

Об одном методе определения скорости потока в сверхзвуковом канале¹

Ильченко Д.С., Каменщиков С.А., Фирсов А.А.

Студент, сотрудник, студент.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,

Физический факультет, Москва, Россия

E-mail: bonusfrag@mail.ru

В настоящей работе предлагается прямой способ измерения скорости потока как $v = \Delta s / \Delta t$, основанный на создании в потоке маломощного импульсного разряда. Величиной Δt является длительность импульса разряда, а в качестве Δs выступает протяженность разряда вдоль потока. Поскольку скорости процессов переноса плазмы при давлениях $p \geq 0.1$ атм много меньше сверхзвуковых, скорость распространения разряда практически совпадает по скорости и направлению с потоком газа [1].

Импульсный разряд создавался между двух вольфрамовых электродов $\varnothing 0.8$ мм, заключенных в керамическую трубку, с расстоянием между центрами 10 мм. Напряжение на электроды ($U \geq 10$ кВ) подавалось от регулируемого источника питания, позволяющего изменять длительность импульса от 3 до 200 мкс при скважности $Q = 10^3$. Величина тока задавалась балластным сопротивлением, при этом средняя потребляемая мощность не превышала 100 Вт.

Скоростная съемка разряда осуществлялась сверхскоростной цифровой ССД камерой, длительность кадра которой можно было варьировать от ≈ 3 мкс до ≈ 1 с при частоте повторения 50 Гц. Таким образом, за один пуск получалось около 20 фотографий разряда. В результате обработки серии таких кадров определялась средняя длина плазменной струи при данной длительности высоковольтного импульса. Было обнаружено, что при длительности зондирующего разряда $\Delta t \geq 40$ мкс на точность определения длины плазмы оказывают существенное влияние газодинамические возмущения потока, возникающие за внезапным расширением канала. Поэтому наиболее точное определение скорости потока по линейным размерам плазменной струи достигается при длительности высоковольтного импульса (20-30) мкс.

Результаты по определению скорости сверхзвукового потока при помощи импульсного разряда сравниваются с данными, полученными из обработки сигналов с датчиков давления, которые располагались как по длине сверхзвукового канала, так и по его сечению. Результаты такого сравнения, приводимые в работе, показывают, что величины скоростей, полученными различными методами измерений, практически (в пределах ошибки измерений) совпадают, что доказывает возможность применения предложенного метода определения скорости потока в тех случаях, когда неприменимы традиционные методы измерений.

Предложенный метод применялся для измерения скорости сверхзвукового потока при горении в канале топливной смеси, т.е. в том случае, когда использование датчиков давления для определения скорости потока невозможно. В результате таких измерений было выяснено, что скорость распространения потока по каналу в режиме горения горючей смеси практически равна скорости холодного потока, что указывает на отсутствие существенного теплового запыления канала.

Литература.

1. Ершов А.П., Сурконт О.С., Тимофеев И.Б., Черников В.А., Шибков В.М. Поперечные электрические разряды в сверхзвуковых потоках воздуха. Механизмы распространения и неустойчивости разряда. ТВТ. 2004. Т42. №4. С. 516-522.

¹Тезисы доклада основаны на материалах исследований, проведенных при финансовой поддержке комплексной программы научных исследований Президиума РАН «Исследование вещества в экстремальных условиях» Подпрограмма 2 «Фундаментальные аспекты магнитоплазменной аэродинамики».