

**МЧС РОССИИ**

**ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России»  
(федеральный центр науки и высоких технологий)**

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Национальный исследовательский  
Томский государственный университет  
Механико-математический  
факультет**

# **КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ**

**Долгов А.А.** к.ф.-м.н., доцент, ведущий  
научный сотрудник 13 НИО 1 НИЦ ФГБУ  
ВНИИ ГОЧС (ФЦ)), г. Москва.  
Тел.: 8(926)5816489.  
E-mail: [dolaa@rambler.ru](mailto:dolaa@rambler.ru)

**Лобода Е.Л.** д.ф.-м.н., профессор, заведующий  
кафедрой физической и вычислительной  
механики НИ ТГУ,  
г. Томск

Тел.: 8(382)2526125.  
E-mail: [loboda@mail.tsu.ru](mailto:loboda@mail.tsu.ru)

**Ковалева Д.С.** научный сотрудник 11 НИО 1  
НИЦ ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)), г. Москва.

**Агафонцев М.В.**  
к.ф.-м.н., доцент кафедры  
физической и вычислительной  
механики НИ ТГУ, г. Томск



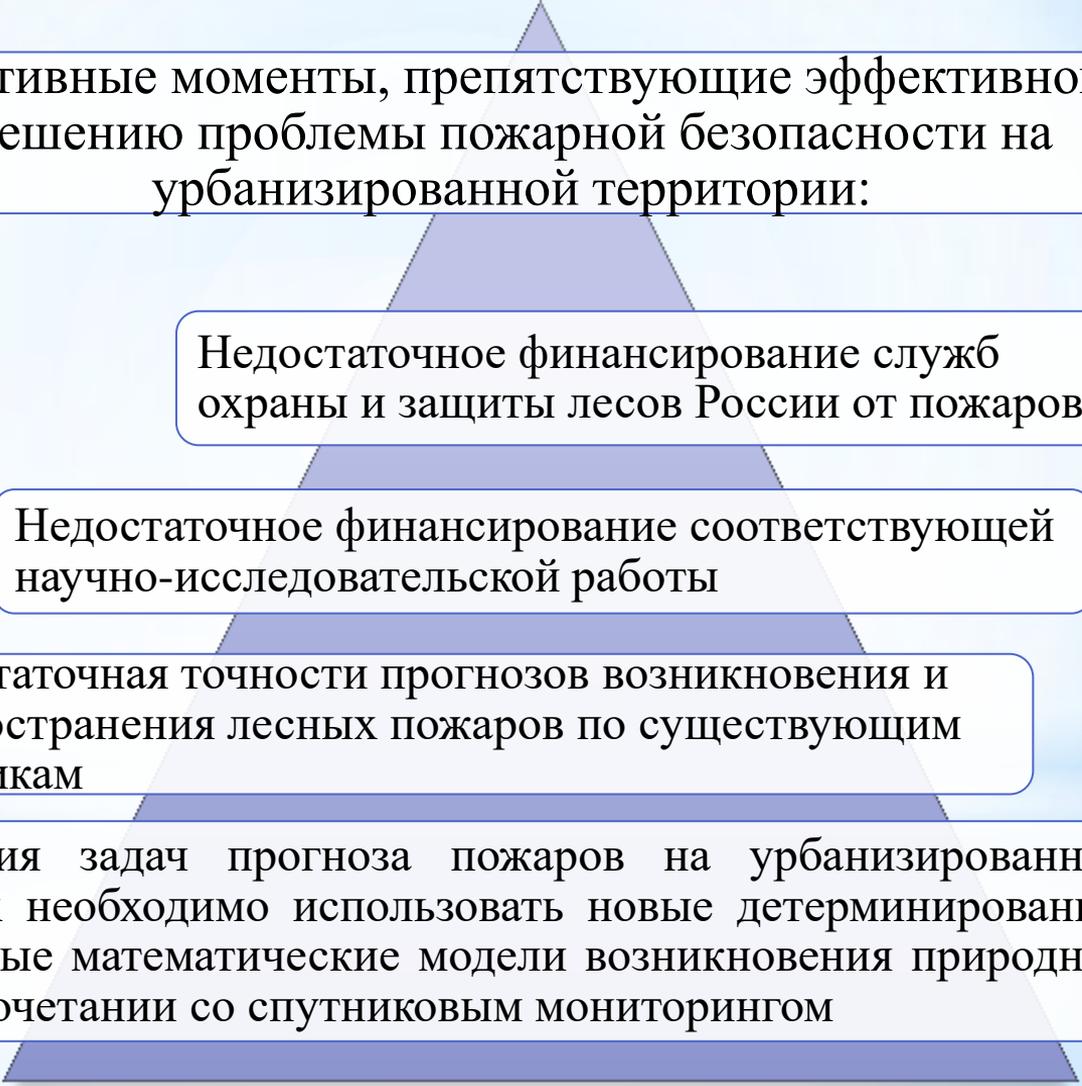
[www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru)



