

Отзыв

на диссертацию Логунова Александра Александровича «**ПУЛЬСИРУЮЩИЙ ПОПЕРЕЧНО-ПРОДОЛЬНЫЙ РАЗРЯД В ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОТОКАХ ВОЗДУХА**» представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. - Физика плазмы.

Диссертационная работа Логунова А.А. посвящена актуальному направлению исследований в области плазменной аэродинамики. В частности, исследуется проблема возможности использования импульсно-периодических газовых разрядов для приложений в авиационной технике - а именно для создания газоразрядных устройств, используемых в компактных камерах сгорания летательных аппаратов. Актуальность данных исследований связана с необходимостью создания новых методов управления процессами горения высокоскоростных топливно-воздушных смесей без использования механических стабилизаторов. Именно применение газовых разрядов для направленного воздействия на высокоскоростной поток с помощью локального выделения в нем дополнительной энергии, способствует более полному сжиганию воздушно-углеводородных топлив при температурах порядка нескольких тысяч градусов в коротких камерах сгорания длиной около метра. В диссертационной работе проведен поиск методов создания низкотемпературной плазмы поперечно-продольного разряда для микросекундного нагрева газа в высокоскоростном потоке.

Объектом исследования является нестационарный поперечно-продольный пульсирующий разряд (ПППР) и создаваемая им плазма в дозвуковых (число Маха M потока <1) и сверхзвуковых ($1 < M < 2$) воздушных потоках. При этом анод и катод разряда расположены параллельно воздушному потоку с начальной областью плавного увеличения расстояния между электродами вниз по потоку.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, изложенных на 157 страницах текста, включая 65 рисунков, 7 таблиц и двух Приложений. В заключении сформулированы основные результаты работы. Список цитируемой литературы содержит 256 наименования.

Остановимся на кратком содержании работы.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертации, приведено описание объекта и предмета исследования, сформулированы цели, задачи и методология исследования. Обсуждены научная новизна, практическая значимость работы и достоверность полученных результатов; указан личный вклад автора.

Первая глава диссертации посвящена обзору работ по экспериментальному исследованию газоразрядной плазмы, реализуемой при помощи различных газоразрядных источников и ее влиянию на воспламенение воздушно-углеводородных неподвижных и их высокоскоростных потоков смесей.

Вторая глава диссертации посвящена описанию экспериментальной установки, использованной автором данной работы; обсуждены использованные методики измерений параметров плазмы.

Третья глава диссертации посвящена расчету газодинамических параметров исследуемого высокоскоростного потока воздуха в канале по экспериментально измеренным значениям статического p_1 и полного p_0 давлений, в аэродинамическом канале и ресивере.

В четвертой главе диссертации приведены результаты измерений пространственной структуры электронной и газовой температур, определению концентраций электронов по Штарковскому уширению линий водорода и их связь со степенью ионизации в плазме исследованного поперечно-продольного разряда. В этой главе приводятся экспериментальные зависимости этих параметров от тока разряда.

В пятой главе диссертации представлены результаты исследования зависимости параметров разряда от скорости потока и от минимального межэлектродного расстояния; проведен анализ полученных результатов.

В Заключении приведены основные результаты, представленные в диссертации А.А. Логунова.

Обоснованности защищаемых положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность подтверждены использованием различных апробированных взаимодополняющих методов диагностики для измерения параметров плазмы.

Приведем, по нашему мнению, новые и наиболее ценные научные результаты, представленные в диссертации.

1. Проведено усовершенствование экспериментального стенда, что позволило исследовать основные параметры разряда в воздухе в канале при атмосферном давлении и скорости потока от 50 м/с до 500 м/с.

2. Получены количественные зависимости концентрации и температуры электронов и нейтрального газа в плазме разряда в высокоскоростных потоках воздуха при температурах газа от 6000 до 7000 К.

3. Показано, что рост скорости газодинамического потока от 250 м/с до 500 м/с приводит к увеличению температуры газа от 6500 К до 7500 К, а плотности электронов от $2 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$ до $4 \times 10^{16} \text{ см}^{-3}$. При этом увеличение межэлектродного расстояния приводит к увеличению нагрева газа.

4. Показано, что напряженность электрического поля в разряде и длина плазменного канала определяются скоростью потока, током разряда и минимальным расстоянием между электродами.

5. Спектральными методами установлены условия, при которых разряд позволяет реализовать управляемый миллисекундный нагрев газа до температур воздуха в диапазоне от 4000 К до 8000 К.

Остановимся на недостатках диссертации.

1. Диссертация перегружена материалами экспериментальных исследований, некоторые из которых требуют дополнительного анализа. Так, недостаточно подробно исследован переход разряда от неравновесных условий при 4000К к 8000К; недостаточно подробно анализируется распад петли (Глава 3).

2. Остаются практически не освещенными вопросы, связанные с газодинамическими процессами и характеристиками, как потока, так и данного разряда. В частности, переход течения из дозвукового в сверхзвуковой режим неизбежно сопровождается особенностями, связанными с образованием скачков уплотнения, ударных волн. В тексте: "...при обтекании электродов сверхзвуковым потоком вблизи электродов образуется пограничный слой, скорость газа в котором меньше скорости в невозмущенном потоке" – реально образуется ударная волна. Также ударные (взрывные) волны образуются при каждом вторичном пробое.

3. В тексте диссертации имеются опечатки и грамматические ошибки.

Несмотря на указанные недостатки, по существу, не влияющие на содержание, диссертация производит приятное впечатление и заслуживает положительной оценки.

Диссертация Логунова А.А. является законченной научно-квалификационной работой. Она посвящена экспериментальному исследованию свойств поперечно-продольно пульсирующего разряда в высокоскоростном воздушном потоке для прикладных задач авиационной техники. Ряд полученных новых результатов подробно изложен в диссертации. Автореферат полно отражает содержание и соответствует тексту диссертации. Содержание диссертации подробно отражено в опубликованных работах в ведущих изданиях и базе РИНЦ.

Представленная работа полностью соответствует критериям, установленным для кандидатских диссертаций Положением о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а ее автор Логунов А.А. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9. - физика плазмы.

Доктор физико-
математических наук,
профессор,
И.А. Знаменская профессор
кафедры молекулярных
процессов и экстремальных
состояний вещества

Знаменская И.А.

27.11.24

119991, г. Москва, Ленинские Горы 1, Стр. 2. Физический факультет МГУ имени
М.В.Ломоносова
Телефон: +7 (495) 939-44-28,
e-mail: znamen@phys.msu.ru

Подпись Знаменской И.А. удостоверяю

Ученый Секретарь
Ученого Совета
физического факультета
МГУ имени
М.В.Ломоносова,
Д.ф.-м-н. профессор

Стремоухов С.Ю.