

УДК 614.84

*Д.П. Касымов**Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Томск, Россия*

О НЕКОТОРЫХ РАЗРАБОТКАХ СРЕДСТВ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ В ЦЕЛЯХ ОХРАНЫ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Рассмотрены разработки по устройствам локализации и тушения природных пожаров различной интенсивности, основанные на знании структуры пламени, включающего зоны сушки, нагрева, пиролиза, смешения с кислородом воздуха, воздействие на которые возможно относительно малыми энергетическими возмущениями, что позволяет минимизировать вред, наносимый окружающей среде. Показано, что использование на практике рассматриваемых технологических решений даст возможность повысить эффективность и оперативность мероприятий по борьбе с природными пожарами.

Ключевые слова: физико-математическое моделирование природных и техногенных катастроф, сопряженные задачи механики многофазных реагирующих сред, ударная волна, горение, эксперимент.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента РФ № МК – 3885.2018.8

Введение

Природные пожары происходят по всему миру приводя не только к огромным экономическим затратам, но также угрожают здоровью и жизни человека, уничтожают лесную растительность и биомассу, что, в свою очередь, влечет значительную эрозию почв под воздействием воды и ветра. Как показывает практика, количество разрозненных очагов возгорания, либо крупномасштабных пожаров, не уменьшается год от года, несмотря на усовершенствование систем прогноза систем лесной пожарной опасности. В последнее время очаги возгорания возникают в более отдаленных и заболоченных местностях, что осложняет доставку техники для их локализации. Отчасти это связано с расширением хозяйственной деятельности человека, что повышает риск появления пожара, а также вырубку доступных лесных ресурсов. Актуальность изучения воздействия очага горения на торфяники и древесину объясняется необходимостью углубленного понимания теплофизических процессов, протекающих при зажигании и горении торфа и древесины, а также изучению механизмов

перехода одного типа пожара в другой с целью уточнения существующих мер по предотвращению, локализации и тушению природных пожаров. Таким образом, изучение и способов борьбы с ними, несомненно.

В настоящее время известны и широко используются следующие основные методы борьбы с природными пожарами различной интенсивности [1]: "захлестывание" фронта низового лесного пожара; окапывание кромки лесного пожара грунтом с целью создания минерализованной полосы; тушение водой с помощью переносных ранцевых лесных опрыскивателей (РЛО) и с помощью авиации; отжиг ЛГМ; взрывные способы.

Все перечисленные способы тушения с точки зрения механизма воздействия на лесной пожар можно, в свою очередь, разделить на три группы: а) физико-механическое тушение; б) химическое тушение; в) локализация и тушение пожара с использованием ударных волн, образующихся при подрыве зарядов взрывчатых веществ (ВВ) и пороховых зарядов (ПЗ) [2]. К первой группе (а) относятся методы "захлестывания" и затирания кромки пожара ветками лиственных деревьев или вениками. Эти методы применяют при слабом горении и на легких слабозадерненных почвах при отсутствии захламления. При этом ширина заградительных полос составляет не менее 0.5 м [4]. К группе (б) относится широко используемый на практике отжиг ЛГМ перед фронтом пожара [3, 4]. Более эффективны способы локализации и тушения с применением шнуровых зарядов (в) типа ПЖВ-20 и ЭШ-1п [2]. Существенным недостатком этих зарядов является низкая эффективность использования энергии взрыва ВВ, поскольку основная энергия при подрыве рассеивается в окружающей среде [2]. Поэтому для формирования опорной минерализованной полосы необходимо увеличивать число зарядов, что приводит к возрастанию материально-технических затрат и, соответственно, повышает стоимость выполняемых работ.

В работах [5–13] рассматриваются вопросы, связанные с изучением структуры фронта пожара. Установлено, что во фронте пожара (в факеле

пламени) имеется несколько зон: прогрева природных горючих материалов (ПГМ), сушки, пиролиза, смешения продуктов пиролиза с кислородом воздуха, горения газообразных и конденсированных продуктов. Как показали исследования [6–8, 14, 15], из всех перечисленных зон самыми неустойчивыми являются зоны пиролиза и смешения продуктов пиролиза с кислородом воздуха. Соответственно, если воздействовать на них при выполнении противопожарных мероприятий и разрушить, то процесс горения прекратиться. Подобный подход к проблеме борьбы с природными пожарами, направленный на разрушение неустойчивых зон, позволяет сформулировать требования к новым способам и устройствам: это должна быть безопасность операторов-пожарных, экологическая безопасность, связанная с сохранением природных материалов, простота и надежность в исполнении устройств, высокая эффективность. Зная структуру факела пламени [3], можно использовать это для создания устройств, позволяющих малыми энергетическими возмущениями разрушать наиболее уязвимую часть пламени – зону пиролиза и смешения.