[www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru)



[www.mchs.gov.ru](http://www.mchs.gov.ru)



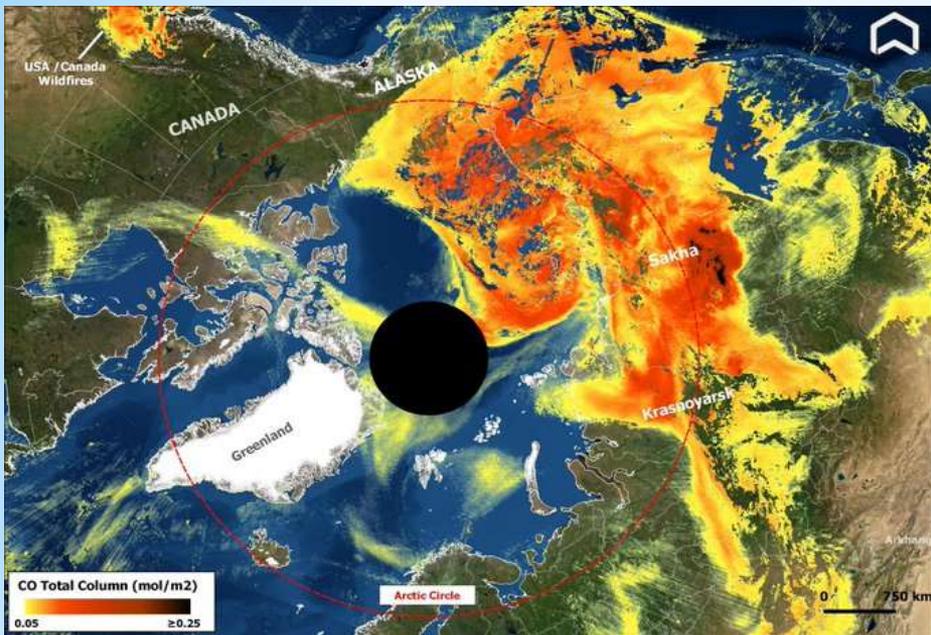
Негативные моменты, препятствующие эффективному решению проблемы пожарной безопасности на урбанизированной территории:

Недостаточное финансирование служб охраны и защиты лесов России от пожаров

Недостаточное финансирование соответствующей научно-исследовательской работы

Недостаточная точности прогнозов возникновения и распространения лесных пожаров по существующим методикам

Для решения задач прогноза пожаров на урбанизированных территориях необходимо использовать новые детерминированно-вероятностные математические модели возникновения природных пожаров в сочетании со спутниковым мониторингом



Анализ проведенных в 2021 году надзорных мероприятий показал:

- главы муниципальных образований не выполняют требования органов федерального государственного пожарного надзора в связи с **отсутствием соответствующего финансирования на данные цели;**
- **недостоверность методик прогнозирования и оценки обстановки;**
- отсутствие соответствующей специальной техники, предназначенной для прокладки и обновления минерализованных полос.

