ВОЗДЕЙСТВИЕ ПЛАЗМЫ БЕССЕЛЕВА ПУЧКА НА ВИХРЬ

С.С. Бычков, С.С. Бычков-мл., И.А. Моралев, Л.Н. Пятницкий, Н.В. Третьякова

Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, РФ,
 serg-bychkov@yandex.ru

Работа посвящена проблеме управления структурой воздушных потоков, образующихся в природе и во многих технических приложениях, например, при обтекании летящего тела. Широкое распространение для этих целей получило использование электрических разрядов разного типа. Несмотря на эффективность такого подхода, его существенным недостатком является необходимость размещения в зоне взаимодействия электродов и подвода к ним высокого напряжения. Бесконтактный способ воздействия можно осуществить фокусировкой электромагнитного излучения в выделенную область газового течения. Однако обычная сферическая оптика создает зону энерговыделения, размеры которой малы по сравнению с характерными масштабами неоднородностей потока. С целью увеличить протяженность этой зоны предлагается применить специальные оптические элементы с конической образующей. В этом случае формируются волновые пучки с большой длиной Рэлея. Если интенсивность излучения на оси такого пучка превышает порог пробоя среды, то в газе образуется протяженный канал плотной горячей плазмы. Длина канала в принципе не ограничена и соответствующим выбором параметров падающего излучения и фокусирующего элемента может быть сделана сравнимой с размерами возмущений потока, например, вихря.

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований влияния генерируемых плазменных каналов, а также возникающих при их радиальном расширении цилиндрических течений среды на воздушный вихревой поток. Стационарное вихревое течение создавалось в замкнутом пространстве в кварцевой трубе диаметром 53 мм. Со стороны открытого торца трубы располагался формирователь бесселева пучка – аксикон, фокусирующий лазерное излучение в выбранную зону вихря. Источником греющего излучения служил твердотельный лазер, который генерировал одиночный импульс длительностью 6-8 нс с энергией 5-10 Дж на длине волны 1,054 мкм. Кольцевая форма падающего на аксикон пучка обеспечивала оптический пробой среды на регулируемом удалении от аксикона. Таким образом, внутри вихря были сформированы каналы лазерной плазмы длиной до 3,5 см. Измерения характеристик вихревого потока в выбранном сечении проводились стерео PIV (Particle Imagе Velocimetry) методом в разные моменты времени от начала оптического пробоя. Полученные после обработки поля трех компонент скорости газа позволили проследить динамику распространения возникающей цилиндрической ударной волны через зоны вихря, окружающие область пробоя, а также движение наведенного теплового следа. В результате обнаружена перестройка структуры вихревого течения.

Таким образом, оптический пробой в поле бесселева пучка может с успехом заменить электрический разряд, являясь дистанционным и бесконтактным способом доставки энергии в нужное место газового потока. При этом следует ожидать, что влияние на характеристики течения окажут не только сами плазменные образования, как области, характеризующиеся высокими значениями скорости звука и электропроводности. Гидродинамические течения в виде сильной ударной волны с цилиндрическим фронтом также приведут к изменениям параметров вихря. Перспективы такого подхода тем более привлекательны, так как для формирования плазменных каналов могут быть использованы источники любого волнового излучения.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект №11-08-01135-а).