

По результатам выполненных исследований выделены основные ограничения PLIF метода при его использовании для измерения температуры ледяных агломератов:

- при приготовлении образцов для реализации PLIF измерений следует использовать дистиллированную воду. Использование водопроводной и фильтрованной воды способствует неравномерному распределению флуорофора в измерительной области;
- метод PLIF позволяет проводить удовлетворительные измерения при концентрации флуорофора в водянном растворе около 5 мг/л. При меньших концентрациях интенсивность эмитированного Rhodamine В слишком мала и незначительно превышает фоновую интенсивность изображения. При больших концентрациях возникает явление чрезмерного поглощения падающего на ледовый агломерат лазерного света, что приводит к тому, что интенсивность эмитированного света многократно превышает интенсивность свечения самого образца;
- метод PLIF применим для определения температуры относительно небольших ледовых агломератов (объемом менее 6 мл);
- метод PLIF может быть достаточно эффективно использован для определения температуры ледового агломерата при температурах последнего выше  $-5^{\circ}\text{C}$ ;
- метод PLIF можно использовать для определения температуры ледового агломерата на глубине не более 20 мм.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bjerrum N. Structure and properties of ice // Science. – 1952. – Vol. 115, Is. 2989. – P. 385–390. <https://doi.org/10.1126/science.115.2989.385>.
2. Erdiwansyah M., Husin H., Nasaruddin, Zaki M., Muhibbuddin. A critical review of the integration of renewable energy sources with various technologies // Prot. Control Mod. Power Syst. – 2021. – Vol. 6, Is. 3. URL: <https://doi.org/10.1186/s41601-021-00181-3>.
3. Gambelli A.M., Rossi F. Formation rate as parameter to distinguish nucleation from hydrate massive growth phase: Experimental investigation in presence of two different porous media // Exp. Therm. Fluid Sci. – 2022. – Vol. 131. – P. 110525. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2021.110525>.
4. Antonov D.V. et al. Heat and mass transfer at the ignition of single and double gas hydrate powder flow in a reactor // Int. J. Heat Mass Transf. – 2023. – Vol. 209. – P. 124121. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2023.124121>.
5. Volkov R., Strizhak P., Temperature recording of the ice–water system using planar laser induced fluorescence // Exp. Therm. Fluid Sci. – 2022. – Vol. 131. – P. 110532. <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2021.110532>.
6. Li F., Zhang H., Bai B. A review of molecular tagging measurement technique // Meas. J. Int. Meas. Confed. – 2021. – Vol. 171. – P. 108790. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108790>.

### ЗАЖИГАНИЕ ВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ В УСЛОВИЯХ РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНО-МИКРОВОЛНОВОГО НАГРЕВА

**Д.Ю. Малышев, М.С. Тамашевич**

*Томский политехнический университет,  
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, АЗ-11*

Научный руководитель: Г.В. Кузнецов, д.ф.-м.н., профессор НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Наиболее распространенным сырьем для тепловых электрических станций (ТЭС) является уголь [1]. Но в угольном топливе содержится практически вся таблица Менделеева и его сжигание сопровождается существенным загрязнением окружающей среды. Для очистки дымовых газов применяются различные установки, но это значительно удорожает строительство тепловых электростанций и ведет к росту финансовых затрат во время эксплуата-

ции ТЭС, работающих на угле, и, как следствие, ведет к увеличению стоимости отпускаемой энергии. В этой связи возникает потребность разработки новых технологий сжигания угля.

Одним из наиболее перспективных и простых технологических решений по существенному снижению антропогенной нагрузки угольных ТЭС на атмосферу Земли [2], на настоящее время являются технологии сжигания угля в составе водоугольного топлива (ВУТ). В его состав входит уголь, вода и присадки пластификатора [3]. Установлено, что при сжигании ВУТ, по сравнению с углем существенно снижаются выбросы антропогенных газов, таких, как оксиды азота и серы [4]. На практическое применение водоугольных топлив на объектах энергетики затруднено в связи с высокими значениями времен задержки зажигания, которые могут достигать нескольких десятков секунд. Уменьшение времен задержки зажигания ВУТ возможно при добавлении в состав водоугольных топлив различного рода, ускоряющих процесс зажигания добавок, например, биомассы. Другим способом, позволяющим уменьшить времена задержки зажигания ВУТ является «подсветка» факела. Одним из возможных способов является воздействие на топливо микроволнового нагрева.

Целью данной работы является оценка влияния микроволнового нагрева на времена задержки зажигания водоугольного топлива.

На рис. 1 представлены зависимости времен задержки зажигания водоугольных топлив с добавлением опилок и хвои сосны в их состав с в условиях радиационно-конвективного и радиационно-конвективно-микроволнового нагревов. ВУТ состоял из 50 % воды, 46 % угля и 4 % древесной биомассы. На основании полученных результатов сделать вывод, что применение микроволнового нагрева снижает времена задержки зажигания ВУТ в среднем на 10 %.

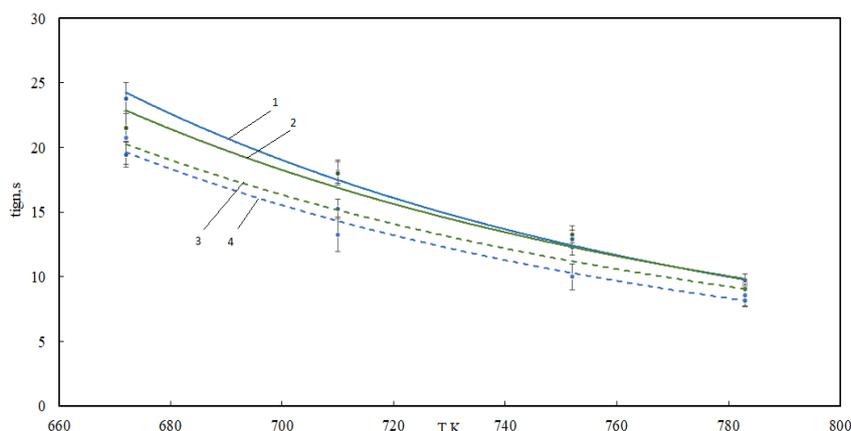


Рис. 1. Зависимости времен задержки зажигания водоугольных топлив от температуры внешней среды: 1 – ВУТ с добавлением опилок сосны без использования СВЧ; 2 – ВУТ с добавлением хвои сосны без использования СВЧ; 3 – ВУТ с добавлением опилок сосны с использованием СВЧ; 4 – ВУТ с добавлением хвои сосны с использованием СВЧ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (2.0047.РНФ.2022 (РНФ 22-79-00223))

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2019 году. – URL: <https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2020/upsrep2019.pdf> (дата обращения 09.09.2023).
2. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 853 с.
3. Hanjalic K., Lekic A., Krol R. Sustainable Energy Technologies: Options and Prospects // Springer. – 2008. – 336 p.
4. Делягин Г.Н. Экологически чистое топливо ЭКОВУТ – путь резкого улучшения экологической ситуации в энергетике России // Материалы международной научно-практической конференции «Экология энергетики 2000». – МЭИ. – 2000. – С.320–323.