Выбросы оксида углерода от лесных пожаров 2021 г. в Республике Саха (Якутия) и Иркутской области и его распространение в северном полушарии

# **ОБЩАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОХРАНЫ И ЗАЩИТЫ ЛЕСОВ**

**Гришин А.М.**

Работа по созданию математической модели лесных пожаров проводилась под контролем временной комиссии по лесным пожарам секции "Теплообмен излучением" (руководитель секции профессор, д.т.н. А.Г. Блох). Эта комиссия была создана 24 февраля 1977 года решением бюро Научного совета ГКНТ СССР по проблеме "Массо- и теплоперенос в технических процессах". В работе комиссии в разное время принимали участие 25 специалистов из 15 организаций СССР, где проводились исследования лесных пожаров.

В результате в декабре 1977 года в качестве Общей физико-математической модели лесных пожаров была принята модель, разработанная в ТГУ.

В дальнейшем эта модель была обсуждена и одобрена на заседании секции "Теплообмен излучением", а затем 6-7 апреля 1978 года - на бюро Совета ГКНТ СССР

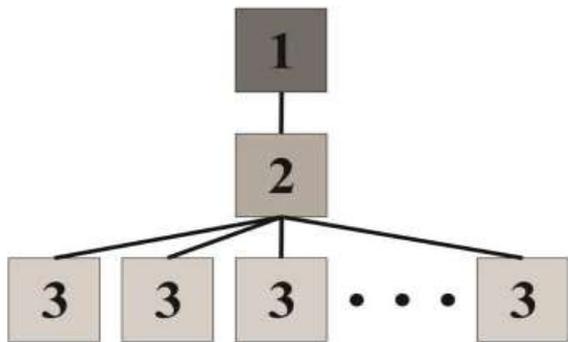
## Основные достижения научной школы «Сопряженные задачи механики реагирующих многофазных сред, информатики и экологии»

- \*1. Создана общая методология постановки и решения новых сопряженных задач механики реагирующих сред и экологии, в рамках которой используются несколько математических моделей механики многофазных реагирующих сред и методы теории вероятности.
- \*2. Разработаны новые детерминированно-вероятностные модели и методики прогноза некоторых природных и техногенных катастроф: методика прогноза лесной пожарной опасности, прогноз устойчивости функционирования потенциально опасных объектов; дана вероятностная модель возникновения огненных смерчей.
- \*3. Создана физико-математическая теория природных (лесных, степных и торфяных) пожаров. Разработаны новые методики решения обратных (некорректных) задач аэротермохимии и тепломассообмена.
- \*4. Разработан новый итерационно-интерполяционный метод для решения трехмерных задач механики многофазных реагирующих сред и теории природных пожаров.
- \*5. С использованием методов механики многофазных реагирующих сред созданы и внедрены в практику охраны окружающей среды методики прогноза выбросов вредных веществ в атмосферу при лесных пожарах, в том числе и в радиоактивных фитоценозах, созданы пакеты соответствующих прикладных программ, некоторые из которых внедрены на территории России и СНГ.
- \*6. Экспериментально и теоретически обнаружен эффект усиления взрывных волн при их взаимодействии с зоной пиролиза фронта лесного пожара и разработаны 22 новых способа и устройства для борьбы с лесными пожарами.



При природных пожарах газовые (оксид и диоксид углерода, метан, оксиды азота и серы) и конденсированные продукты горения переносятся на значительные расстояния ветром. Поэтому имея достаточно разреженную сеть постов мониторинга, анализирующих изменение газового и аэрозольного состава атмосферы, с учетом данных о скорости и направлении ветра, можно определить область, где происходит природный пожар.





Фиг. 1

Структурная схема комплексной системы мониторинга природных пожаров



Фиг. 2

Структурная схема поста мониторинга и передачи данных.

