tung Truong X., Kim J.-M. Efficient video-equipped fire detection approach for automatic fire alarm systems // Opt. Eng. – 2013. – Т. 52. – №1. – С. 17002.
23. Scorfield S. Advanced views // Fire Prev. and Fire Eng. J. – 2004, Aug. – С. 28-31.
24. Luo R.C., Su Kuo L. Autonomous fire-detection system using adaptive sensory fusion for intelligent security robot // IEEE/ASME Trans. Mechatron. – 2007. – Т. 12. – №3. – С. 274–281.
25. Fireproof measure in electric systems // IEEE Trans. Power. Deliv. – 2008. – Т. 23. – №2. – С. 625.
26. Wang Sh.-J., Jeng D.-L., Tsai M.-T. Early fire detection method in video for vessels // J. Syst. and Software. – 2009. – Т. 82. – №4. – С. 656–667.
27. Cheng C., Sun F., Zhou X. One fire detection method using neural networks // Tsinghua Sci. and Technol. – 2011. – Т. 16. – №1. – С. 31–35.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЖИГАНИЯ ЛЕСА ПРИ РАЗРЫВЕ НА ТРУБОПРОВОДЕ

А.В. Румянцев

Научный руководитель: Перминов В.А., д. ф.-м. наук, проф. кафедры ЭБЖ

Томский политехнический университет,

634050, г. Томск пр. Ленина 30, тел. (3822)60-64-85

E-mail: [aleksandr.rumyancev89@yandex.ru](mailto:aleksandr.rumyancev89@yandex.ru)

*Аннотация.* Представляет интерес определение размеров возможных зон зажигания при аварийных ситуациях на трубопроводах, расположенных вблизи лесных массивов, которые сопровождаются возникновением огненных шаров. Гидродинамические процессы турбулентного переноса описываются с помощью уравнений Рейнольдса. Используется локально-равновесная модель турбулентности. Дискретный аналог получен с помощью метода контрольного объема. На основе результатов численного решения определяются значения максимальных размеров зон зажигания растительного покрова в результате аварийных выбросов горючих веществ.

*Abstract.* It is of interest to determine the size of the possible areas of ignition in an emergency pipeline located near the forest, accompanied by the emergence of fireballs. Hydrodynamic turbulent transport processes are described by the Reynolds equations. It uses locally-equilibrium model of turbulence. A discrete analogue obtained by control volume method. Based on the results of the numerical solution are determined by the values of the maximum dimensions of zones of vegetation ignition due to accidental releases of flammable substances.

## Введение

В настоящее время широко развиты все области информационных технологий. Современные информационные технологии ликвидации ЧС ускорит эффективный сбор информации и мониторинга для дальнейшего прогнозирования ЧС.

Для того чтобы достичь данных целей была смоделирована математическая модель леса при чрезвычайной ситуации на трубопроводе, которая позволит определить картина зажигания леса в результате образование огненного шара.

В дальнейшем будем производится усовершенствование программного комплекса, в которой будет собрана информации из обзора литературы для различного леса и методик определение огненного шара.

Крупная авария на промышленном предприятии происходит при изготовлении, хранениях, транспортировке легковоспламеняющихся и сжиженных газообразных топлив, при промывке резервуаров для хранения жидкого топлива; при разрыве сосудов высокого давления, при утечке газа в жилых домах. К последствию аварии относится разгерметизация оборудования и тепловое действия от выгорания теплоносителя [1]. Как правило, крупная техногенная катастрофа на объектах магистральных трубопроводах сопровождается возникновением огненных шаров [2], под воздействием которых возможно зажигание близлежащего растительного покрова [3].

Обзор литературы и методик расчета показал, что подавляющем большинстве имеющих на настоящий момент экспериментальных работа, которые были предложены различными авторами, неопределенной величиной является доля энергии, которая выбрасывается в виде теплового излучения.

Все эти значения требуют проверки от экспериментальной работы, которая в данном случае является довольно сложным, дорогостоящим и трудным для выполнения. Ввиду того, что натурные исследования в решении таких проблем невозможны, актуальными являются методы математического моделирования [4].

В математической модели используются интегральные параметры (максимальный размер огненного шара, время жизни и высота подъема горящего облака, мощность излучения с единицы поверхности) как функции массы вовлеченного топлива, полученные из эмпирических зависимостей путем обработки результатов экспериментов и экспресс-анализа аварийных ситуаций. [2].

## Постановка задачи

Считаем, что источник лучистой энергии находится на высоте  $H$  от поверхности Земли (см. рис.1). Если рассмотреть систему с точки зрения «наблюдатель-источник» будем считать, что размер источника излучения имеет конечную форму,  $d$  - расстояние от центра источника до текущей точки поверхности лесного массива,  $h$  - высота лесного массива,  $\theta$  - эпицентр,  $r^*$  - радиус зоны зажигания. На верхнюю границу  $z = h$  лесного массива действует интенсивный лучистый поток  $q_R(r, t)$ , который ослабляется по мере удаления от эпицентра  $\theta$ .

