

ОКИСЛЕНИЕ ПРОПАНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ, АКТИВИРОВАННОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ ПЛАЗМОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО КОРОННОГО РАЗРЯДА ^{*)}

Филимонова Е.А., Добровольская А.С.

Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия, helpfil@mail.ru

Проблема воспламенения бедных смесей – актуальная задача, возникающая при разработке современных энергоэффективных двигателей. Трудности воспламенения и формирования волны горения в бедной смеси при использовании обычной свечи зажигания преодолеваются применением высокочастотных (2-5 МГц) коронных разрядов. Однако использование неравновесной плазмы такого разряда в двигателе может привести к дополнительной наработке нетермических оксидов азота, особенно в случае обедненной топливно-воздушной смеси, содержащей избыточное количество кислорода. Эта нерешенная до конца проблема сдерживает применение такого типа разрядов в двигателе внутреннего сгорания. Поэтому важно ответить на вопрос, при каких условиях и какой тип разряда подходит для замены свечи зажигания при использовании бедных смесей. Также важно понять влияние разряда на другие составляющие выхлопа: оксиды углерода и несгоревшие углеводороды.

В работе [1] измеренный состав бедной пропано-воздушной смеси с коэффициентом избытка топлива в диапазоне 0.2-0.45 при повышенном давлении до 5 бар, активированной высокочастотным коронным разрядом, показал, что в отсутствие воспламенения тем не менее происходит окисление смеси. Химически активные частицы, наработанные разрядом, при взаимодействии с топливом снижают концентрацию пропана и дают долгоживущие промежуточные компоненты и оксиды азота.

Целью данной работы было выявить процессы, которые приводят к изменению состава под воздействием неравновесной плазмы, и сравнить результаты моделирования с данными работы [1]. Предварительно перемешанная смесь при $T=300$ К протекала непрерывно через камеру сгорания объемом 200 см^3 , где в течение 3 мс в центре камеры она обрабатывалась разрядом с частотой 2.54 МГц. За это время энергия, вложенная в зону разряда, составляла ~ 3 Дж. Объем обработанной зоны зависел от давления: чем больше давление, тем меньше активированная разрядом зона. Чтобы найти состав и нагрев смеси, использовался подход, изложенный в работе [2]. Нагрев смеси за время действия разряда не превышал 260 градусов. При моделировании принимался во внимание многоимпульсный и многоканальный подвод энергии. Расчеты показали, что необходимо учитывать изменение состава смеси и температуры в стримерном канале при прохождении через него каждого последующего стримера. Ключевым компонентом для разложения пропана является атом О, наработанный разрядом, а для образования NO необходимо учитывать наработку атомов N в возбужденном и основном состоянии. На после разрядной стадии происходит дальнейшее снижение концентрации пропана, что приводит к росту концентрации промежуточных продуктов окисления, таких как C_3H_6 , C_2H_4 , CO. Сама активированная область почти не расплывается за время 100 мс.

Сравнение значений концентраций C_3H_8 , NO, NO_2 (в единицах ppm) сразу после окончания действия разряда со значениями, измеренными в эксперименте [1], показало хорошее согласие. Концентрации C_3H_6 , C_2H_4 , CO на момент окончания действия разряда отличались от измеренных, они были меньше, но продолжали со временем увеличиваться. По-видимому, они были измерены позднее, чем C_3H_8 , NO, NO_2 .

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-29-00791.

Литература

- [1]. Yu X., Wang L., Yu S., Wang M., Zheng M. 2022, PSST. 31(5). 055004.
- [2]. Filimonova E.A., Dobrovolskaya A.S., Bocharov A.N., Bityurin V.A., Naidis G.V. 2020, Combust. Flame. 215. 401–416.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)