Цифрами на схемах обозначены:

1 – пост оператора;

2 – сервер;

3 – пост мониторинга и передачи данных;

4 – модуль управления;

4а – источник бесперебойного питания;

4б – модуль передачи данных;

4в – модуль обработки сигналов;

5 – датчик направления ветра;

6 – датчик скорости ветра;

7 – датчик газового состава;

8 – датчик аэрозольного состава воздуха;

9 – модуль видеофиксации ближней зоны;

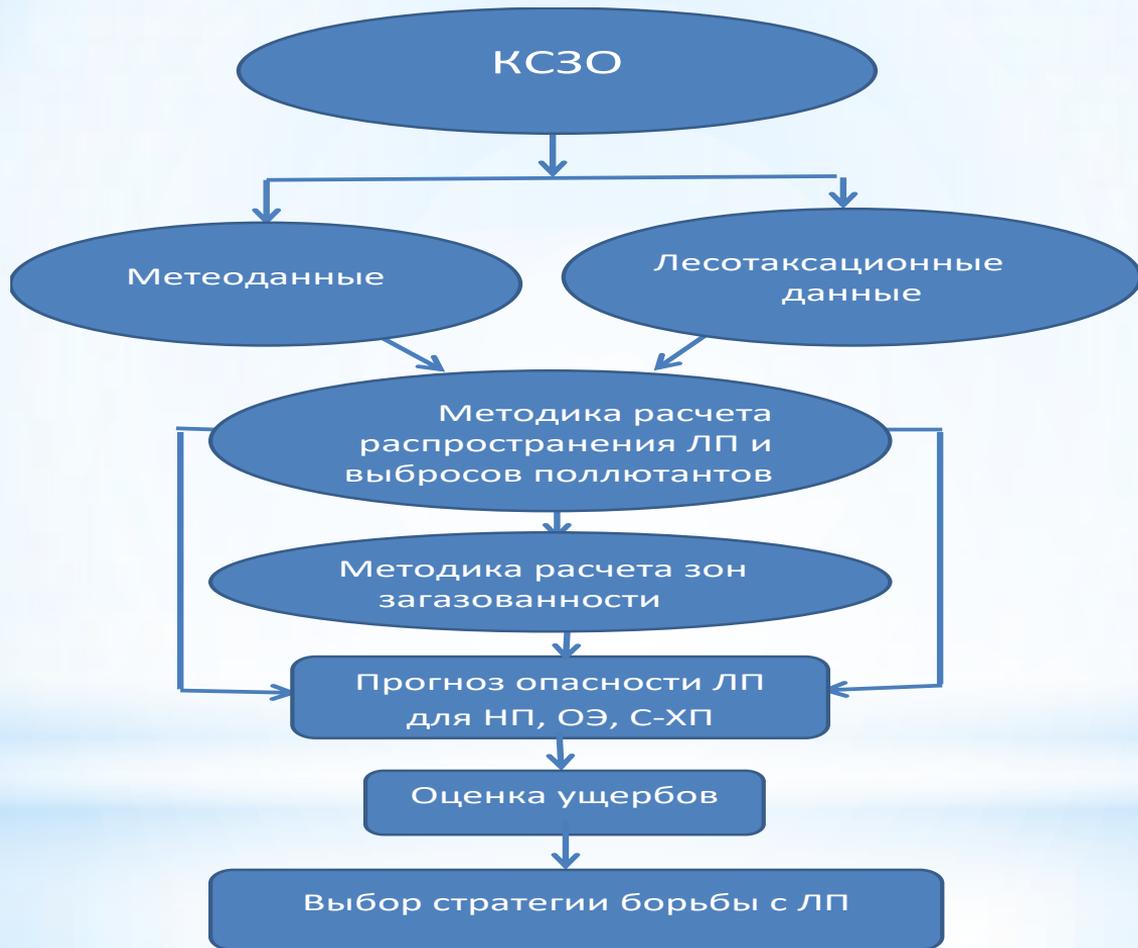
10 – система позиционирования модуля видеофиксации.

