

ХАРАКТЕРИСТИКИ ФАКЕЛА ПРИ СЖИГАНИИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С ПАРОВОЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ

Ануфриев И.С.¹, Копьев Е.П.^{1,2}

¹ Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, пр. Лаврентьева, 1

² Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 630090, Россия, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

Предварительные исследования [1], показали, что при подаче в зону горения перегретого водяного пара горение жидких углеводородов резко интенсифицируется. В лабораторной модели автономного горелочного устройства (~10 кВт) исследован процесс горения дизельного топлива с паровой газификацией. Нагрев воды и перегрев пара (~400°C), поступающего через форсунку в зону горения, обеспечиваются за счет тепловыделения реакции (расход воды ~0.3 кг/ч). Подача воздуха в горелку – естественная, из окружающей атмосферы. В отсутствие струи пара формируется пламя, характерное для горения углеводородных топлив, содержащее большое количество сажи. При подаче пара происходит паровая газификация продуктов термического разложения жидкого топлива с образованием синтез-газа, возникает яркий высокотемпературный факел, изменяется состав продуктов горения (отсутствует сажа).

Основной целью исследований на данном этапе являлось получение экспериментальных данных о структуре потока и распределении температуры во внешнем факеле горелочного устройства, необходимых для верификации разрабатываемой физико-математической модели исследуемого режима горения жидких углеводородов.

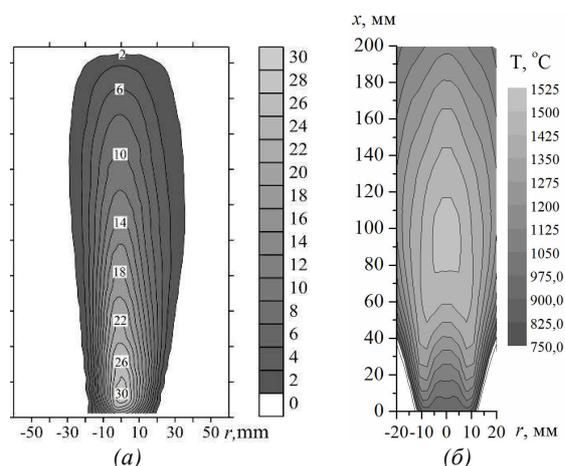


Рис.1. (а) Распределение аксиальной компоненты средней скорости, м/с; (б) поле средней температуры

Измерения поля скорости в факеле осуществлялись на основе метода цифровой трассерной визуализации (particle image velocimetry, PIV) с использованием PIV-системы «Полис», разработанной в ИТ СО РАН. Данный метод основан на регистрации перемещений частиц (трассеров), добавляемых в исследуемый поток. В случае горения предварительно перемешанной газовой смеси в качестве трассеров обычно используют твердые микрочастицы оксида

алюминия, титана, магния, кремния и т.д., выдерживающие тепловую нагрузку в пламени. В исследуемом горелочном устройстве такой способ засева потока трассерами тоже невозможен. Поэтому в качестве трассеров были использованы частицы силиконового масла, которые добавлялись в жидкое топливо [2]. Это обеспечило необходимый для PIV-измерений засев потока трассерами. Образующиеся частицы оксида кремния имеют размер ~1 мкм (что обеспечивает скоростное равновесие фаз) и хорошо различимы на PIV-изображениях.

Для измерения температуры в факеле использовалась платинородий-платинородиевая термопара (диаметр 0,5 мм), закрепленная на координатно-перемещающем устройстве (пространственный шаг 5 мм по горизонтали, 10 мм по вертикали). Измерения поля скорости и температуры проведены в плоскости симметрии факела. Суммарная погрешность измерений в пределах 10%.

Полученные распределения средней по времени скорости потока в факеле (см. рис.1-а) демонстрируют немонотонную зависимость аксиальной компоненты скорости от продольной координаты: на оси факела ее значение достигает максимума (~30 м/с) на некотором расстоянии от среза горелки, что свидетельствует о неполном сгорании смеси до выхода в атмосферу.

Результаты измерений поля средней температуры показывают, что область максимальной температуры (~1500°C) находится на расстоянии ~0.1 м от среза горелки (см. рис.1-б). Вблизи выхода из горелки изотермы имеют форму, характерную для диффузионного режима горения: выходящий из горелки поток содержит компоненты, которые догорают по мере поступления окислителя из окружающей атмосферы.

Список литературы:

1. Алексеенко С.В., Пашенко С.Э., Саломатов В.В. Нанокластерное инициирование горения некондиционных углеводородных топлив // ИФЖ. 2010. Т. 83, № 4. С. 682–693.
2. Алексеенко С.В., Ануфриев И.С., Вигриянов М.С., Дулин В.М., Копьев Е.П., Шарыпов О.В. Сажепаровый режим горения жидких углеводородов: распределение скорости в факеле горелки // Теплофизика и аэромеханика. 2014. Т.21, №3.

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Минобрнауки России, Программы Президиума РАН «Горение и взрыв», Программы совместных фундаментальных исследований СО РАН и НАНБ 2012-2014 гг., РФФИ (проект № 14-08-00177-а)