

Исследование эффективности газодинамической защиты для плазмотрона типа П-13

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Проведен анализ эффективности газодинамической защиты для плазмотрона типа П13. Численное моделирование показало, что исходное значение расхода защитного газа на уровне 0.025г/с не может обеспечить необходимое значение парциального давления кислородсодержащих газов в прикатодном пространстве. Таким образом, ресурс плазмотрона будет определяться скоростью уноса материала катода. На достоверность результата указывает хорошее совпадение вольт-амперных характеристик при моделировании и экспериментальном исследовании.

Ключевые слова: газодинамическая защита, газовихревая стабилизация, прикатодное пространство

Изучению особенностей течения газа в канале катодного узла плазмотронов посвящено большое количество работ. Их целью является определение влияния геометрии катодного узла на газодинамику течения в разрядном канале, которая обуславливает состав атмосферы в прикатодной области и, как следствие, работоспособность катодного узла в целом. В работах [1-3] при холодных продувках модели секционированного узла для установления характера течения газа в вихревой камере применялся зондовый метод для измерений статического давления. По результатам измерений было высказано предположение, что причиной проникновения агрессивного рабочего газа к термокатоде являются радиальные колебания давления в вихревой камере. В [4] было выполнено численное моделирование течения газа в канале катодного узла и определен состав атмосферы в прикатодной области. Результаты вышеприведенных работ можно использовать лишь на этапах предстартовых продувок, так как они исключают наличие интенсивного теплового источника, которым можно считать электрическую дугу.

Объектом исследования была выбрана конструкция плазмотрона П13(рис.1) линейной схемы для нагрева газа разработанный в восточно-украинском национальном университете им. Владимира Даля. В плазмотроне используется газовихревая стабилизация дуги, с фиксацией длины дуги уступом.

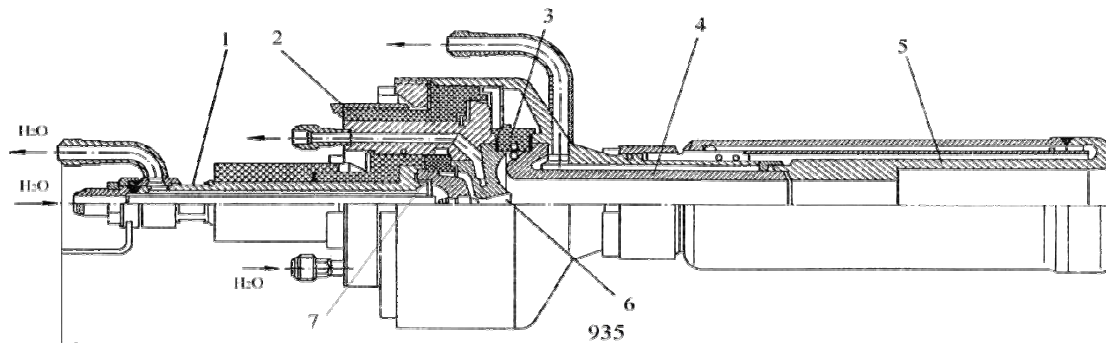


Рис. 1. Конструктивная схема плазмотрона П-13 [67]

1 – узел катода; 2 – корпус МЭВ; 3,7 – завихрительное кольцо; 4 – узел начальной части анода; 5 – узел отъемной части анода; 6 – МЭВ