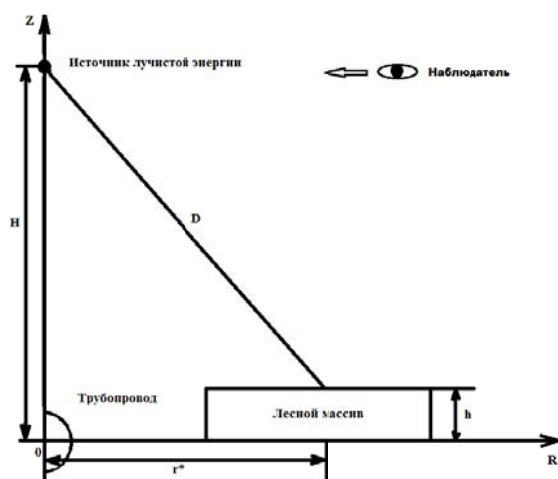


Рис. 1. Схема процесса зажигания лесного массива

массива радиусом  $r^*$ . В идеальном случае она имеет в плане форму круга. Последующее ее развитие определяется взаимодействием восходящих потоков с полем ветра, поскольку они выносят в приземный слой атмосферы и осуществляют разброс по окружающей территории твердых горящих элементов, а также метеорологическими и географическими условиями в заданном районе [4].

Поступление лучистой энергии в растительный покров ( $z_0 \leq z \leq h$ ) вызывает, нагрев лесных горючих материалов, испарение влаги и последующее термическое разложение твердого материала с выделением летучих продуктов пиролиза, которые затем воспламеняются. Из-за наличия силы тяжести, нагретые объемы воздуха начинают всплывать вверх, поэтому процессы объемного зажигания лесной растительности оказываются, в общем случае, связаны с гидродинамикой течения. Ввиду того, что на периферии от эпицентра взрыва интенсивность лучистого потока в полог леса невелика, то там не происходит зажигания. Таким образом, за время действия источника излучения формируется зона первоначального зажигания лесного

### Метод решения

Система уравнений редуцирована к дискретной форме с помощью метода контрольного объема [5]. Алгоритм решения приведенной задачи включает в себя расщепление по физическим процессам, то есть вначале рассчитывалась гидродинамическая картина, а затем решались уравнения химической кинетики и учитывались химические источники. Шаг по времени для интегрирования системы обыкновенных уравнений выбирался автоматически. Согласование полей скорости и давления осуществлялось по алгоритму SIMPLE [5]. Системы алгебраических уравнений решались с помощью метода SIP [6].

На основе изложенной математической модели проводились численные расчеты по определению картины процесса возникновения загорания лесного покрова в результате образования огненного шара и воздействия теплового излучения на подстилающую поверхность. В результате численного интегрирования получены поля массовых концентраций компонентов газовой фазы, температур, объемных долей компонентов твердой фазы. На основе этих данных определялись значения радиусов зажигания лесных массивов под действием теплового излучения огненного шара, которые зависят от влажности подстилающей поверхности и массы разлившегося горючего вещества. По полученным результатам составлена таблица зависимости радиусов размеров зон зажигания от массы разлившегося горючего вещества и влагосодержания лесных горючих материалов. Затем построены графики по данным таблицам Рис.2.

Таблица 1

Зависимости радиусов зажигания от массы разлившегося горючего вещества и влагосодержания подстилающей поверхности

Масса разлившегося горючего вещества, т	Радиус зажигания лесного покрова, м			
	Влагосодержание ЛГМ, $W$			
	0,2	0,4	0,6	0,8
10	15,8	11,3	0	0
20	24,9	21,4	18,3	14,8
30	30,9	27,4	23,9	21,9
40	36,9	33,4	28,4	24,4
60	44,9	41,9	36,9	35,4

