

ВНЕДРЕНИЕ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА В ПЛАМЯ МЕТАН-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Быков А.А.¹, Торбин А. П.^{1,2}

¹Самарский университет, г. Самара

²Самарский филиал ФИАН, г. Самара, torbinalex@gmail.com

Ключевые слова: диэлектрический барьерный разряд, плазменно-иницированное горение

Плазменное, химическое или лазерное инициирование и поддержание горения целесообразно применять в энергетических установках, использующих обедненные топливно-воздушные смеси (ТВС). Относительно недавно появились работы, где экспериментально были показаны возможности использования диэлектрического барьерного разряда (ДБР) в процессах горения – для подавления образования сажи [1] и для увеличения скорости горения бедных ТВС [2]. В настоящее время имеется определенное понимание физическо-химических механизмов, протекающих в ДБР, используемых для плазменной инициации горения, однако, из-за нехватки известных кинетических данных, существует необходимость сравнения существующих кинетических моделей с как можно большим количеством экспериментальных результатов.

Целью представленной работы являлось экспериментальное исследование влияния ДБР на устойчивость горения метан-воздушной смеси.

Использованная экспериментальная установка получения ДБР подробно описана в [3]. Предварительно перемешанная метан-воздушная смесь поступала в зону разряда через боковые стенки центрального электрода. В качестве воздуха использовалась смесь технических азота и кислорода в соотношении 4:1. Два резиновых кольца закрепляли центральный алюминиевый электрод, покрытый слоем Al_2O_3 , внутри кварцевой трубки с внутренним диаметром 16 мм и толщиной стенки 2 мм. Расстояние от вершины центрального электрода до верхнего края кварцевой трубки составляло 15 см. Внешний электрод был выполнен в виде кольца из мелкой стальной сетки, обеспечивающей диффузный ДБР. Ширина разрядного промежутка составляла 1 мм. При данной конфигурации установки и общем расходе газа 4 л мин^{-1} пламя горело вблизи вершины центрального электрода и располагалось внутри кварцевой трубки, что исключало попадание в зону горения побочных компонентов из атмосферы.

Табл.1– Внешний вид пламён при разных мощностях, вкладываемых в разряд

$\phi \backslash W$	0 Вт	30 Вт	50 Вт	60 Вт	0 Вт (OFF)
0.62					

В данной работе продемонстрировано влияние барьерного разряда, расположенного в непосредственной близости к области горения на скорость распространения и стабильность пламени предварительно перемешанной обедненной метан-воздушной смеси (табл.1). При расходе воздуха 4 л мин^{-1} и коэффициенте избытка топлива $\phi=0.62$ горение метана без разряда в нашей установке происходит неустойчиво, периодически наблюдается отрыв пламени. Такое значение коэффициента избытка топлива ϕ_{ext} мы считаем минимально возможным, при котором ещё происходит горение метан-воздушной смеси в наших условиях. При работе разряда с мощностью 30 Вт пламя при том же ϕ горело стабильно в течение долгого времени, а наибольшая устойчивость достигалась при 50-60 Вт. На фотографиях в табл.1 также заметно,

что при увеличении вкладываемой мощности снижается высота пламени. Наблюдаемый факт указывает на повышение скорости горения бедных смесей при наличии разряда

Были проведены эксперименты по определению влияния барьерного разряда на ϕ_{ext} . В экспериментах после зажигания стабильного пламени доля метана в смеси постепенно уменьшалась путем снижения расхода CH_4 с шагом $1 \text{ см}^3 \text{ мин}^{-1}$. При определенном расходе метана пламя гасло, и мы фиксировали ϕ_{ext} . Затем процедура повторялась при включенном разряде для разных мощностей, вкладываемых в разряд. Полученная зависимость ϕ_{ext} от мощности разряда при постоянном расходе воздуха 4 л мин^{-1} представлена на рис.1. Из рис.1 видно, что до мощности 20 Вт наличие разряда не приводит к заметному изменению ϕ_{ext} , но при дальнейшем повышении мощности разряда ϕ_{ext} значительно снижается. При 85 Вт ϕ_{ext} был снижен на 28% относительно значения без разряда. Дальнейшее повышение мощности в нашей конструкции разряда было невозможно.

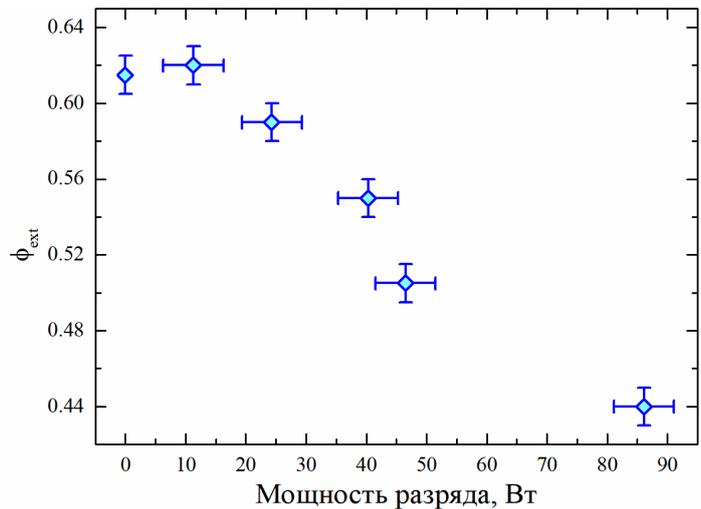


Рис.1 – Зависимость ϕ_{ext} от мощности, вкладываемой в разряд

Список литературы

1. Soot suppression by nonthermal plasma in coflow jet diffusion flames using a dielectric barrier discharge / Cha M.S., Lee S.M., Kim K.T., Chung S.H. // Combustion and flame. 2005. V. 141, № 4. P. 438-447.
2. Burning velocity measurement of lean methane-air flames in a new nanosecond DBD microplasma burner platform / Elkholy A., Shoshyn Y., Nijdam S., van Oijen J.A., van Veldhuizen E.M., Ebert U., de Goey L.P.H. // Experimental Thermal and Fluid Science. 2018. V. 95. P. 18-26.
3. Ozone and oxygen atoms production in a dielectric barrier discharge in pure oxygen and O_2/CH_4 mixtures. Modeling and experiment / Mikheyev P.A., Demyanov A.V., Kochetov I.V., Sludnova A.A., Torbin A.P., Mebel A.M., Azyazov V.N. // Plasma Sources Science and Technology. 2020. V. 29, № 1. P. 015012.

Сведения об авторах

Быков Антон Алексеевич, студент группы 4302-030302D. Область научных интересов: плазменно-иницированное горение.

Торбин Алексей Петрович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник. Область научных интересов: кинетика элементарных процессов в области горения и плазме.

IMPLEMENTATION OF BARRIER DISCHARGE INTO A METHANE-AIR FLAME

Bykov A.A.¹, Torbin A.P.^{1,2}

¹Samara National Research University, Samara, Russia

²Lebedev Physical Institute, Samara Branch, Samara, Russia, torbinalex@gmail.com

Keywords: dielectric barrier discharge, plasma-assisted combustion

The paper shows the effect of a dielectric barrier discharge on the stability of the methane-air flame combustion, in particular on the ϕ of flame separation.