Воспламенение этанола под действием высоковольтного наносекундного разряда

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

МФТИ, Долгопрудный, РФ, yuki@neq.mipt.ru
\*Princeton University, Princeton, USA, astariko@princeton.edu

В последнее время наблюдается повышенный интерес к возобновляемым источникам энергии. В рамках экологической программы этанол часто используется в качестве альтернативного топлива. Это связано не только с пониженным содержанием вредных составляющих в выхлопе по сравнению с традиционными видами топлива, но и с относительной простотой синтеза C2H5OH из биомассы, количество которой не уменьшается.

В данной работе экспериментально и теоретически исследовались процессы воспламенения этанола под действием высоковольтного наносекундного импульсного разряда, развивавшегося в форме волны ионизации. Эксперименты проводились на ударной трубе, дополненной разрядной секцией, за фронтом ударной волны. Измерения были проведены в смесях C2H5OH:O2:Ar (90% Ar) для стехиометрических соотношений 1 и 0.5 как для случая воспламенения после разряда, так и для самовоспламенения. Давление и температура смеси за фронтом ударной волны восстанавливались по измеренным скоростям её движения. Также измерялись времена задержки воспламенения и зависимости от времени разрядного тока и поля в разряде. Подробное описание схемы установки, а также методика проведения экспериментов приведена в работе [1]. Было показано, что использование неравновесной плазмы приводит к сокращению времени задержки воспламенения. Этот результат почти не зависит от доли горючего в смеси.

Численное моделирование само- и стимулированного плазмой воспламенения осуществлялось в нульмерном приближении в силу однородности плазмы в рассматриваемых условиях. Для определения воздействия разряда на газ по измеренным разрядным характеристикам восстанавливалась динамика приведённой напряженности электрического поля, на основе которой с помощью решения уравнения Больцмана находились константы скорости ионизации и возбуждения нейтральных частиц электронным ударом в разряде. Далее решались уравнения баланса для заряженных и возбуждённых частиц, а также для атомов и радикалов, что позволяло определять их концентрации в послесвечении разряда. Эти данные использовались для моделирования воспламенения под действием разряда. При этом численно решались уравнения баланса для различных химических компонентов смеси и температуры газа. Для описания воспламенения этанола использовалась кинетическая схема из работы [2].

Результаты расчёта времен воспламенения для само- и стимулированного плазмой воспламенения согласуются с экспериментом. Как и для случая воспламенения других углеводородов, воздействие плазмы сводилось к наработке активных частиц, основным сортом которых являлся атомарный кислород, образующийся при диссоциации О2 электронным ударом в разряде, а также при тушении электронно-возбужденных молекул аргона в его послесвечении.

Литература

1. Kosarev I.N., Aleksandrov N.L., Kindysheva S.V., Starikovskaia S.M., Starikovskii A.Yu., Combust. Flame, 2008, 154, 569.
2. Marinov N. M., Int. J. Chem. Kinet., 1999, 31, 183.