РАСЧЕТ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗА В АКТИВИРОВАННОЙ ОБЛАСТИ, СОЗДАННОЙ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИМ СТРИМЕРНЫМ РАЗРЯДОМ В КОМПРЕССИОННОМ ДВИГАТЕЛЕ

Филимонова Е.А., Найдис Г.В., Добровольская А.С.

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия,
 helfil@mail.ru, gnaidis@mail.ru, dobrovolskaya.anastasia@gmail.com

В настоящее время создаются гибридные двигатели внутреннего сгорания, где инициатором горения является не обычная искра от свечи зажигания, а неравновесный электрический разряд, например, коронный разряд мегагерцовой частоты [1]. Такие разряды дают возможность создать стабильные условия для работы компрессионного двигателя, работающего на обедненных смесях или при низких температурах подачи топливно-воздушной смеси. Доля объема активированной области по отношению к объему камеры сгорания зависит от давления, температуры, энерговклада и др. За время действия разряда благодаря перемещению стримерных каналов в пространстве и диффузии за счет турбулентного перемешивания, связанного с движением поршня и подачи топлива в камеру сгорания (оценки времени перемешивания даны в работе [2]) создается активированная область, степень однородности которой по химическому составу и температуре зависит от разных параметров. Задача состоит в определении этого состава и температуры активированной области для бедной пропано-воздушной смеси.

В рамках идеологии, изложенной в работе [3], предполагается, что разряд имеет две стадии: 1-я стадия – стримерная, с высоким полем, где идет наработка химически активных частиц, но с небольшим нагревом газа; 2-я стадия – стадия вложения энергии в стримерный канал, но с малой наработкой частиц. Варьируя напряжение и емкость конденсатора, питающего разряд, можно подобрать нужный нагрев газа. Таким образом, мы имеем разделение двух важных для формирования волны горения процессов: образование активных частиц и нагрев.

Динамика положительных стримеров в смеси N2:O2:C3H8 = 0.7671:0.2043:0.0286 рассчитывалась с помощью двумерной осесимметричной гидродинамической модели. Были найдены G-факторы, определяющие наработку химически активных частиц на 100 эВ вложенной энергии. Нагрев газа в канале находился по методу, описанному в работе [2]. Оценка средней температуры активированной области определялась из закона сохранения энтальпии с учетом доли объема, занятой стримерами. Состав газа в активированной области вычислялся с помощью программы РАДИКАЛ [4] с учетом полученных G-факторов и нагрева активированной области. Программа РАДИКАЛ позволяет учесть многоимпульсный режим, диффузию стримерных каналов и неоднородность заполнения стримерами области, обрабатываемой разрядом. Найденный состав смеси к моменту окончания действия разряда и температура активированной области использовались в качестве начальных условий для задачи формирования волны горения. В результате 1D моделирования были получены зависимости скорости волны горения, времени воспламе- нения и авто-воспламенения от размера активированной области, ее состава и энерговклада.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 17-52-16002 и 17-53-16003) в рамках проекта Международной Ассоциированной Лаборатории (Франция-Россия).

Литература

1. Mariani A., Foucher F. Appl. Energy, 2014, v. 122, p.151.
2. Filimonova E., Bocharov A., Bityurin V. Fuel, 2018, v. 228, p.309.
3. Naidis G.V. J. Phys. D: Appl. Phys., 2007, v. 40, p. 4525.
4. Zhelezniak M.B., Filimonova E.A. High Temperature, 1998, v. 36, p. 352.