

PROCEEDINGS OF SPIE

# ***27th International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics, Atmospheric Physics***

**Gennadii G. Matvienko**  
**Oleg A. Romanovskii**  
*Editors*

**5–9 July 2021**  
**Moscow, Russian Federation**

*Organized by*

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (Russian Federation)  
A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS (Russian Federation)  
M.A. Sadovsky Institute of Geosphere Dynamics RAS (Russian Federation)  
Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS (Russian Federation)  
V.M. Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory SB RAS (Russian Federation)

*Sponsored by*

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS (Russian Federation)  
Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (Russian Federation)  
"Atmosphere" an Open Access Journal by MDPI (Switzerland)  
SOLAR LASER SYSTEM (Belarus)  
Photonics Journal (Russian Federation)

*Published by*  
SPIE

**Volume 11916**  
**Part One of Three Parts**

Proceedings of SPIE 0277-786X, V. 11916

SPIE is an international society advancing an interdisciplinary approach to the science and application of light.

**КОНФЕРЕНЦИЯ В**

**РАСПРОСТРАНЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ В  
АТМОСФЕРЕ И ОКЕАНЕ**

## ВЛИЯНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ НА ДИФФУЗИОННОЕ ГОРЕНИЕ

Агафонцев М.В.<sup>1,2</sup>, Лобода Е.Л.<sup>1,2</sup>, Климентьев А.С.<sup>1</sup>, Рейно В.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Томский государственный университет, г. Томск, Россия

<sup>2</sup> Институт оптики атмосферы СО РАН им. В.Е. Зуева, г. Томск, Россия

e-mail: loboda@mail.tsu.ru, kim75mva@gmail.com, aleksandr.klimentev.96@mail.ru, reyno@iao.ru

В работе представлены результаты исследования диффузионного горения бензина при наличии пульсаций внешнего давления с малой амплитудой. Установлено, что пульсации внешнего давления приводят к характерным изменениям в поле температуры, которые выражаются ростом амплитуды пульсации температуры для определенных режимов пульсаций давления.

Диффузионный режим горения различных видов горючих материалов является самым распространенным, ввиду простоты реализации и использования на практике. Процессами, при которых данный режим горения является наиболее масштабным, можно назвать техногенные и природные пожары. Сложностью в их изучении является хаотичность процесса горения, которая выражается в непредсказуемом поведении. Горение при таком режиме реализуется в условиях развитой турбулентности. Известно, что перемещение турбулентных структур в диффузионном пламени приводит к пульсациям температуры в пламени [1], которые происходят с определенной частотой, связанной с размерами и скоростью движения турбулентных структур в пламени.

В работе [2] приведен обзор литературы, посвященной изучению влияния акустических волн на процесс горения газообразного топлива. Авторы делают вывод о том, что применение акустических волн является возможным способом управления режимом горения. Кроме того, они выделяют тот факт, что при таком воздействии увеличивается эффективность сгорания топлива и уменьшается количество вредных газообразных продуктов горения [3–6]. Ими отмечена перспективность подобных исследований для тушения возгораний.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования горения бензина при воздействиях на него внешних пульсаций давления малой амплитуды. Для исследований применялись бесконтактные методы ИК термографии.

В качестве горючего материала использовался бензин, масса которого составляла 10 г. Горючее вещество диффузионно сжигалось в жестяной емкости, диаметр которой составлял 0,15 м, а высота боковых стенок – 0,02 м. В качестве регистрирующего оборудования применялась инфракрасная камера JADE J530SB с узкополосным фильтром с полосой пропускания 2.5 – 2.7 мкм длин волн. Генератором инфразвука служил низкочастотный

динамик 25-ГД-26, на который подавался синусоидальный сигнал, сформированный генератором сигналов специальной формы Г6-28, предварительно усиленный при помощи усилителя LV 103. Дополнительно температура в пламени контролировалась термопарой типа К для нахождения эффективного коэффициента излучения пламени. Расстояние от источника колебаний до пламени составляло 0.3 м.

Полученные в результате съемки термограммы обрабатывались с использованием программного обеспечения «Altair». Для нахождения спектра изменения температуры во всей регистрируемой области, был модифицирован алгоритм программы «TempSpectrum-v.1» [7].

На рисунке 1 приведен спектр изменения температуры в пламени при горении бензина, при отсутствии внешних воздействий. Спектр изменения температуры, приведенный на рисунке 1а, получен в центральном сечении факела пламени, а количество анализируемых точек на термограмме соответствует 30. Спектр изменения температуры, приведенный на рисунке 1б, получен для всей рабочей области термограммы.

