Исследование термического и плазменно‑стимулированного воспламенения смеси диметилэфира с кислородом

Александров Н.Л., Белов С.О., Киндышева С.В., Косарев И.Н., 1Стариковский А.Ю.

Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская область,
 Россия, ilyakosarev@gmail.com
1Принстонский университет, г. Принстон, США, astariko@princeton.edu

Кислородсодержащие топлива привлекают все большее внимание при рассмотрении проблемы снижения вредных выбросов от двигателей внутреннего сгорания. В дизельных двигателях кислородсодержащие добавки продемонстрировали возможность снижения выбросов сажи, которые являются основным препятствием для расширения использования двигателей этого типа. Кроме того, многие виды восполняемых биотоплив содержат в своих соединениях кислород, что является дополнительным мотивом при изучении детальной кинетики горения кислородсодержащих топлив. Диметиловый эфир (ДМЭ, H3C–O–CH3) является одним из наиболее простых кислородсодержащих соединений. При этом кинетика горения и воспламенения ДМЭ недостаточно хорошо изучена экспериментально, и нет общепринятых, устоявшихся кинетических механизмов для ее моделирования. Цель данного исследования заключается в расширении экспериментальной базы данных для воспламенения ДМЭ и совершенствовании кинетических механизмов моделирования его воспламенения, в частности — под действием неравновесной разрядной плазмы.

В настоящей работе экспериментально и численно изучалась кинетика воспламенения стехиометрической смеси ДМЭ с кислородом, разбавленной на 90% аргоном. Время задержки воспламенения измерялось в ударной трубе за отраженной ударной волной при термическом воспламенении и при воспламенении с помощью высоковольтного наносекундного разряда в диапазоне температур 1200 – 1800 К и давлений 0,4 – 1,1 атм. Схема эксперимента и используемые диагностические методики подробно описаны в [1]. Время воспламенения определялось по резкому пику излучения радикала CH. Инициирование разряда после нагрева за фронтом ударной волны приводило к существенному (на порядок величины) 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 без разряда и при его наличии сравнивались с полученными экспериментально временами. Представлен анализ чувствительности используемых кинетических схем воспламенения, позволяющий определить основные лимитирующие реакции при плазменно-стимулированном и термическом воспламенении.

Литература

1. Kosarev I.N., Aleksandrov N.L., Kindysheva S.V., Starikovskaia S.M., Starikovskii A.Yu., Combust. Flame, 2008, 154, 569.Starikovskaia, S M *J. Phys.D: Appl. Phys*. **39** 265-99