

ОПТИМАЛЬНЫЙ СПОСОБ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНО-ПЕРИОДИЧЕСКИМ НАНОСЕКУНДНЫМ РАЗРЯДОМ НА ЭНЕРГОЕМКИЕ ПРОЦЕССЫ^{*)}

Филимонова Е.А., Добровольская А.С., Битюрин В.А., Бочаров А.Н.

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

Устойчивое воспламенение и стабильное горение топливно-воздушных смесей является важным технологическим требованием для силовых установок, использующих энергию топлива. Как правило, в термодинамическом цикле должен присутствовать элемент активации исходной смеси, который предопределяет переход смеси из исходного состояния в равновесное высокотемпературное, в котором рабочее тело может совершить полезную работу. Кроме того, важен временной интервал этапа активации. Требование эффективности активации подразумевает оценку необходимых энергетических затрат.

В области плазменно-стимулированного горения считается, что импульсно-периодический, в том числе, коронный, наносекундный разряд хорошо подходит для воспламенения слабо реакционных бедных смесей, что было продемонстрировано во многих работах. Создается впечатление, что данный тип разряда способен решить проблему воспламенения любой бедной смеси при соответствующих условиях, и тогда можно управлять конечной стадией работы системы, изменяя ее параметры (активация) на стадии действия разряда.

Чтобы понять, насколько электрический разряд эффективен для воспламенения метано-воздушной смеси, был сделан расчет эволюции состава для трех типов активации: 1) обработка разрядом - создание химически активных частиц и нагрев смеси, 2) создание частичной сверхравновесной диссоциации кислорода и/или азота, 3) предварительный нагрев. Расчёт был проведен в нульмерной постановке, в адиабатической ячейке, чтобы исключить влияние пространственных процессов. Воздействие разрядом было лучшим с точки зрения времени достижения воспламенения (несколько миллисекунд), однако энергозатраты должны быть слишком большими - несколько Мдж/м³. Но если в энергетической системе заметная доля этой энергии будет вкладываться за счёт внешнего подвода тепла (как сжатие поршнем в двигателе), разряд с заметно меньшей удельной энергией может успешно использоваться для воспламенения и управления процессами горения в камере сгорания.

С точки зрения полноты сгорания важны не только концентрация химически активных частиц и нагрев, но и стабилизация горения, и развитие самовоспламенения. В данной работе, с целью определить механизм влияния разряда на различные стадии горения: воспламенение активированной разрядом зоны, продвижение фронта волны горения, самовоспламенение газа перед фронтом, было проведено исследование развития горения пропано-воздушной смеси в камере сгорания, варьируя параметры разряда [1].

Была установлена зависимость между воспламенением активированной разрядом зоны и самовоспламенением газа перед фронтом волны горения. На её основе предложен новый способ управления горением обедненной топливно-воздушной смеси в камере сгорания компрессионного двигателя при помощи высокочастотного коронного разряда. За счет изменения параметров разряда в широком диапазоне можно обеспечить самовоспламенение в узком диапазоне углов поворота коленвала вблизи верхней мертвой точки. Влияние разряда снижается с увеличением степени обедненности смеси.

Таким образом, для достижения желаемого сценария горения топливно-воздушной смеси, требуется оптимальное сочетание внешнего подвода энергии (например, сжатие поршнем) и управляющего электроразрядного воздействия.

Литература

[1]. Dobrovolskaya A.S., Filimonova E.A., Bocharov A.N. // Fuel, 2023, 354, 129349.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)