

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК ИЗ БИОКОМПОНЕНТОВ НА ПОРОГОВЫЙ ИНДЕКС САЖЕОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВ

Цапенков К.Д.¹, Литвиненко З.С.¹, Зубрилин И.А.¹, Штырлов А.Е.¹, Сидорова Е.И.¹
¹Самарский университет, г. Самара, capenkov.kd@ssau.ru

Ключевые слова: камера сгорания, выбросы вредных веществ, суррогаты, спирты, альдегиды кетоны, твердые частицы, полициклические ароматические углеводороды.

Двигатели и энергетические установки являются источниками вредных выбросов, в том числе сажи, на них распространяются все более строгие правила, направленные на сокращение таких выбросов [1-4]. В настоящее время разрабатываются и применяются различные стратегии сокращения выбросов сажи: конструктивные изменения, альтернативные топлива (биотоплива и синтетические), электродвигатели (на основе аккумуляторов и топливных элементов), нацеленные на улучшение экологических характеристик авиационных двигателей по сравнению с полетами на керосине на основе ископаемого топлива [5]. Биотоплива и их смеси с традиционными топливами можно применять в существующих двигателях без серьезных доработок конструкции и с сохранением существующей инфраструктуры. Ископаемые углеводороды и биокомпоненты представляют разные группы веществ, из-за чего существующие расчетные методы определения свойств смесей не применимы. Поэтому возникает потребность в новых расчетных методиках, позволяющих определять физико-химические свойства смесей ископаемых топлив с биокомпонентами (спирты, эфиры, масла и другие).

В данной работе проводился обзор литературы на тему влияния добавок из биокомпонентов к традиционному углеводородному топливу на физико-химические и эмиссионные характеристики (в особенности образование сажи) углеводородных топлив. При смешении ископаемых углеводородов их свойства изменяются за счет разбавления, при добавлении в смесь кислородсодержащих углеводородов проявляется химический эффект, оказывающий значительное влияние на итоговое изменение свойств. В результате обзора литературы были выбраны перспективные биокомпоненты для дальнейшего экспериментального исследования. Было установлено, что способность кислородсодержащих углеводородов снижать уровень образования сажи возрастает в следующем порядке: спирты – кетоны – альдегиды – сложные эфиры. Добавление в смесь альдегидов и кетонов позволяет значительно снизить уровень образования сажи. Стоит отметить, что эти вещества имеют простую химическую структуру и доступны для экспериментального исследования. Спирты не так эффективны для снижения уровня сажи, но обладают простой структурой и высокой доступностью. Эфиры гораздо более сложные вещества с точки зрения химической структуры и процесса их синтеза, поэтому они не будут участвовать в дальнейших исследованиях в рамках данного проекта.

В дальнейших исследованиях будет разработана и валидирована методика расчетного определения склонности к сажеобразованию смесей ископаемых углеводородов с кислородосодержащими соединениями.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-29-00971; <https://rscf.ru/project/23-29-00971/>

Список литературы

1. Highwood EJ, Kinnersley RP. When smoke gets in our eyes: the multiple impacts of atmospheric black carbon on climate, air quality and health. *Environ Int* 2006;32 (4):560–6.
2. Bond TC, Doherty SJ, Fahey DW, et al. Bounding the role of black carbon in the climate system: a scientific assessment. *J Geophys Res Atmos* 2013;118:5380–552.

3. Janssen NAH, Hoek G, Simic-Lawson M, Fischer P, van Bree L, ten Brink H, et al. Black carbon as an additional indicator of the adverse health effects of airborne particles compared with PM10 and PM2.5. *Environ Health Perspect* 2011;119(12): 1691–9.
4. M. Lapuerta, O. Armas, J. Rodríguez-Fernández, *Prog. Energy Combust.* 34(2008) 198–223.
5. Pimchanok Su-ungkavatin, Ligia Tiruta-Barna, Lorie Hamelin, *Biofuels, electrofuels, electric or hydrogen?: A review of current and emerging sustainable aviation systems*, *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 96, 2023, 101073.
6. Romain Lemaire, Denis Lapalme, Patrice Seers, *Analysis of the sooting propensity of C-4 and C-5 oxygenates: Comparison of sooting indexes issued from laser-based experiments and group additivity approaches*, *Combustion and Flame*, 2015, Pages 3140-3155.
7. Hua Yang, Liu Fushui, Wu Han, Lee Chia-Fone, Li Yikai, *Effects of alcohol addition to traditional fuels on soot formation: A review*, *International Journal of Engine Research*, 2020, 146808742091088.
8. Ison DB, Pickens JC, Gill RJ, *The effects of molecular structure on soot formation II. Diffusion Flames*, *Combust Flame*, 1985, Pages 43–60.
9. McEnally CS, Pfefferle LD, *Sooting tendencies of oxygenated hydrocarbons in laboratory-scale flames*, *Environ Sci Technol*, 2011, Pages 2498–503.
10. Randall C. Boehm, Zhibin Yang, Joshua S. Heyne, *Threshold Sooting Index of Sustainable Aviation Fuel Candidates from Composition Input Alone: Progress toward Uncertainty Quantification*, *Energy Fuels*, 2022, Pages 1916–1928.

Сведения об авторах

Цапенков К.Д., аспирант, инженер конструктор. Область научных интересов: проектирование камер сгорания, модели топлив, горение, снижение эмиссии вредных веществ.

Литвиненко З.С., аспирант, инженер конструктор. Область научных интересов: проектирование камер сгорания, горение, снижение эмиссии вредных веществ.

Зубрилин И.А., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей. Область научных интересов: вибрационное горение, численное моделирование эмиссионных характеристик КС ГТД.

Штырлов А.Е., студент, старший лаборант. Область научных интересов: модели топлив, горение, снижение эмиссии вредных веществ.

Сидорова Е.И., студент, старший лаборант. Область научных интересов: модели топлив, горение, снижение эмиссии вредных веществ.

STUDY OF THE INFLUENCE OF ADDITIVES FROM BIOCOMPONENTS ON THE THRESHOLD INDEX OF SOOT FORMATION IN HYDROCARBON FUELS

Tsapenkov K.D.¹, Litvinenko Z.S.¹, Zubrilin I.A.¹, Shtyrlov A.E.¹, Sidorova E.I.¹

¹Samara University, Samara, Russia, capenkov.kd@ssau.ru

Keywords: combustion chamber, pollutant emissions, surrogates, alcohols, aldehydes, ketones, particulate matter, polycyclic aromatic hydrocarbons.

In this work, we studied the effect of additives from biocomponents on soot formation. As a result of the literature review, promising biocomponents were selected for further experimental studies. It has been established that the tendency of oxygen-containing compounds to form soot increases in the following order: esters - aldehydes - ketones - alcohols.