

**ПРИМЕНЕНИЕ ИК-ТЕРМОГРАФИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ПЕРЕНОСА ГОРЯЩИХ
И ТЛЕЮЩИХ ЧАСТИЦ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ**

В.В. Перминов, Д.П. Касымов, М.В. Агафонцев

Научный руководитель: канд. физ-мат. наук Д.П. Касымов

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: ya.vladperminov2013@yandex.ru

**IR-THERMOGRAPHY APPLICATION TO THE INVESTIGATION OF THE FIREBRAND
TRANSPORT WHILE WILDLAND-URBAN INTERFACE FIRES**

V.V. Perminov, D.P. Kasymov, M.V. Agafontsev

Scientific Supervisor: Cand. of Phys.-Math. Sciences D.P. Kasymov

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: ya.vladperminov2013@yandex.ru

***Abstract.** Firebrand (pine bark and twigs) transport has been studied experimentally using a unique apparatus for generating burning and smoldering particles and method of IR-diagnostics. IR-diagnostics method was carried out using a thermal imager JADE J530SB with a spectral interval 2.5 - 2.7 μm , which allowed to estimate the temperature of firebrands, their movement speed, as well as the ignition conditions of the surface litter, modeled by the pine twigs.*

Введение. Исследование переноса горящих и тлеющих частиц в результате природных пожаров вызвана необходимостью точнее определить и охарактеризовать условия их воздействия на строения и напочвенный покров (тепловой поток от пламени и горящих частиц, образованных в результате горения растительности или строительных материалов) для различных типов природного-урбанизированных пожаров (например, плотность застройки, рельеф местности, растительные горючие материалы, ветер), а также уязвимость строений в зависимости от их формы и типов строительных материалов [1, 2]. В связи с этим необходимо знать условия воспламенения горючих материалов посредством горящих частиц, так как известно, что горящие частицы (как от растительности, так и строительных материалов) часто являются основным источником воспламенения в таких пожарах [3, 4].

В настоящей работе представлены результаты полунатурных экспериментов на уникальной установке по исследованию переноса горящих и тлеющих частиц различной формы и типа (кора сосны и веточки сосны) с помощью ИК-термографии [5–8].

Экспериментальная часть. Эксперимент проводился на опытной площадке Института оптики атмосферы СО РАН (рисунок 1). 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.



Рис. 1. Экспериментальная площадка перед проведением эксперимента. 1 – инфракрасная камера JADE J530SB, 2 – генератор горящих частиц, 3 – экспериментальная площадка с имитированным напочвенным покровом

Результаты. Использование тепловизора, в частности, позволило контролировать готовность установки к работе (определялся выход на температурный режим). На рисунке 2 представлена термограмма рабочей частиц установки.

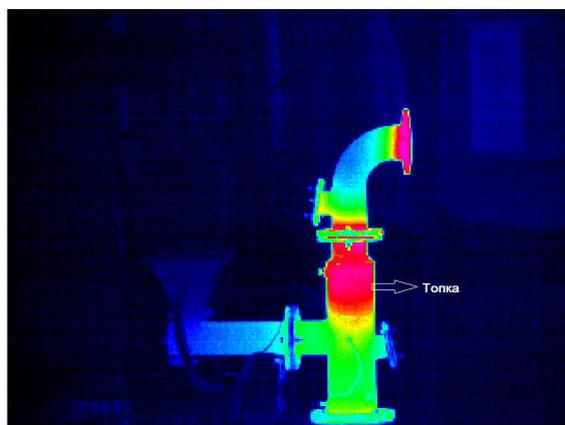


Рис. 2. Термограмма рабочей частиц установки

В результате использования специализированного программного обеспечения Altair по работе с тепловизором, получены тепловые параметры генерируемых горящих и тлеющих частиц. В частности, предварительные результаты показали, что максимальная температура частиц составила 570°C . Так же была проведена оценка скорости движения частиц, средняя величина которых составила 3,6 м/с. На рисунке 3 представлена термограмма эксперимента в момент активной фазы генерации частиц, а также график изменения температуры во времени в выбранной области, исключая воздействие горячей смеси на выходе из рабочей части установки, а также подстилающей поверхности, на которой располагалась площадка с растительным горючим материалом

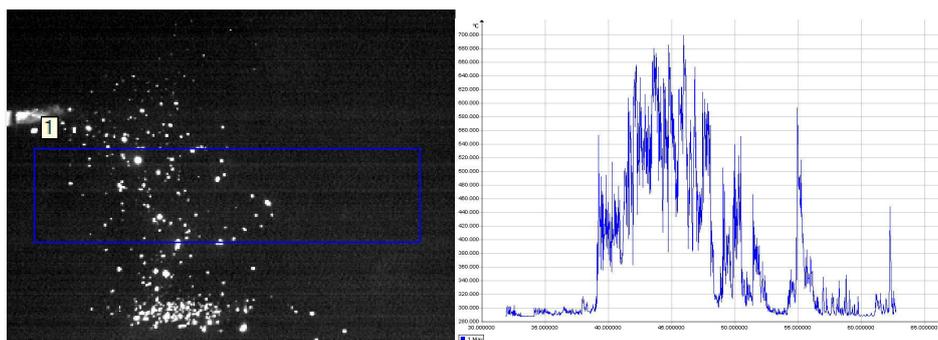


Рис.3. Термограмма развития переноса горящих и тлеющих частиц (слева) и график изменения температуры во времени в области 1 (справа)

Заключение. В ходе дальнейших исследований планируется оценка траекторий горящих частиц в зависимости от их геометрических размеров, скорости набегающего потока и внешних условий, а также их взаимодействие с напочвенным покровом и образцами строительных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mell W.E., Manzello S. L., Maranghides A., Butry D., and Rehm G.R. The wildland–urban interface fire problem – current approaches and research needs. *International Journal of Wildland Fire*. – 2010. – Vol. 19. – Pp. 238–251.
2. Manzello S. L., Cleary T. G., Shields J. R., Maranghides A., Mell W., and Yang J. C. Experimental investigation of firebrands: Generation and ignition of fuel beds. *Fire Safety Journal*. – 2008. – Vol. 43. – No. 3. – Pp. 226–233.
3. Tse S.D. Fernandez-Pello A. and C. On the flight paths of metal particles and embers generated by power lines in high winds - a potential source of wildland fires. *Fire Safety Journal*. – 1998. – Vol. 30. – No. 4. – Pp. 333–356.
4. Albini F. A. Transport of Firebrands by Line Thermals, *Combust. Sci. Technol.* – 1983. – Vol. 32. – No. 5–6. – Pp. 277–288.
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. Filkov A., Prohanov S., Kasymov D. et al. Investigation of firebrand production during prescribed fires conducted in a pine forest. *Proceedings of the Combustion Institute*. – 2017. – Vol. 36. – No. 2. – С. 3263–3270.
7. Filkov A., Kasymov D., Zima V., Matvienko O. Experimental investigation of surface litter ignition by bark firebrands // *AIP Conference Proceedings 2. Сер. "Advanced Materials in Technology and Construction, AMTC 2015: Proceedings of the II All-Russian Scientific Conference of Young Scientists "Advanced Materials in Technology and Construction"*. – 2016. – С. 060004.
8. Kasymov D.P., Filkov A.I., Baydarov D.A., Sharypov O.V. Interaction of smoldering branches and pine bark firebrands with fuel bed at different ambient conditions // *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 22. Сер. "22nd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics"*. – 2016. – С. 100356H.