Одним из таких устройств является устройство, рассмотренное в работе [16]. Фокусировка может осуществляться с помощью насадков, имеющих различный профиль, например, эллипсоид вращения.

Экспериментальная проверка действия модели источника малых энергетических возмущений, имеющего фокусирующий насадок, на фронт низового лесного пожара, отражена в работах [17]. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Данные натуральных испытаний [17]

Тип дезинтегратора низового лесного пожара (ДНЛП)	Диаметр сечения, мм	Глубина захвата, м		Ширина захвата, м		Эффективная дальность воздействия L , м	
		$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 30^\circ$
Конусный	5	0,75	0,55	0,4	0,4	1,2	1,2
Параболический	5	0,8	0,6	0,55	0,45	1,2	1,2
Параболический	3	0,5	0,35	0,3	0,3	1,2	1,0

Эксперименты подтвердили возможность применения подобного устройства при тушении низовых лесных пожаров малой и средней интенсивности.

Кроме того в результате экспериментальных исследований вероятности воспламенения растительных горючих материалов от низового лесного пожара [14, 15], предложен ранцевый моторизованный огнетушитель как средство тушения низового лесного пожара слабой интенсивности, конструктивная схема которого представлена на рис. 1 [9].

Работа огнетушителя осуществляется следующим образом. Перед выполнением работ оператор-пожарный закрепляет на спине с помощью лямок моторизованный ранцевый огнетушитель и направляется к месту проведения работ. По прибытии, нажимает кнопку «пуск» на пульте управления 13 и запускает гидронасос 16. Огнегасящая жидкость через переходник 6 поступает к насосу 16 и подается в напорный рукав 8. Оператор-пожарный открывает кран 9, и огнегасящая жидкость из ёмкости 1 по патрубку 12 и напорному рукаву 8 подается на гидропульт 10 и через него устремляется на очаг пожара. Перфорированный защитный кожух исключает случайное механическое повреждение пульта управления.

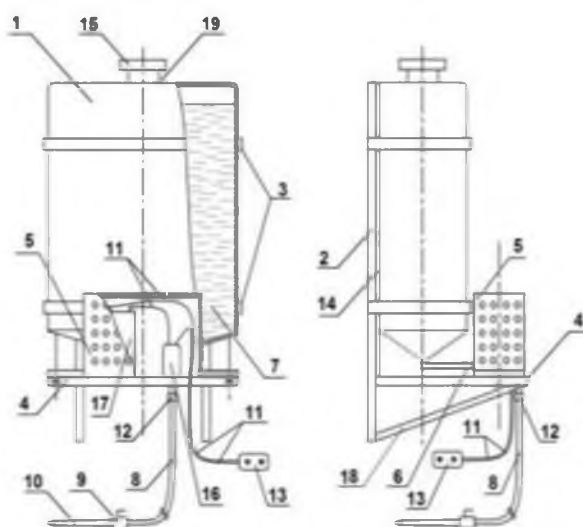


Рис. 1. Ранцевый моторизованный огнетушитель: 1 – ёмкость под огнегасящую жидкость; 2 – рама-опора; 3 – крепежные хомуты; 4 – платформа; 5 – приборный отсек в перфорированном защитном кожухе; 6 – переходник ёмкости; 7 – огнегасящая жидкость; 8 – напорный рукав; 9 – кран; 10 – гидропульт; 11 – электрокабель управления; 12 – выходной патрубок; 13 – пульт управления; 14 – защитная стенка; 15 – крышка; 16 – гидронасос; 17 – источник тока (аккумулятор); 18 – консоль; 19 – горловина

Применение предлагаемого технического решения на практике позволит увеличить безаварийный срок эксплуатации, повысить удобство в обслуживании, что позволит более оперативно локализовать и тушить природные пожары.

