

КОНФЕРЕНЦИЯ С

**ИССЛЕДОВАНИЕ АТМОСФЕРЫ
И ОКЕАНА ОПТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ О ПЕРЕНОСЕ ГОРЯЩИХ И ТЛЕЮЩИХ ЧАСТИЦ И УСЛОВИЯХ ЗАЖИГАНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Д.П. Касымов¹, А.М. Агафонцев¹, А.И. Фильков², В.В. Перминов¹, В.В. Рейно³

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет

²University of Melbourne, School of Ecosystem and Forest Sciences

³Институт оптики атмосферы СО РАН

denkasymov@gmail.com, kim75mva@gmail.com, alexander.filkov@unimelb.edu.au,

ya.vladperminov2013@yandex.ru, reyno@iao.ru

Ключевые слова: генератор частиц, ИК-диагностика, дальность полета, зажигание, температура

Аннотация: В полунатурных условиях экспериментально исследован перенос горящих и тлеющих частиц коры и веточек сосны на уникальной установке по генерации горящих и тлеющих частиц и условий зажигания ими подстилающей поверхности, моделируемой опадом из сосновых веточек. Использование бесконтактного метода ИК-диагностики позволило оценить температуру переносимых частиц, а также скорость их перемещения.

Введение

Ежегодно в результате лесных пожаров страдают миллионы гектаров леса по всему миру. Многие страны вынуждены бороться с этим неуправляемым стихийным явлением. Воспламенение построек в зоне раздела природной и городской сред является серьезной международной проблемой, примером этому могут служить крупномасштабные пожары в Австралии, Греции, Португалии, Испании и США [1,2].

Основными факторами, влияющими на воспламенение строительных материалов и распространения таких пожаров, являются радиационный и конвективный перенос тепла от пламени и горящие частицы, которые могут накапливаться на крыше и в углах зданий, заборах или найти способ попасть внутрь помещений и привести к их воспламенению [3].

В настоящее время имеется потребность в экспериментально проверенной информации о том, как тлеющие частицы, которые образуются во фронте пожара, инициируют новые очаги возгорания и воспламеняют постройки на природно-урбанизированной территории, являясь также источниками городских пожаров. Отсутствие таких данных делает невозможным развитие методов прогноза пожарной опасности, а также совершенствование мер и рекомендаций для проведения более оперативной и эффективной работы по предотвращению возгораний, локализации и тушению низовых лесных пожаров в условиях близости к жилым застройкам.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию переноса горящих и тлеющих частиц коры и веточек сосны на уникальной установке по генерации горящих и

тлеющих частиц [4] и условий зажигания ими подстилающей поверхности, моделируемой опадом из сосновых веточек.

Методика проведения эксперимента

В 2016 и 2017 гг. на площадке Института оптики атмосферы им. В. Е. Зуева СО РАН была проведена отработка режимов работы генератора горящих и тлеющих частиц в зависимости от входных параметров и внешних условий. Результаты этих исследований отражены в работах [5-7]. Данная работа является логическим продолжением.

В качестве имитаторов тлеющих частиц в настоящей работе во всех опытах использовалась кора сосны с размерами 10×10 , 15×15 , 20×20 , 25×25 , 30×30 мм² и толщиной 5 мм, а также веточки сосны, диаметром (2-4, 4-6, 6-8 мм) и длиной 10, 20, 40 и 60 мм. Размеры образцов, имитирующих тлеющие частицы, были выбраны в соответствии с данными натурных экспериментов [8].

Одной из важных характеристик горящих частиц, образующихся во время природных пожаров, является дальность переноса, а также их траектории полета. Использование ИК-камеры совместно с данной установкой позволяет успешно определить траектории горящих частиц, их температуру, а также при использовании тепловых реперов в поле зрения ИК-камеры может служить дополнительным инструментом при определении дальности переноса и размеров частиц.

На рисунке 1 представлена фотография экспериментальной площадки перед проведением опытов.



Рисунок 1. Экспериментальная площадка: 1 – инфракрасная камера JADE J530SB, 2 – генератор горящих частиц, 3 – площадка с напочвенным покровом.

Для определения температуры генерируемых на установке частиц инфракрасная камера JADE J530SB с узкополосным оптическим фильтром, со спектральным интервалом 2.5 – 2.7 мкм, позволяющим измерять температуру в диапазоне 310 – 1500 °С. Матрица камеры имела размеры 320×240 пикселей. Съемка производилась с использованием объектива, имеющего фокусное расстояние $F = 50$ мм, частота регистрации составляла 50 кадров/сек. Для данного

оптического фильтра и объектива применялись калибровки завода-изготовителя. Расстояние от выходной части генератора частиц до инфракрасной камеры составляло 8.7 м.

Для измерения температуры горючей смеси в рабочей части генератора использовались термопары типа К, которые размещались в трех разных точках по длине горна. Кроме того во время эксперимента производилась съемка с использованием видеокамеры Canon LEGRIA HF R86.

Результаты

В результате испытаний на установке отмечено, что горящие частицы коры сосны, а также веточек сосны, пролетают максимальное расстояние до 4 метров в зависимости от скорости набегающего воздушного потока (управление скоростью воздушного потока и увлекаемых потоком горящих частиц осуществляется в пределах 1–10 м/с при помощи регулировки напряжения питания основного вентилятора), а также их типа. В частности, максимальная дальность полета частиц коры сосны составила 3.4 м, для веточек сосны – 4.15 м.