Конструкция плазмотрона включает узел катода, корпус межэлектродной вставки с межэлектродной вставкой, завихрительное кольцо, узлы начальной и отъемной частей анода. Узел межэлектродной вставки в сборе представляет собой единый водоохлаждаемый узел с герметизацией водяных и газовых полостей уплотнительными деталями, который включает медную вставку и стальной корпус. Гильзообразная конфигурация корпуса позволяет упростить подачу воды на охлаждение и защитного газа к завихрительному кольцу. МЭВ выполнена с увеличенной конусной консолью и конической водяной полостью. В корпусе имеется полость для прохода охлаждающей воды, объем которой ограничивается шириной кольцевой выточки и двумя секторами. Изоляторы и завихрительные кольца выполнены из капролона и обеспечивают электрическую изоляцию МЭВ от корпусов анода и катода. Применяемые в узле прокладки и резиновые кольца предотвращают утечки рабочего и защитного газов в атмосферу. Узел начальной части анода состоит из корпуса и медного электрода. На корпусе имеются штуцер подвода рабочего газа и штуцеры подвода и отвода охлаждающей воды. В отличие от узла катода, узел начальной части анода нельзя автономно испытывать на герметичность. Узел отъемной части анода представляет собой сварную трубчатую конструкцию с коаксиально расположенным корпусом, ступенчатым медным электродом и штуцером подвода охлаждающей воды.

В рамках данной работы для исследования эффективности газодинамической защиты используется модель в рамках магнитогазодинамического подхода к описанию плазмы. Это дает возможность учесть влияние сложной пространственной структуры течения образованной под воздействием перемещения электрической дуги в канале плазмотрона на состав атмосферы вблизи катодного пространства.

На рис.2,3 представлены картины распределения температуры и скорости внутри канала. Несимметричное течение внутри канала, которое образовано за счет постоянного перемещения опорных пятен дуги по поверхности катода и анода, не позволяет связать геометрические параметры катодного узла с режимами подачи защитного и основного газа, как это было сделано в работах [3,4].

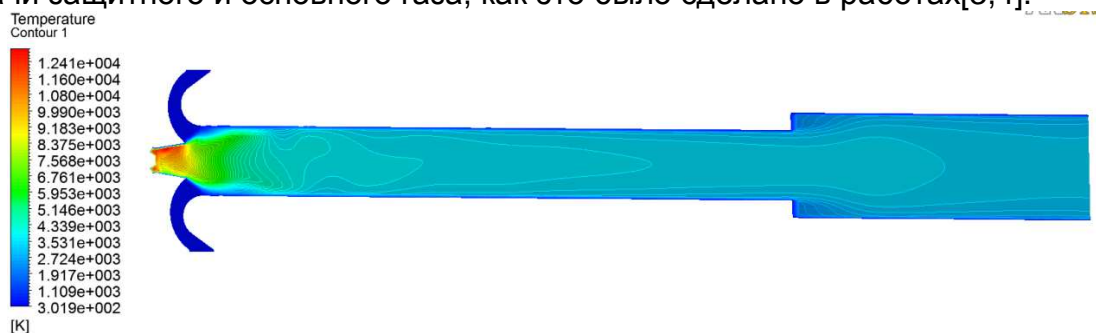


Рис. 2. Распределение температуры внутри газоразрядного тракта

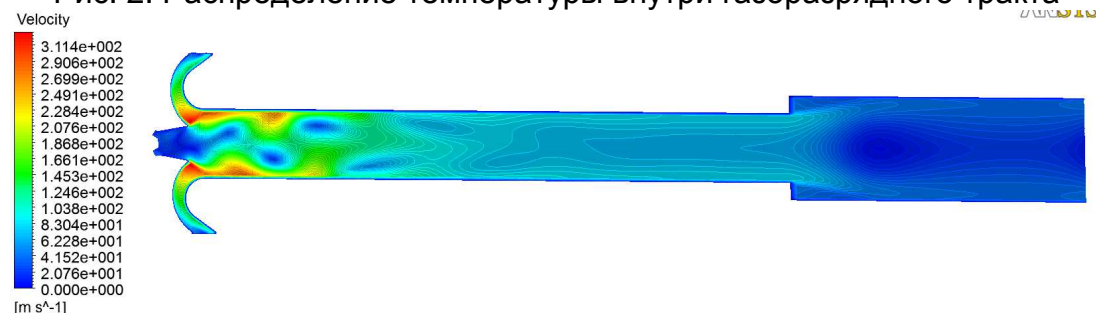


Рис. 3. Распределение скоростей вдоль канала плазмотрона

Поэтому геометрия катодного узла и значения расходов защитного и основного газа могут быть получены только в ходе численных расчетов с использованием интегрированных CAD/CAE пакетов для каждого отдельного случая.