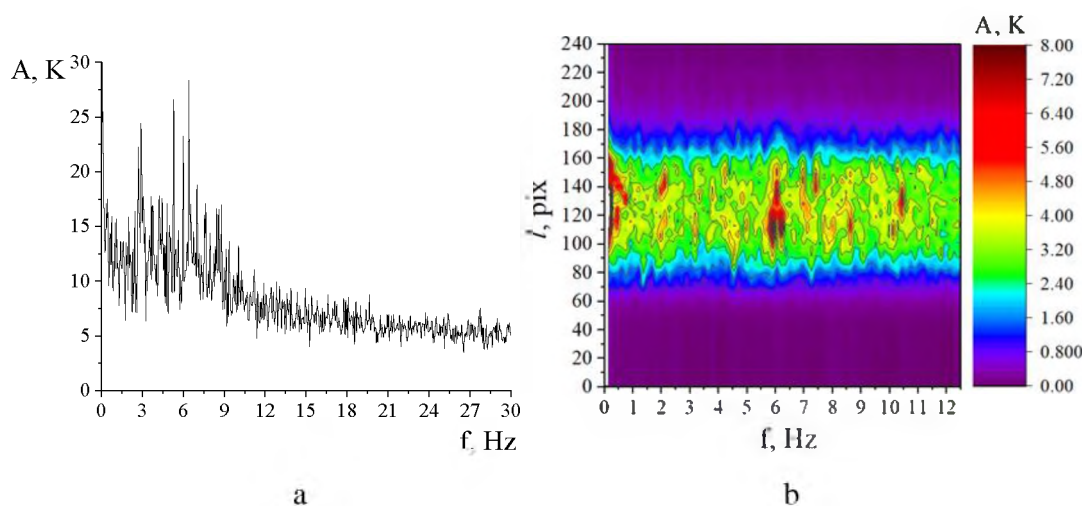
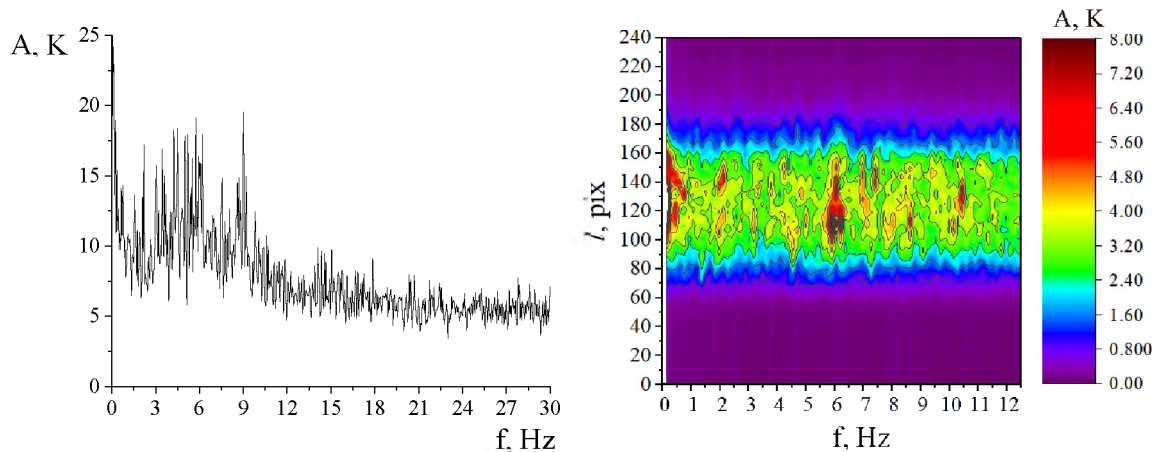
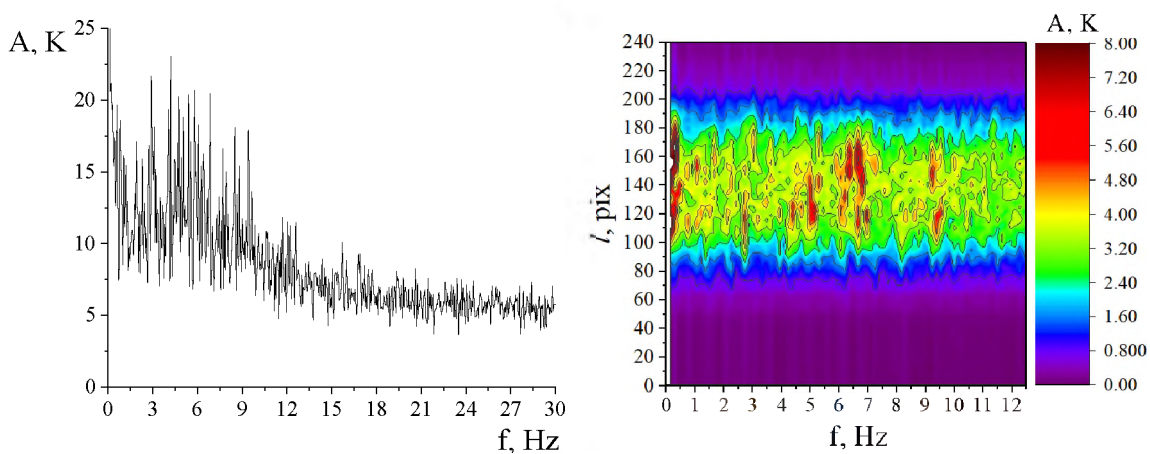


