Сравнительное исследование термического и плазменно-стимулированного воспламенения смесей C2H2, C2H4, C2H6 и C2H5OH с кислородом

И.Н. Косарев, С.В. Киндышева, А.Ю. Стариковский\*, Н.Л. Александров

МФТИ , Москва, Россия, ilyakosarev@gmail.com
\*Принстонский университет, Принстон, США, astariko@princeton.edu

В последние десятилетия особое внимание было уделено применению неравновесной плазмы для плазменно-стимулированного воспламенения и плазменно-стимулированного горения [1-3]. Экспериментально и численно было показано, что для различных горючих смесей использование плазмы наносекундного разряда приводит к значительному сокращению времени задержки воспламенения и стабилизации пламени. В результате горючая смесь может воспламеняться в условиях, когда в отсутствие плазмы термическое самовоспламенение невозможно. В связи с этим плазменно-стимулированное воспламенение и горение признаны одним из наиболее перспективных направлений применения низкотемпературной неравновесной плазмы [4]. В частности, зажигание с помощью неравновесных газовых разрядов представляется перспективным в задачах аэродинамики и в двигателях внутреннего сгорания.

В настоящей работе экспериментально и численно исследована кинетика воспламенения бедных и стехиометрических смесей C2H2:O2:Ar, C2H4:O2:Ar, C2H6:O2:Ar и C2H5OH:O2:Ar. Проводилось сравнение эффективности плазменного воздействия на время задержки воспламенения этих смесей. Время задержки воспламенения измерялось в ударной трубе за отраженной ударной волной при термическом воспламенении и при помощи высоковольтного наносекундного разряда. Время воспламенения определялось по резкому пику излучения радикала CH. Инициирование разряда после нагрева за фронтом ударной волны приводило к существенному сокращению времени задержки воспламенения. Применительно к экспериментальным условиям также моделировались происходящие в разряде элементарные процессы и последующие цепные химические реакции с выделением энергии во время воспламенения. Численно были найдены концентрации атомов, радикалов и возбужденных и заряженных частиц, образующихся в фазе разряда. Расчеты велись на основании измеренных временных профилей тока и электрического поля. Рассчитанные концентрации активных частиц, образующихся в разряде на наносекундных временных масштабах, использовались в качестве входных данных для моделирования плазменно-стимулированного воспламенения на микросекундных масштабах. Рассчитанные времена задержки воспламенения сравнивались с полученными экспериментально. Представлен анализ чувствительности используемых кинетических схем воспламенения, позволяющий определить основные лимитирующие реакции при плазменно-стимулированном и термическом воспламенении рассматриваемых смесей лёгких углеводородов. Определены общие закономерности и различия при воздействии плазмы на воспламенение в этих смесях.

Литература

1. Starikovskaia, S M 2006 *J. Phys.D: Appl. Phys.* **39** R265-99
2. Popov, N A 2007 *High Temp.* **45** 261-79
3. Starikovskiy A and Aleksandrov N 2013 *Progr. Energy Comb. Sci.* **39** 61-110
4. Samukawa S, Hori M, Rauf S et al. *J. Phys.D: Appl. Phys.* **45** 253001 (37 pp)