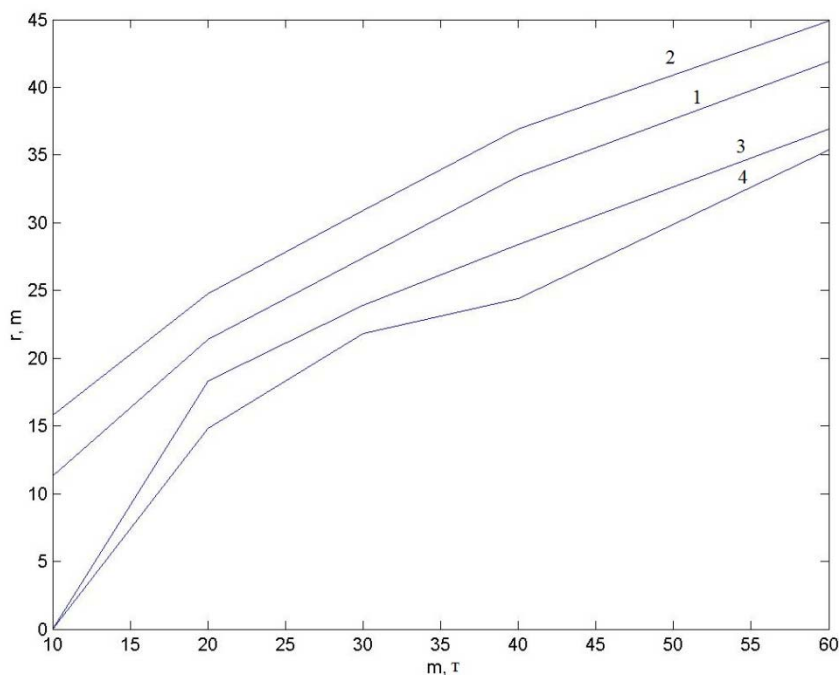


Рис. 2. Зависимости размеров зон зажигания от количества разлившегося горючего вещества для различных влагосодержаний

Радиус зажигания растительного покрова максимален при влагосодержании  $W=0.2$  и массе разлившейся горючей жидкости  $m=60$  т. С увеличением влагосодержания растительного покрова радиус зажигания уменьшается.

Полученные по предложенной методике результаты математического моделирования могут быть использованы при разработке профилактических мероприятий при эксплуатации трубопроводов, а также при ликвидации последствий аварийных ситуаций.

Литература.

1. Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др. Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х кн. В 40 Кн. 1. Пер. с англ./ Под ред. Я. Б. Зельдовича, Б. Е. Гельфанда. – М.: Мир, 1986. –319 с., ил.
2. Болодьян И.А., Шебеко Ю.Н., Карпов В.Л. и др. Руководство, по оценке пожарного риска для промышленных предприятий. ФГУ ВНИИПО, М. 2006.
3. Glastone S. (Ed.). The Effects of Nuclear Weapons, U.S. Gov't. Printing Office, Washington, 1962
4. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. - Новосибирск: Наука, 1997-. 408 с
5. Патанкар С.В. Численные метода решения задач теплообмена и динамики жидкости: - М.: Энергоатомиздат, 1984. -152 с.
6. Stone H.L., Iterative solution of implicit approximations of multidimensional partial differential equations, SIAM Journal of Numerical Analysis, 1968, 5, P.530-558.

## ИНФОРМИРОВАНИЕ КАК ОСНОВНОЙ СПОСОБ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

В.А. Юркина

Томский политехнический университет

634034, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел.: 89234063113

E-mail: varenie06@gmail.com

*Аннотация. В данной статье рассматривается использование системы мобильного комплекса информирования и оповещения населения (МКИОН) в чрезвычайных ситуациях. Рассматриваются действующий вид МКИОН и разрабатываемая система на базе легкого прицепа, применяемые при информировании населения.*

*Abstract. This article discusses the use of mobile complex system of informing and alerting the public (MKION) in emergency situations. Considered valid residence MKION and developed a system based on a light trailer, used for informing the public.*

Информирование – это доведение до органов управления, СИС РСЧС, а так же населения сигналов оповещения о ЧС, информации, и порядке действий в сложившейся ситуации.

Информирование и оповещение населения осуществляется при использовании следующих информационных ресурсов: СМС рассылка абонентам операторами сотовой связи; телевидение, радио, печатные СМИ; ГГС автомобилей спецтранспорта; интернет ресурсы; стационарные громкоговорители на остановках городского автотранспорта; системы оповещения и управления эвакуацией при пожаре (СОУЭ); стационарные телефоны; коллективные средства отображения информации организаций (светодиодные экраны МКИОН, плазменные панели); РАСЦО (региональная автоматизированная система централизованного оповещения).

Цель создания МКИОН

МКИОН позволит повысить эффективность действий населения при угрозе и возникновении ЧС, а также реабилитации пострадавшего населения в результате ЧС.

Оборудование МКИОН обеспечивает выполнение следующих функций: загрузка расписаний трансляций видеоконтента; показ предварительно записанного видео и аудио контента на экране МКИОН согласно расписанию; трансляция звукового контента с использованием громкоговорящей аппаратуры информирования и оповещения населения; накопление статистики о проведенных трансляциях; поддержка оперативного архива видеoinформации, поступающей с видеокamer МКИОН; обеспечение передачи видеoinформации с камер наблюдения в информационный центр; мониторинг радиационной обстановки; мониторинг химической обстановки; мониторинг метеорологической обстановки; передача данных мониторинга в ИЦ; обеспечение информационной безопасности; определение, архивирование и передача навигационных параметров МКИОН в ИЦ.