При выбранных параметрах эксперимента горящие частицы коры сосны и веточек сосны при падении на напочвенный покров воспламеняли его. Следует отметить, что загорание происходило в основном в результате падения частиц в пламенном режиме горения.

В результате проведенного эксперимента, с использованием программного обеспечения Altair, были получены термограммы пролетающих частиц (рисунок 2).

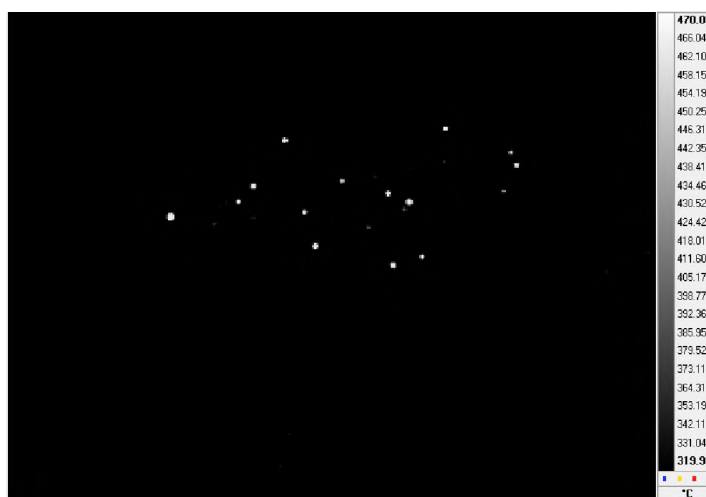


Рисунок 2. Термограмма пролетающих частиц.

Предварительные результаты показали, что максимальная температура частиц составила 570 °С. Так же была проведена оценка скорости движения частиц, средняя величина которых составила 3,6 м/с. В ходе дальнейших исследований планируется оценка траекторий горящих частиц, а также определение их тепловых характеристик.

Заключение

Проведена серия экспериментов на генераторе горящих частиц моделирующем перенос горящих и тлеющих частиц коры и веточек сосны в зависимости от скорости воздушного потока и их количества. Использование бесконтактного метода ИК-диагностики позволило оценить температуру частиц, а также скорость их перемещения. При выбранных параметрах эксперимента отмечается устойчивое воспламенение модельного участка напочвенного покрова. Дальнейшие исследования будут направлены на получение информации о характеристиках частиц (траектория, геометрические размеры и др.) переносимых в потоке с использованием ИК-термографии. Эти данные лягут в основу создания программного комплекса для обнаружения, отслеживания и определения характеристик на тепловизионном видео горящих и тлеющих объектов, образующихся в результате природных и техногенных пожаров.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-07-00548 и Программы ФНИ СО РАН II.10. (Проект II.10.3.8).

Литература

1. Cohen J.D. Preventing disaster: home ignitability in the wildland–urban interface // Journal of Forestry, 2000, Vol. 98, pp. 15–21.
2. William E. Mell, Samuel L. Manzello, Alexander Maranghides, David Butry and Ronald G. Rehm The wildland–urban interface fire problem – current approaches and research needs // International Journal of Wildland Fire 2010, Vol. 19, pp. 238–251. doi: 10.1071/WF07131.
3. Cohen J.D. What is the Wildland Fire Threat to Homes? USDA Forest Service Gen.Tech.Rep. PSW-GTR-173. 2000. Pp. 189–195.
4. Заявка № 2017145135. МПК А62С 15/00. Генератор горящих и тлеющих частиц (ПМ) / Д.П. Касымов, В.В. Перминов, А.И. Фильков, А.М. Агафонцев, В.В. Рейно, Е.В. Гордеев. Приоритет от 21.12.2017.
5. Касымов Д.П., Перминов В.В., Рейно В.В., Фильков А.И., Лобода Е.Л. Экспериментальная установка по генерации горящих частиц для исследования распространения природного пожара // Известия ВУЗов. Физика.- 2017.- Т. 60, № 12/2.- С. 107–112.
6. Агафонцев М.В., Лобода Е.Л., Касымов Д.П., Фильков А.И., Рейно В.В., Гордеев Е.В. Устройство и применение генератора горящих частиц для имитации воздействия природных пожаров на объекты //Аэрозоли Сибири. XXIII Рабочая группа : тез. докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2016. С. 98.
7. Касымов Д.П., Лобода Е.Л., Перминов В.В., Агафонцев М.В. Моделирование в натуральных условиях генерации горящих частиц природного происхождения (коры и веточек) и их взаимодействия с лесным напочвенным покровом //Аэрозоли Сибири. XXIV Рабочая группа : тез. докл. Томск: Изд-во ИОА СО РАН, 2017. С. 69.
8. Filkov A.I., Prohanov S.A., Mueller Eric, Kasymov D.P., Marty'nov Pavel, Houssami Mohamad, Thomas J.C., Skowronski Nicholas, Butler Bret, Gallagher M.R., Clark Kenneth, Mell William, Kremens Robert, Hadden R.M., Simeoni Albert Investigation of firebrand production during prescribed fires conducted in a pine forest // Proceedings of the Combustion Institute. 2017. Vol. 36, № 2. P. 3263–3270.