

Применение PIV для изучения гидродинамики течения при воздействии электрического поля на ламинарное пламя*

О.В. ГАНЕЕВ

Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН
e-mail: ganeev.oleg@gmail.com

Burning of various hydrocarbons is actively used in the modern industry for power generation. Imposing of external electric fields is one possible method to control combustion. The diagnostic complex "POLIS" was applied to study influence of electric fields on flame hydrodynamic. The complex was developed in ITP SB RAS. The possibility of using this technique is proved. Examples of the experimental images and restored velocity vector fields are shown in this article. Effect of electric field hydrodynamic is not observed until the combustion front.

В современной промышленности для получения энергии активно используется сжигание различных углеводородов. Появляется интерес к повышению экономических и экологических показателей данных процессов. Один из возможных способов управления горением – наложение внешнего электрического поля. Электрическое поле благодаря наличию заряженных частиц в зоне химических реакций может существенно повлиять на процессы горения путем изменения структуры течения. Для изучения механизма воздействия поля на пламя необходимо развитие методов диагностики гидродинамики реагирующих течений, с целью получения информации о локальных значениях скоростей вблизи зоны реакции.

В существующих работах в качестве основного механизма влияния электрического поля на гидродинамику пламени указывается ионный ветер. Ионный ветер является следствием ионного потока при наложении поля на пламя. По данным [1] максимальная скорость ионного ветра описывается формулой: $V_{max} = \frac{E}{2\sqrt{\pi\rho}}$, для наших экспериментов $V_{max} \approx 0.15$ м/с при средней скорости потока 1 м/с. На основе этих оценок подбиралась необходимая точность регистрирующей аппаратуры.

Общая схема экспериментальной установки показана на рис.1. Пропан и сжатый воздух из баллонов 1,2 подавались на регуляторы расхода 5,6, позволяющие задавать расходы газов с точностью не хуже 1%. Воздух дополнительно очищался фильтром 4. Далее газы подавались в смеситель 7. Перемешанная смесь пропана и воздуха подавалась на горелку типа Бунзена. Электрическая часть состояла из источника 10, напряжение с которого подавалось на ключ с электронно-оптической развязкой 11. Использование данного ключа позволило импульсно-периодическое поле с регулируемой длительностью импульса и скважностью. Режим работы ключа задавался генератором 12. Синхронизация электрических импульсов и оптической регистрирующей аппаратуры выполнялась блоком синхронизации из диагностического комплекса "ПОЛИС". Использовались кольцевые и плоские электроды, выбор осуществлялся в зависимости

*Работа выполнена при поддержке программы ОЭМПУ РАН №1 "Фундаментальные проблемы горения и детонации в энергетике"(проект-1.2).

от поставленной задачи. Контроль напряжения и тока, проходящего через пламя, выполнялся с помощью осциллографа 9 и шунтирующих резисторов. В экспериментах был

