Пространственно-временное распределение параметров пламени, инициируемого с помощью пульсирующего разряда в условиях сверхзвукового потока

В.М. Шибков, Л.В. Шибкова, П.В. Копыл, А.А. Логунов, Р.А. Морозов, Н.М. Кокоулин

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, shibkov@phys.msu.ru

Целью исследованийявляется экспериментальное определение пространственно-временного распределения параметров пламени, инициируемого с помощью пульсирующего электрического разряда, создаваемого в высокоскоростном пропан-воздушном потоке. Экспериментально тестировались различные типы самостоятельных электрических разрядов. В данной работе основное внимание было сосредоточено на изучении возможности применения для поддержания сверхзвукового горения пропан-воздушного топлива с помощью скользящего по электродам пульсирующего разряда. Плазменно-стимулированное горение осуществлялось в условиях холодного (*Т* = 200 К) сверхзвукового воздушного потока, создаваемого внутри расширяющегося аэродинамического канала при атмосферном давлении окружающего воздуха. Разряд создавался в течение 1 – 2 с, в это же время осуществлялась инжекция углеводородного топлива.

Для измерения в сверхзвуковом потоке степени ионизации газа и температуры пламени использовался диагностический комплекс, позволяющий в масштабах реального времени проводить измерения пространственно-временной эволюции характеристик пламени. Были измерены распределения концентрации электронов и температуры пламени внутри и на выходе расширяющегося гладкого аэродинамического канала. Показано, что температура пламени внутри аэродинамического канала длиной 50 см нарастает вниз по потоку от 1400 К на расстоянии z = 10 см от разрядной области до 1900 К на выходе из канала.

Для подтверждения полученного результата были также проведены измерения с помощью термопары продольного распределения изменения температуры внешней поверхности стенок аэродинамического канала, вызванное процессом сверхзвукового горения в нем пропан-воздушного топлива.

При импульсном создании в течение 2 с пульсирующего разряда в сверхзвуковом воздушном потоке без инжекции пропана внутренняя поверхность стенок аэродинамического канала практически не нагревается.

При плазменно-стимулированном горении пропан-воздушного топлива в области существования разряда скачок температуры внешней поверхности стенки, происходящий на расстоянии *х* = 20 см от входного сечения аэродинамического канала, не превышает двух градусов. В областях интенсивного сверхзвукового горения пропан-воздушного топлива внутренние поверхности стенок нагреваются сильнее. Далее за счет теплопроводности прогревается весь объем стенок, в том числе и внешняя их поверхность. Вниз по потоку температура внешней поверхности стенок остается неизменной на расстояниях до 20 – 25 см от области существования разряда. На больших расстояниях от электродов осуществляется стабилизация сверхзвукового горения пропан-воздушного топлива, начинает расти температура внешней поверхности стенок аэродинамического канала, при этом скачок температуры достигает на его выходе 20 0С. Данный результат не противоречит полученному спектральными методами аксиальному распределению температуры пламени.

Экспериментально получено, что на выходе из аэродинамического канала концентрации электронов в пропан-воздушном пламени равна 2⋅109 см–3, что приблизительно на порядок величины превышает равновесную концентрацию электронов при измеренной температуре пламени 1900 К.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-02-00514-а).