Сравнительный анализ вольт-амперных характеристик и температуры торможения (см. рис. 4,5) на выходе плазмотрона при различных расходах и токах показал удовлетворительное совпадение результатов экспериментальных исследований с численным моделированием, что позволяет сделать вывод о применимости численной модели для определения эффективности газодинамической защиты выбранного плазмотрона.

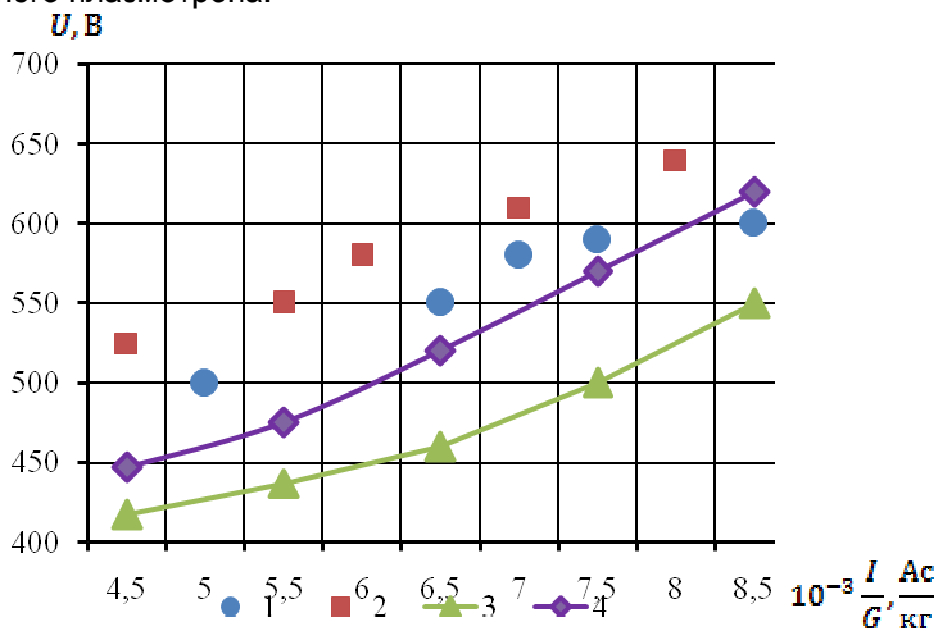


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика плазмотрона П-13 для различных расходов воздуха: 1,3-95гр/с; 2,4-100гр/с 1,2 –экспериментальные данные; 3,4 –данные автора

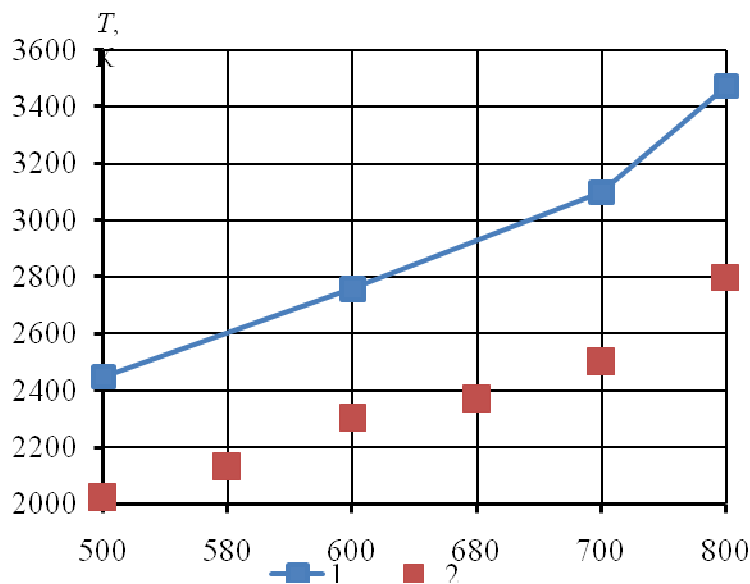


Рис. 5. Зависимость температуры на выходе из плазмотрона от силы тока, при расходах воздуха -95гр/с; 1 –данные автора, 2 –экспериментальные данные

Расчеты парциального давления были проведены для расхода аргона 0,025 г/с и расхода воздуха 95г/с, моделирование проводилось в рамках газодинамического и магнитогазодинамического подхода. На рис.6 представлены результаты расчетов для двух случаев.