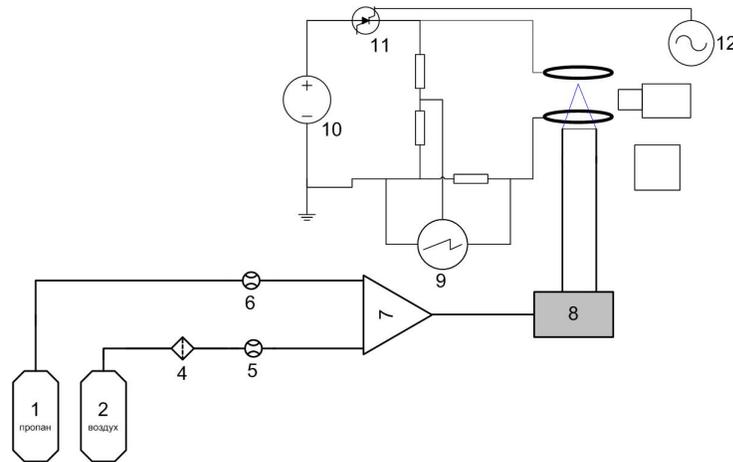


Рис. 1. Экспериментальная установка

апробирован диагностический комплекс - измеритель скоростей "полис разработанный в ИТ СО РАН. Наличие горения в зоне регистрации накладывает ограничения на возможности комплекса. Во-первых, необходимо использование трассеров устойчивых к высоким температурам, так в опытах использовался оксид титана (TiO_2). Во-вторых, собственное излучение из зоны химических реакций, а так же разогрев частиц вносят значительные помехи при регистрации. Поэтому полоса регистрируемого спектра должна быть как можно уже с максимумом на длине волны излучения используемого лазера (532нм). На рис.2 показаны примеры полученных на данной экспериментальной установке изображений и восстановленное векторное поле скоростей.

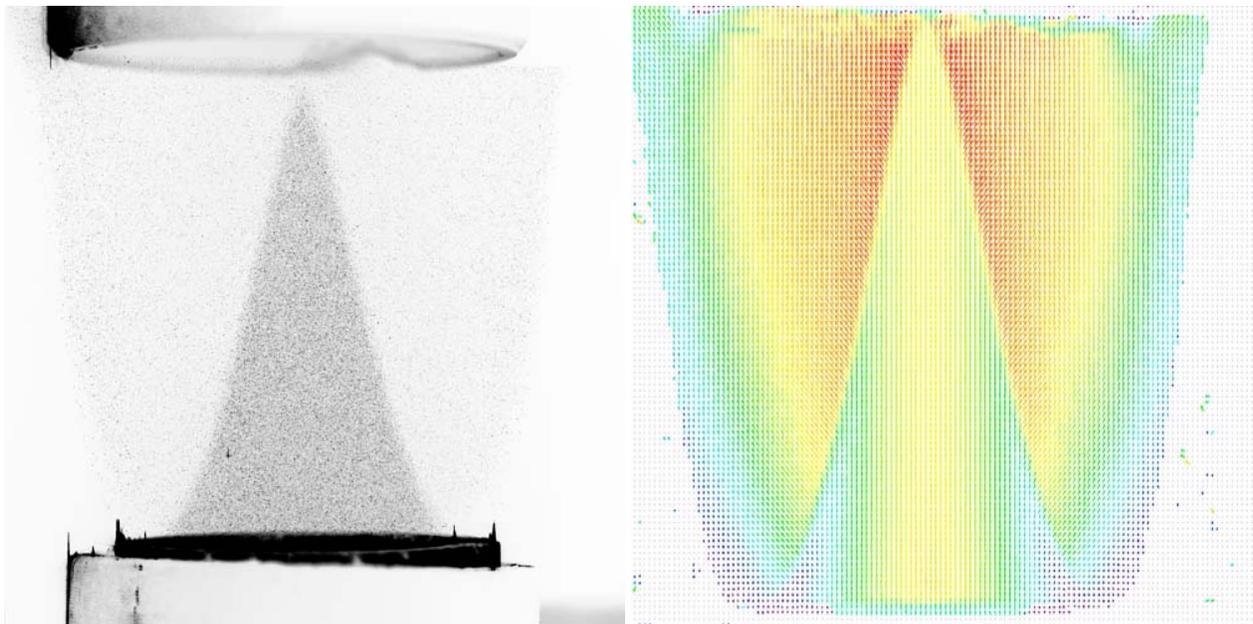


Рис. 2. Пример экспериментального снимка и восстановленное векторное поле скоростей

На основе этих данных строились профили компонент скорости на определенной

высоте, например на рис.3 показаны профили компонент скорости на высоте 15мм при воздействии импульсно-периодического электрического поля плоских электродов. Из