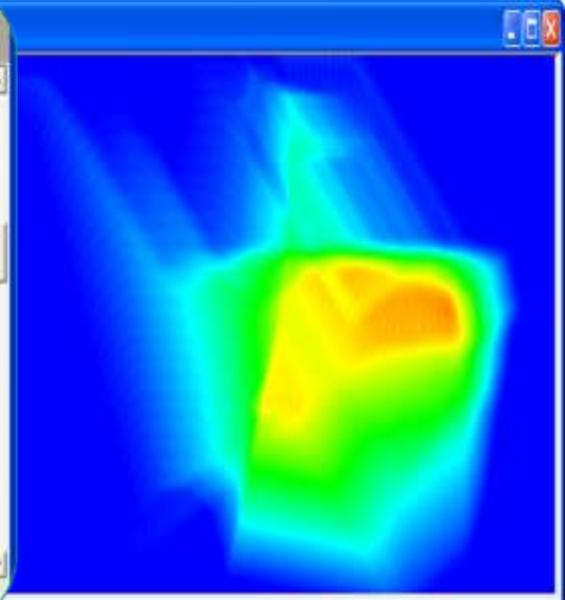
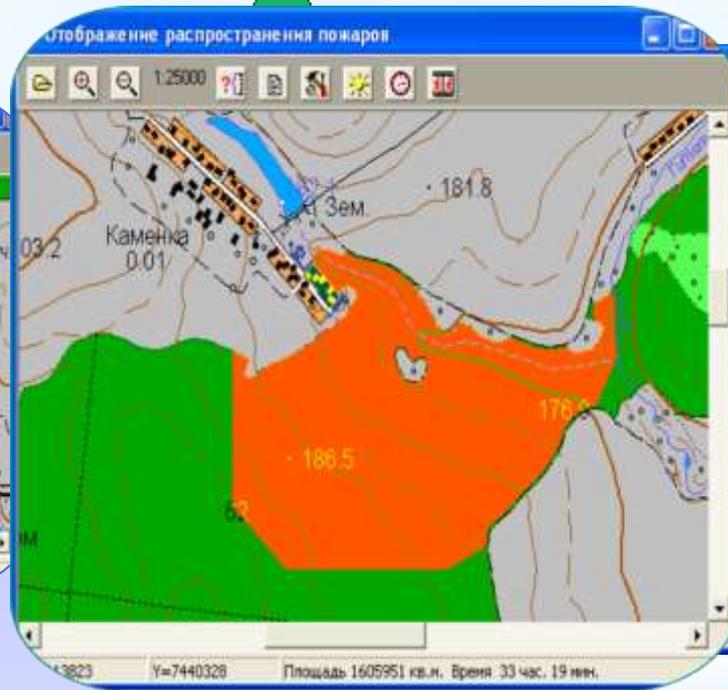
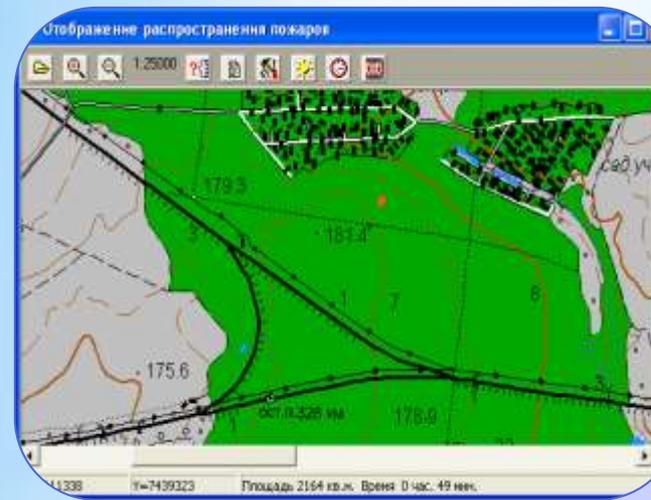
КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ, ПРОГНОЗА ИХ  
РАЗВИТИЯ И ПОСЛЕДСТВИЙ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ

НАЗЕМНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

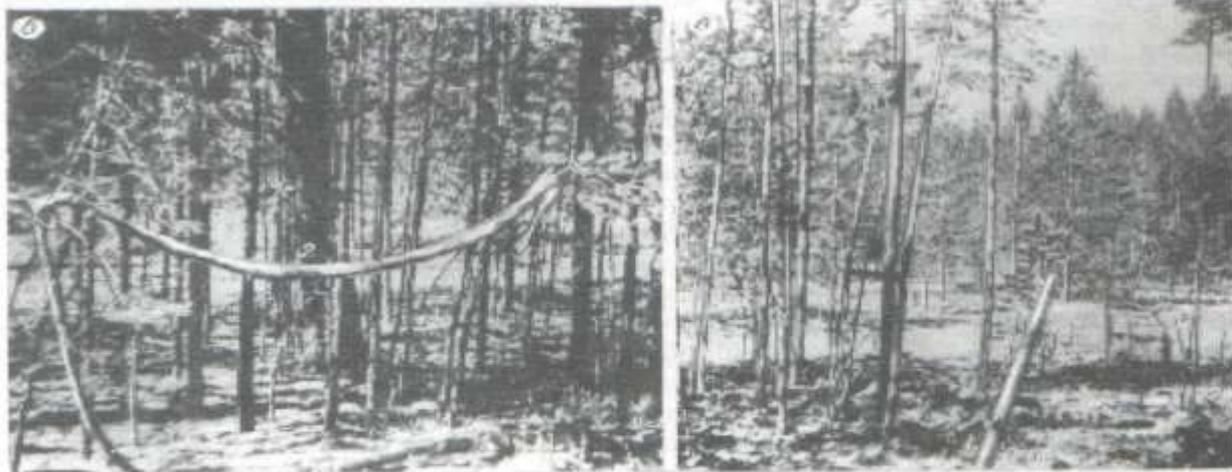
СИСТЕМА ПРОГНОЗА РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ПОЖАРА ПО ЛЕСНОЙ  
ТЕРРИТОРИИ

СИСТЕМА ПРОГНОЗА НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ОТ ЛЕСНОГО ПОЖАРА  
ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И СЕЛЬСКО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ,  
НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЮ ЛЮДЕЙ





КСЗО ЛП, оснащенная программным модулем, реализующим моделирование пространственно-временной картины развития лесного пожара и распространения продуктов горения, позволяет в оперативном режиме обеспечить информационную поддержку процесса принятия решений по сложившейся лесопожарной ситуации.



Фотографии последствий взрыва в горячей полосе из свежесрубленных и вкопанных в почву сосенок (а); заряда (б) и последствий взрыва в естественном лесном массиве из молодых сосенок (в)

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗРЫВА ШНУРОВОГО ЗАРЯДА В ПОЛОГЕ ЛЕСА ПРИ ОТСУТСТВИИ ПОЖАРА

С помощью математического моделирования рассматривается решение задач: определение оптимального расположения заряда в пологе леса по вы при котором объем оборванных лесных горючих материалов будет наиболее выяснение влияния отражающего экрана на эффективность взрыва шнурового заряда. Из рассмотренных случаев расположения заряда (0,75, 1,5 и 2,25 м) и того, что для подрыва заряда наиболее оптимальна высота 1,5 м. При над отражающего экрана эффективность взрыва шнурового заряда увеличивается и чем ближе экран расположен к заряду, тем она выше.

Для борьбы с низовыми лесными пожарами широко используют шнуровые заряды [1]. В результате их подрыва на начопенном по не создается минерализованная полоса, ограничивающая распростр вие низовых лесных пожаров. В последнее время для локализации вальных верховых лесных пожаров используются шнуровые заряды которые взрывают над поверхностью начопенного покрова, в крс

**А. М. ГРИШИН**, д-р физ.-мат. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры Физической и Вычислительной механики механико-математического факультета, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36)

**В. П. ЗИМА**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и прогноза катастроф механико-математического факультета, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36)

**Д. П. КАСЫМОВ**, младший научный сотрудник лаборатории моделирования и прогноза катастроф механико-математического факультета, Национальный исследовательский Томский государственный университет (Россия, 634050, г. Томск, просп. Ленина, 36; e-mail: denkasymov@gmail.com)

UDC 533.627

## ПРИМЕНЕНИЕ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ В УСТРОЙСТВАХ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

Приведены результаты теоретико-экспериментальных исследований, позволяющие утверждать, что локализацию и тушение пожаров можно осуществлять путем воздействия взрыва на наиболее уязвимые области фронта пожара, а именно на зоны пиролиза и зоны смешения продуктов пиролиза с кислородом воздуха. Рассмотрены разработки по способам и устройствам локализации и тушения природных пожаров, основанные на знании структуры пламени, включающего зоны сушки, нагрева, пиролиза, смешения с кислородом воздуха, воздействие на которые возможно относительно малыми энергетическими возмущениями (ударными волнами), что позволяет минимизировать вред, наносимый окружающей среде, экологии на участках, где проводятся противопожарные мероприятия. Показано, что использование на практике рассматриваемых технологических решений даст возможность повысить эффективность и оперативность мероприятий по борьбе с природными пожарами различной интенсивности.