Заключение. В данной работе рассмотрены разработки по локализации и тушению верховых, низовых лесных и степных пожаров. Применение и учет представленных способов и методик позволит повысить оперативность и эффективность мероприятий по борьбе с природными и техногенными катастрофами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин А. М. Физика лесных пожаров. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1994. 218 с.
2. Курбатский Н. П., Валендик Э. Н. Локализация лесных пожаров накладными шнуровыми зарядами. Красноярск: Изд-во Красноярский рабочий, 1970. С. 320–332.
3. Гришин А. М. Математическое моделирование лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, 1992.
4. Гришин А. М., Зима В. П. Способ локализации низового лесного пожара. Патент на изобретение № 2345806. Заявка № 2007106509. Приоритет от 20.02.2007. Зарег. в Гос. реестре изобретений РФ 10.02.2009.
5. Mell WE, Manzello SL, Maranghides A, Butry D, Rehm RG (2010) The wildland–urban interface fire problem – current approaches and research needs. *International Journal of Wildland Fire* 19, 238–251. doi:10.1071/WF07131.
6. Гришин А.М., Ковалев Ю.М. Экспериментальное исследование воздействия взрыва конденсированных взрывчатых веществ на фронт верхового лесного пожара // Докл. СССР. – 1989. – Т. 308, № 5. – С. 1074-1078.
7. Гришин А.М., Ковалев Ю.М. Экспериментальное и теоретическое исследование воздействия взрыва на фронт верхового лесного пожара // ФГВ. – 1989. – № 6. – С. 72-79.
8. Гришин А.М., Ковалев Ю.М. Об усилении ударных волн при взаимодействии с фронтом лесного пожара // Доклады АН СССР. – 1990. – Т. 312, № 1. – С. 50-54.
9. Grishin A.M., Perminov V.A. Mathematical modeling of the ignition of tree crowns // *Combustion, Explosion and Shock Waves*, 1998, 34, 4, P.378-386.
10. Valeriy Perminov, Mathematical simulation of the origination and propagation of crown fires in averaged formulation // *Technical Physics*, 2015, V. 60, 2, P. 180-187.
11. Гришин А.М., Зима В.П., Касымов Д.П. Методы и устройства для тушения природных пожаров в рамках новой концепции борьбы с

природными и техногенными катастрофами // Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87. № 4. С. 759-766.

12. Гришин А.М., Зима В.П., Касымов Д.П. Устройства для тушения природных пожаров // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2017. № 4. С. 39-45.

13. Касымов Д.П., Зима В.П., Фатеев В.Н. Сохранение лесных экосистем при локализации природных пожаров / В книге: XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России Материалы конференции. В 2-х частях. 2017. С. 186-188.

14. Зима В.П., Касымов Д.П. Исследование воздействия очага горения на образцы древесины с помощью ик-диагностики Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89. № 2. С. 452-456.

15. Лобода Е.Л., Касымов Д.П., Якимов А.С. Моделирование теплофизических процессов при зажигании деревянной дощечки Инженерно-физический журнал. 2015. Т. 88. № 1. С. 111-121.

16. Гришин А.М., Зима В.П., Касымов Д.П. Применение взрывчатых веществ в устройствах локализации и тушения природных пожаров // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 7. С. 52–60.

17. Гришин А.М., Голованов А.Н., Зима В.П., Самойлов В.И., Цимбалюк А.Ф. Экспериментальная отработка модели дезинтегратора на фронте низового лесного пожара // Математическое и физическое моделирование сопряженных задач механики реагирующих сред и экологии: Избранные доклады международной конференции. – Томск, 2000. – Т. 1. – С. 97–101.

18. Заявка № 2015110456. МПК А62С 3/02. Ранцевый моторизованный огнетушитель для локализации и тушения природных пожаров / В.П. Зима, Д.П. Касымов, В.Н. Фатеев. Заявлено 25.03.2015 (на рассмотрении).

D.P. Kasymov

*National Research Tomsk State University,
Tomsk, Russia*

ON SOME DEVELOPMENTS ON METHODS AND DEVICES USED IN THE WILDFIRE LOCALIZATION FOR THE PROTECTION OF FOREST ECOSYSTEMS

The development of devices for localization and extinguishing of wildland fires based on knowledge of the flame structure, including the drying zone, heating, pyrolysis, mixing with oxygen in the air, using relatively small energy disturbances (shock waves), which minimizes the damage caused to the environment have been represented. Using of the considered technical solutions leading to increase the effectiveness and efficiency of activities to combat wildland fires has been shown.

Key words: physical and mathematical modeling of natural and technogenic catastrophes, conjugated problems of mechanics of multiphase reacting media, shock wave, combustion, experiment.

Поступила в редакцию 13 марта 2018