

ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

Корнева Константина Николаевича «Комбинированный разряд в воздушных и углеводород-воздушных потоках и его применение для инициации горения», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – «Физика плазмы».

В диссертации К.Н. Корнева выполнено экспериментальное исследование комбинированного электрического разряда (постоянного тока и СВЧ) в потоке воздуха и пропановоздушной смеси при атмосферном давлении при скоростях потока от 50 до 250 м/с в диапазоне постоянного тока от 1 до 15 А и подводимых СВЧ 2.45 ГГц (0.122 м) мощностей от 1 до 5 кВт. Поток в измерительной секции прямоугольного сечения создавался при истечении сжатых газов через конвергентно-дивергентное сопло. Разряд постоянного тока был организован на двух электродах, расположенных вдоль потока. СВЧ излучение от магнетронного генератора через волновод подводилось по волноводному тракту ортогонально потоку, а пробойные напряжения достигались за счет концентрации поля на тонком заостренном (радиус острия 0.05 мм) полуволновом инициаторе, расположенном вдоль потока вблизи оси канала.

Тематика электрических разрядов в высокоскоростных потоках применительно к иницированию и стимулированию процессов горения является актуальной и интенсивно развивается в рамках плазменной аэродинамики с середины 1990-х годов. Важно отметить, что пионерские работы были выполнены именно в России, и это признается исследователями в других странах (США, Франции, Японии, Китае, Индии). Следует выделить работы коллектива физического факультета МГУ (А.Ф. Александров, И.Б. Тимофеев, А.П. Ершов, В.М. Шибков) по разрядам постоянного тока в сверхзвуковых потоках, работы МРТИ (К.В. Ходатаев, И.И. Есаков) и ОИВТ РАН (С.Б. Леонов., Ю.Ф. Колесниченко) по глубоко подкритическим филаментарным СВЧ разрядам в сверхзвуковых потоках, работы ИТПМ СО РАН (П.К. Третьяков, В.И. Яковлев) по импульсно-периодическому лазерному пробоем в сверхзвуковых потоках. До последнего времени разряды различного типа в сверхзвуковых потоках удавалось организовать при давлениях существенно ниже атмосферного (десятые доли и меньше).

Новизна исследований, выполненных в диссертации, определяется следующими обстоятельствами. Во-первых, эксперименты проводились при атмосферном давлении в измерительной секции; во-вторых, был реализован комбинированный разряд – разряд постоянного тока совместно с СВЧ пробоем (ранее рассматривались комбинации СВЧ и лазерного про-

боя); в-третьих, сразу ставилась прикладная задача инициирования и стимулирования горения пропановоздушной смеси.

В целом автореферат написан безупречно: обозначены объект исследований, цели работы, определена научная новизна, четко сформулированы положения, выносимые на защиту, описана экспериментальная установка и методология измерений, лаконично и ясно описаны полученные результаты.

Следует отметить следующие результаты:

1. Достигнута основная цель – удалось не только реализовать комбинированный разряд (разряд постоянного тока совместно с СВЧ пробоем) в высокоскоростных потоках (от 50 до 250 м/с) при атмосферном давлении, но и организовать процесс эффективного воспламенения и устойчивого горения пропановоздушной смеси.

2. Показано, что комбинированный разряд отличают меньшая напряженность поля и большая эффективная длина по сравнению с разрядом постоянного тока. В комбинированном разряде достигаются высокая газовая температура 6000-9000 К и концентрация электронов $\sim 10^{15} \text{ см}^{-3}$, достаточные для эффективного инициирования горения пропановоздушной смеси. Показано, что существенную роль играют нетепловые механизмы наработки активных радикалов.

3. Показано, что комбинированный разряд существенно отличается от разряда постоянного тока проращением СВЧ стримеров, неоднородностью свечения плазменного канала, поддержанием свечения незамкнутых на электроды плазменных каналов. Наличие СВЧ стримеров на концах электродов в комбинированном разряде позволяет осуществлять непрерывный поджиг бедной (эквивалентное отношение $\Phi=0.7$) пропановоздушной смеси при атмосферном давлении.

Следует отметить высокую квалификацию автора диссертации по специальности «Физика плазмы».

4. Сама по себе установка очень сложна, поскольку наряду с аэродинамическим трактом содержит устройства для организации электрического разряда постоянного тока и СВЧ пробоя в измерительной секции. От экспериментатора требуются обширные познания и навыки проведения междисциплинарных исследований на стыке газовой динамики и физики плазмы. Автор диссертации продемонстрировал способность проведения сложных физических экспериментов.

5. Определение температуры и концентрации электронов в плазме газового разряда в высокоскоростном воздушном потоке производилась бесконтактным методом оптической эмиссионной спектроскопии. Также производились измерения электрических характеристик разрядов при по-

мощи цифровых осциллографов и их высокоскоростная видеосъемка. Автор диссертации уверенно владеет современными методами диагностики плазмы.

6. При проведении исследований автор диссертации широко использовал численные расчеты для более глубокого понимания происходящих процессов и оптимизации установки. Были проведены расчеты элементов СВЧ тракта установки для определения особенностей согласования тестовой волноводной секции с генератором с учетом наличия инициатора (эффекта сильного отражения падающей СВЧ волны при определенных длинах инициатора). Выполнено численное моделирование газовых течений с учетом энерговыделения за счет Джоулева тепла, что позволило определить газодинамические характеристики потока. Автор диссертации уверенно использует современные расчетные методы в физических исследованиях.

Уровень выполненного исследования, глубокое понимание автором физики явлений, уверенное владение современными методами диагностики и визуализации экспериментов подтверждают высокую квалификацию автора. Судя по автореферату, диссертация «Комбинированный разряд в воздушных и углеводород-воздушных потоках и его применение для инициации горения» представляет собой законченное научное исследование и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в Московском университете имени М.В. Ломоносова.

Константин Николаевич Корнев заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.9 – «физика плазмы».

Ведущий научный сотрудник
НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова,
кандидат физико-математических наук
e-mail: georgi@imec.msu.ru
тел.: +7 (495) 939-5977

Георгиевский
Павел Юрьевич

Специальность, по которой защищена диссертация:
01.02.05 - механика жидкости, газа и плазмы

Место работы: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный имени М.В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт механики
119192, Москва, Мичуринский проспект, д. 1
<http://www.imec.msu.ru/>, +7 (495) 939-3121