Рисунок 1 – Спектр изменения температуры в пламени, образующемся при диффузионном горении бензина без внешних воздействий: а – в центральном сечении факела пламени, б – во всей рабочей области термограммы

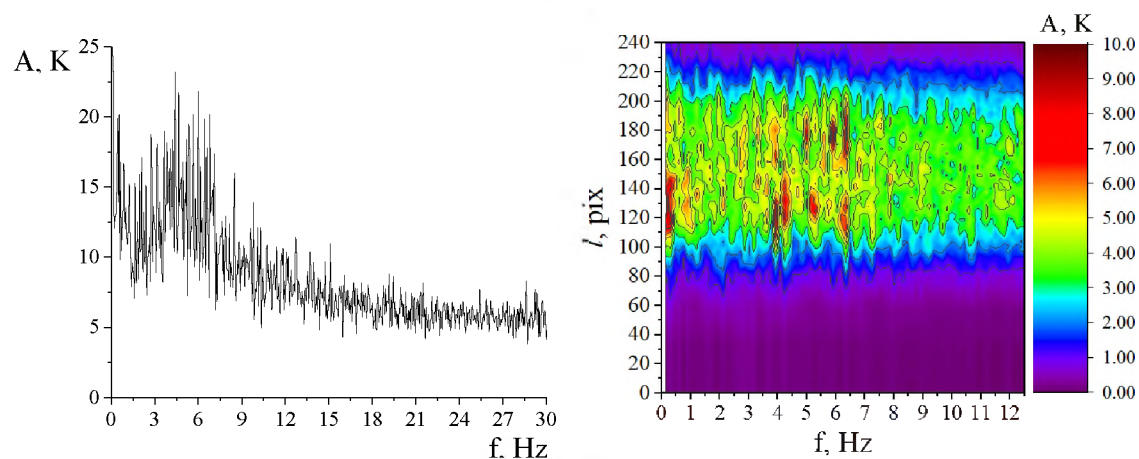
На рисунке 2 представлены спектры изменения температуры факела пламени, при воздействии на него звуковых колебаний с частотами 2 Гц, 4 Гц, 6 Гц.



a



b



c

а – 2 Гц, б – 4 Гц, с – 6 Гц. Рисунок, расположенный справа получен для центрального сечения факела пламени, слева – для всей рабочей области термограммы.

Рисунок 2 – Спектр изменения температуры в пламени, образующемся при диффузионном горении бензина при наличии внешних воздействий пульсаций давления с различной частотой

Из анализа рисунков 1 и 2 можно сделать вывод, что при определенных частотах воздействия, возникает интенсификация горения топлива, которая сопровождается ростом амплитуды пульсаций температуры в пламени с частотами, близкими к частоте воздействия. Этот феномен можно объяснить как интенсификацию горения в отдельных турбулентных структурах вследствие улучшения перемешивания летучих горючих компонент с окислителем из внешней атмосферы, так и за счет возникновения механического резонанса. Проводя сравнение спектров изменения температуры, полученных для одного сечения и для всей рабочей области, можно сделать вывод о неоднородном распределении очагов амплитудных максимумов. Кроме того, можно заметить расхождение в максимальных значениях амплитуды пульсаций, что обусловлено осреднением по 320 точкам, которые использовались для получения спектра.

1. *Loboda E.L., Matvienko O.V., Vavilov V.P., Reyno V.V.* Infrared thermographic evaluation of flame turbulence scale // *Infrared Phys. Technol.* 2015. V. 72. P. 1–7. DOI: 10.1016/j.infrared.2015.07.001.

2. *Ильюшонок А.В., Гончаренко И.А., Лешенюк Н.С., Кулешов В.К., Терешенков В.И.* О влиянии звуковых волн на процессы горения // *Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси.* 2017. Т. 1. № 1. С. 26-34.

3. *Кривокорытов М.С., Голуб В.В., Володин В.В.* Влияние акустических колебаний на диффузионное горение метана // *Письма в Журнал технической физики.* 2012. № 38 (10). С. 57-63.

4. *Голуб В.В., Бакланов Д.И., Головастов С.В., Иванов К.В., Иванов М.Ф., Киверин А.Д., Володин В.В.* Воздействие акустического поля на развитие пламени и переход в детонацию // *ТВТ.* 2010. № 48:6. С. 901-907.

5. *Володин В.В., Коробов А.Е., Головастов С.В., Голуб В.В.* Влияние отраженных акустических возмущений на ускорение фронта пламени // *Письма в журнал технической физики.* 2015. Том: 41. № 21. С. 60-65.

6. *Голуб В. В., Иванов М. Ф., Володин В. В., Благодатских Д. В., Головастов С. В.* Влияние акустических волн на зону воспламенения и переход горения в детонацию: эксперимент и расчет // *ТВТ.* 2009. № 47:2. С. 315-316.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018660618 «TempSpectrum-v.1. Агафонцев М.В., Касьмов Д.П., Рейно В.В., Лобода Е.Л.; правообладатель федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» (RU). Заявка № 2018617385, заявл. 18.07.2018, дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 28.08.2019.