

УДК 533.9.01

ДЕМОНСТРАЦИЯ ВЛИЯНИЯ БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА НА ГОРЕНИЕ ОБЕДНЕННЫХ МЕТАН-ВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ

© Быков А.А., Торбин А.П., Михеев П.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: antonmegabykov@gmail.com

Изучение диэлектрического барьерного разряда (ДБР) началось давно, в основном в связи с потребностью в промышленном производстве озона и в модификации различных поверхностей [1]. Относительно недавно появились работы, где экспериментально были показаны возможности использования ДБР в процессах горения – для подавления образования сажи [2] и для увеличения скорости горения бедных топливно-воздушных смесей [3]. В данной работе продемонстрированы возможности ДБР по повышению стабильности горения метан-воздушной смеси и увеличению скорости распространения пламени.

Таблица. Фотографии пламен метан-воздушной смеси при разных мощностях W

$\phi \backslash W$	0 Вт	30 Вт	50 Вт	60 Вт
0.97				
0.70				
0.62				

Эксперименты по изучению свойств ДБР в условиях плазменно-инициированного горения проводились на специально созданной горелке, подробно описанной в работе [4]. Фотографии пламен смеси CH_4 -воздух, полученных при нескольких коэффициентах избытка топлива ϕ , разных вкладываемых в разряд мощностях W и постоянном расходе воздуха 4 л/мин приведены в таблице. В случае

$\varphi = 0,97$ (близкой к стехиометрической смеси) наличие ДБР не приводило к существенным изменениям в форме и высоте пламени. Наблюдалось усиление оранжевого свечения, что указывает на образование сажи и других вредных выбросов.

Сильное оранжевое свечение сохранялось в течение нескольких минут после выключения разряда. Данные наблюдения подтверждают нецелесообразность использования ДБР для стехиометрической смеси.

В случае обедненных смесей $\varphi = 0.70$ и 0.62 при увеличении вкладываемой мощности наблюдалась стабилизация горения и формы факела. При $\varphi = 0.62$ пламя периодически потухало без включенного разряда, а при работе разряда $W = 30$ Вт пламя при том же φ горело стабильно в течение долгого времени. Наиболее стабильное горение и симметричная форма факела в обоих случаях достигались при мощности 50–60 Вт. На фотографиях в таблице также заметно, что при увеличении вкладываемой в разряд мощности снижается высота пламени. Наблюдаемый факт указывает на повышение скорости распространения пламени обедненных смесей при наличии разряда, что хорошо согласуется с существующими представлениями о кинетике ДБР.

При расходе воздуха 4 л/мин и $\varphi=0.62$ горение метана в нашей установке происходит нестабильно, периодически наблюдается отрыв пламени. Такой уровень коэффициента избытка топлива φ_{ext} мы считаем минимально возможным, при котором еще происходит горение метан-воздушной смеси в наших условиях. Были проведены эксперименты для определения 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 см³/мин. При определенном расходе метана пламя гасло и проводилась регистрация значения φ_{ext} . Затем процедура повторялась при включенном разряде для разных мощностей, вкладываемых в разряд. Из полученной зависимости φ_{ext} от W стало очевидно, что до мощности 20 Вт наличие разряда не приводит к заметному изменению φ_{ext} . Однако при дальнейшем повышении мощности разряда φ_{ext} значительно снижается. При $W = 85$ Вт φ_{ext} был снижен на 28 % относительно значения без разряда. Дальнейшее повышение W в нашей конструкции разряда было невозможно.

Библиографический список

1. Kogelschatz U. Dielectric-barrier discharges: their history, discharge physics, and industrial applications // Plasma chemistry and plasma processing. 2003. V. 23, № 1. P. 1–46.
2. Cha M.S., Lee S.M., Kim K.T., Chung S.H. Soot suppression by nonthermal plasma in coflow jet diffusion flames using a dielectric barrier discharge // Combustion and flame. 2005. V. 141, № 4. P. 438–447.
3. Elkholy A., Shoshyna Y., Nijdam S. Burning velocity measurement of lean methane-air flames in a new nanosecond DBD microplasma burner platform // Experimental Thermal and Fluid Science. 2018. V. 95. P. 18–26.
4. Mikheyev P.A., Demyanov A.V., Kochetov I.V., Sludnova A.A., Torbin A.P., Mebel A.M., Azyazov V.N. Ozone and oxygen atoms production in a dielectric barrier discharge in pure oxygen and O₂/CH₄ mixtures. Modeling and experiment // Plasma Sources Science and Technology. 2020. V. 29, № 1. P. 015012.