Гришин А. М., Зима В. П., Касымов Д. П.

## УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

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 (ударными волнами), что позволяет минимизировать вред, наносимый окружающей среде. Показано, что использование на практике рассматриваемых технологических решений даст возможность повысить эффективность и оперативность

В таблице 7 представлены результаты по оценке временных затрат, чел./мин (мин./чел), направленных на выполнение некоторых видов работ по тушению 100-метровой кромки низовых лесных пожаров [11].

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

**Накладной шнуровой заряд для локализации и тушения пожаров.** Конструктивное исполнение и работа накладного шнурового заряда приведены на рисунке 8.

В предлагаемом заряде в оплетке по всей длине предусмотрен паз, глубина которого соот-

ветствует толщине оплетки. Наличие паза позволяет дополнительно сформировать ударную волну. Эффективность действия продуктов взрыва на очаг горения за счет этого возрастает, при этом ширина паза  $\Delta$  выбирается из диапазона соотношений от 0,3 до 0,5  $r$ , где  $r$  – радиус заряда, м. Прочность конструкции заряда обеспечивает внешняя эластичная оболочка, в которую помещается заряд.

Данное устройство функционирует следующим образом. Шнуровой заряд разворачивается на начопенном покрове непосредственно перед надвигающимся фронтом пожара. Он укладывается так, чтобы паз (см. рис. 8) был ориентирован в сторону фронта пожара. При подходе фронта

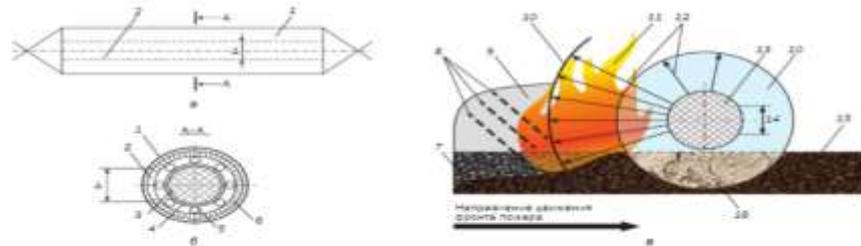


Рисунок 8. Накладной шнуровой заряд.

а – общий вид накладного шнурового заряда; б – конструктивный заряд; в – схема действия продуктов взрыва на фронт пожара;  
1 – внешняя эластичная оболочка; 2 – паз; 3 – пазовый кабель; 4 – булавочный стержень; 5 – силовые нити; 6 – оплетка;  
7 – горючий участок на локализующей поверхности; 8 – предлагаемая трехлопастная трапециевидная гонимая поверхность природного пожара; 9 – фронт пожара; 10 – фронт пожара; 11 – фронт пожара; 12 – направление ударной волны; 13 – кабель (набор стандартных пазовых кабелей в момент взрыва); 14 – ширина паза  $\Delta$ , м; 15 – начопенный покров ПЛМ; 16 – централизованная камера

Предлагаемая Комплексная система обнаружения и прогноза развития природных пожаров позволяет:

- ❖ использовать существующую распределенную по территории инфраструктуру;
- ❖ производить обнаружение очагов пожаров на ранней стадии, в том числе в загоризонтных зонах;
- ❖ минимизировать ложные срабатывания средств обнаружения природных пожаров;
- ❖ прогнозировать их развитие во времени и степень загрязнения атмосферы населенных территорий продуктами горения;
- ❖ выбирать оптимальные технологии борьбы с лесными пожарами;
- ❖ необходимо возобновить теоретические и экспериментальные исследования воздействия ударных волн на лесные горючие материалы и непосредственно на фронт лесного пожара.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**