Управление воспламенением в компрессионном двигателе с гомогенным зарядом с помощью стримерных разрядов

Филимонова Е.А., Бочаров А.Н., Битюрин В.А.

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия,
helfil@mail.ru, bocharov@ihed.ras.ru, valentin.bityurin@gmail.com

В связи с возросшими требованиями к составу выхлопных газов автомобилей, к расходу топлива, мощности и эффективности работы двигателя, широко исследуются другие возможности организации горения в двигателях внутреннего сгорания, как с искровым зажиганием, так и в компрессионных двигателях, в том числе, дизельном. В настоящее время считается очень перспективным двигатель, в котором воспламенение происходит за счет сжатия гомогенного заряда (HCCI engine). У такого двигателя слабым звеном является управление моментом воспламенения, пропуски воспламенения и колебания давления при поджатии смеси вблизи верхней «мертвой» точки. Предполагается, что управление низкотемпературной стадией горения с частичным выделением тепла может расширить диапазон стабильной работы двигателя. Для управления низкотемпературной стадией предлагается создать гибридные двигатели (spark-assisted HCCI engines), в которых используется искровой разряд небольшой мощности на стадии сжатия топлива [1]. Однако, в качестве инициатора горения могут быть использованы и другие виды разрядов, например, высокочастотный коронный разряд положительной полярности с длительностью импульса — 200 – 300 нс (*f* ~ 3 – 5 МГц) [2].

В данной работе было проведено численное исследование влияния химически активных частиц на задержку воспламенения в компрессионном двигателе в 0-мерной постановке. Модель включает замкнутое описание характеристик топливно-воздушной смеси, учитывающее наличие массо- и энергообмена между рабочим цилиндром и системами ввода-вывода. В расчетах разряд моделировался как внешний источник, который обрабатывал инжектируемую в цилиндр топливно-воздушную смесь в течение 5 градусов угла поворота коленвала. Предполагалось, что химически активные частицы (атомы O, H, углеводородные радикалы) были наработаны в результате диссоциации электронным ударом молекул бедной пропано-воздушной смеси в высокочастотном коронном разряде. Нагрев инжектируемой массы в результате действия разряда тоже учитывался (зависел от удельного энерговклада и составлял не более 200°). Концентрации химически активных частиц находились в приближении постоянного приведенного электрического поля *E*/*n* = 100 Td для удельного энерговклада 0,01 – 0,11 эВ/молек. Для описания процесса горения в цилиндре двигателя использовалась собственная кинетическая схема, состоящая из 103 компонентов и 700 реакций [3]. Основное внимание было уделено изменению протекания низкотемпературной стадии выделения тепла под воздействием электрического разряда.

В результате моделирования было показано, что наработанные разрядом химически активные частицы являются активаторами воспламенения, которые меняют процесс протекания низкотемпературной стадии горения, «подталкивая» ее начало и ускоряя протекание в случае холодного старта или использования бедной смеси, для которых характерны пропуски воспламенения. При моделировании было выявлено, что чувствительность плазменно-стимулированного воспламенения к степени обедненности меньше, чем к начальной температуре подогрева смеси и к наличию химически активных частиц, наработанных в разряде.

Литература

1. Saxena S., Bedoya I. D. Progress in Energy and Combustion Science, 2013, v.39, p. 457.
2. Mariani A., Foucher F. Applied Energy, 2014, v.122, p. 151.
3. Filimonova E.A. J. Phys. D: Appl. Phys., 2015, v.48, 015201 (16pp).