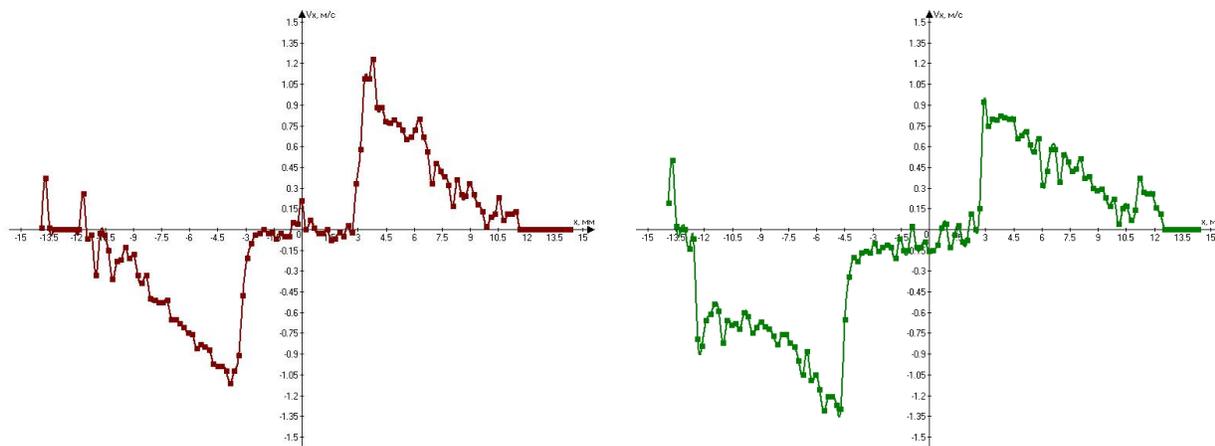


Рис. 3. Профиль V_x через 0мс и 60мс после начала импульса

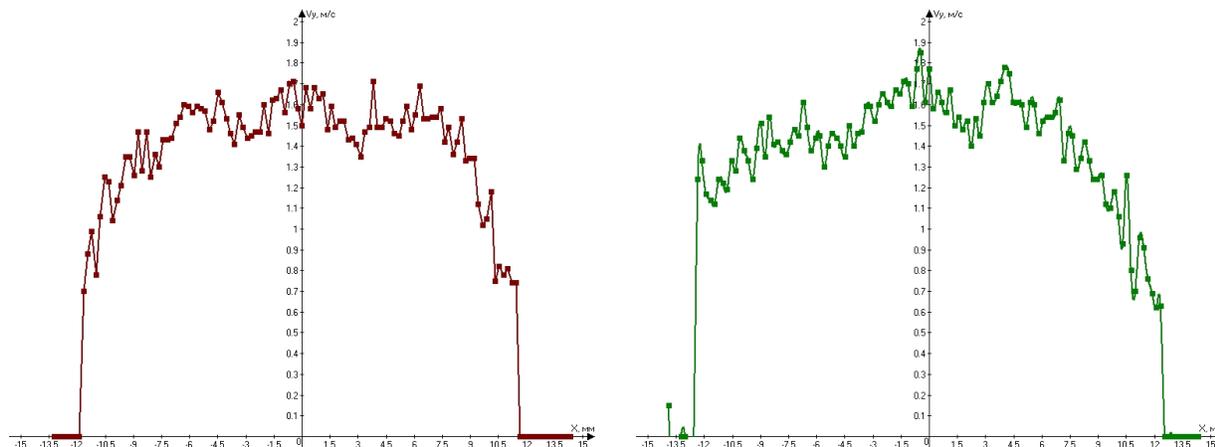


Рис. 4. Профиль V_y через 0мс и 60мс после начала импульса

данных графиков видно, что электрическое поле практически не влияет на поток до фронта горения. При этом существенно изменяется поле скоростей продуктов горения, особенно со стороны отрицательного электрода. При этом скорость движения фронта со стороны отрицательного электрода соответствует оценки максимальной скорости ионного ветра.

При анализе данных полученных при использовании кольцевых электродов также показывают отсутствие влияния электрического поля на поток свежей смеси до фронта горения. Наблюдается изменение профилей компонент скоростей, наиболее заметное в верхней части факела. При наложении электрического поля наблюдается уширение факела, наиболее выраженное при отрицательном потенциале на верхнем электроде.

Т.е. при использовании как кольцевых, так и плоских электродов наблюдается отсутствие влияния электрического поля на поток до фронта горения. Основное влияние электрического поля происходит на зону химических реакций и продукты горения.

Список литературы

- [1] J. LAWTON, F.J. WEINBERG Electrical aspects of combustion // Clarendon P. 1969. 355p.