Локализация импульсного объемного разряда в структурированных сверхзвуковых потоках

Знаменская И.А.

Московский государственный университет, г. Москва, Россия. znamen@phys.msu.ru

Инициирование разряда в газодинамическом потоке является одним из методов управляемого воздействия на течение газа. При использовании электрических разрядов для управления потоком предполагается преобразование электрической энергии в энергию газа [1]. В дозвуковых режимах эффекты воздействия плазмы на обтекание объясняются передачей импульса заряженными частицами потоку, в сверхзвуковых режимах эффекты имеют преимущественно тепловой механизм. Исследования показали, что осуществление эффективного воздействия на высокоэнтальпийные газовые потоки возможно на основе импульсного (импульсно-периодического) энергоподвода. Средством реализации такого энергоподвода являются импульсные сильноточные (наносекундные) разряды. За время tразр <<tпот, основные плазменные неустойчивости не успевают развиться. Сверхзвуковые течения в каналах и около препятствий характеризуются сложной структурой.

При инициировании объемного разряда с предионизацией ультрафиолетовым излучением от плазменных листов в потоке с разрывами и неоднородностями происходит перераспределение тока разряда в соответствии с локальным значением параметров потока. Локализация энергии разряда определяется параметрами самого, а также конфигурацией сверхзвукового потока, в котором инициируется разряд, включающего разрывы, неоднородности, вихри, зоны отрыва и пр. [2].

Объемный разряд с предионизацией ультрафиолетовым излучением от плазменных листов в прямоугольном канале сечением 48 × 24 мм. Протяженность разрядной зоны — 100 мм. Поджиг плазменных электродов обеспечивает однородность объемного разряда в канале в однородном потоке. Разряд инициировался в потоке в заданные моменты нестационарного газодинамического процесса. Длительность тока разряда не превышает 200 нс, что много меньше характерных газодинамических времен, за время воздействия разряда структура газодинамического течения не изменяется. В послеразрядный период возникают новые ударно-волновые конфигурации в потоке.

Приведены данные по самолокализации объемного разряда в прямоугольном канале в сверхзвуковом потоке за плоской ударной волной с числом Маха 2 – 4,5. Определены условия перераспределения тока объемного разряда в газодинамические структуры: зоны ударных волн, отрыва потока, вихревые зоны.

Для визуализации газодинамических послеразрядных процессов в разрядной камере поводилась теневая съемка в однократном режиме и режиме высокоскоростной съемки (100 – 500 000 к/с) с управляемой задержкой от момента разряда. Исследована динамика возникающих в результате инициирования разряда в структурированном потоке ударно-волновых конфигураций.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 14-08-00777.

Литература

1. Corke T C, Enloe C L and Wilkinson S P Dielectric barrier discharge plasma actuators for flow control Annu. Rev. Fluid Mech. -2010-42 505–29.
2. Знаменская И. А., Сысоев Н. Н., Цзинь Ц. О двух режимах воздействия импульсного объемного разряда на ударную волну // Письма в "Журнал технической физики". — 2013. — Т. 39, № 9. — С. 28–33.