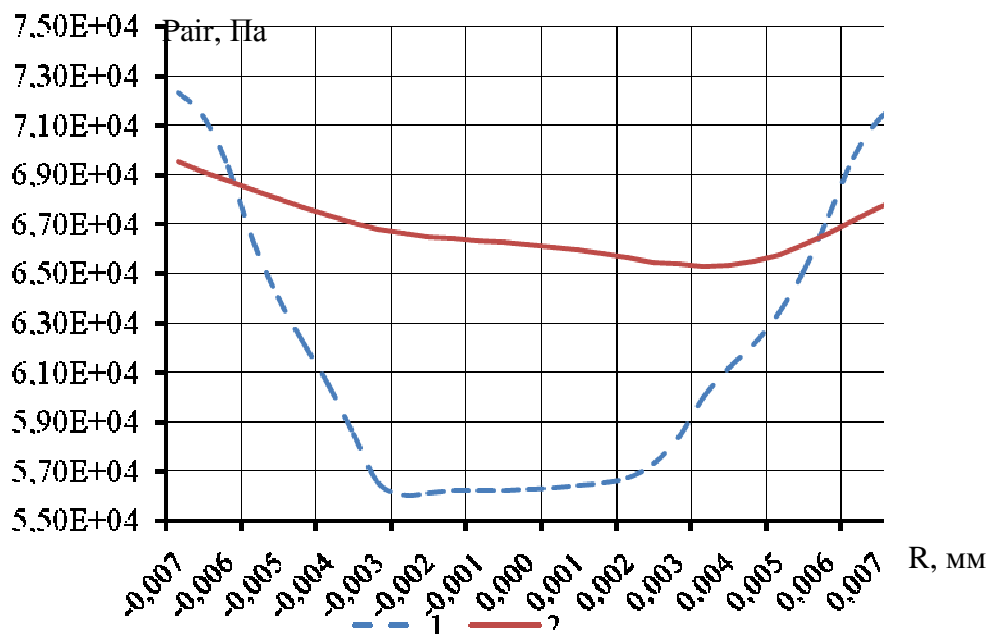


Рис. 6. Парциальное давление воздуха на срезе катода
1 – газодинамический подход; 2 – магнитогазодинамический подход

Небольшие различия в результатах можно объяснить достижением предела в отношении совершенства геометрических параметров катодного узла. Снижение вредного влияния кислородсодержащих газов возможно только лишь за счет увеличения расхода защитного газа, применения материалов катода с более высоким порогом отравления, к которым можно отнести гексаборид-лантановые, иридий-лантановые и иридий-вольфрамовые эмиттеры [5]. Все чаще в современных плазмотронах применяют составные катоды с вставками, абсорбирующими кислород. Однако с точки зрения обеспечения максимального ресурса плазменного оборудования наиболее рационально применять комбинированные устройства, которые включают в себя типичный плазмотрон линейной схемы с холодным полым катодом и вспомогательный индукционный плазмотрон, который служит для аксиальной подачи горячего газа в полость катода для создания благоприятных условий к диффузной привязке электрической дуги. В таком случае исключается необходимость в применении защитной газовой среды, а работа плазмотрона в диффузном режиме исключает возможность прогорания стенок катода.

Список литературы

1. Даутов, Г.Ю. Плазмотроны со стабилизированными электрическими дугами [Текст] / Г.Ю. Даутов, В.Л. Дзюба, И.Н. Карп. – К.: Наук. д, 1984. – 168с.
2. Дзюба, В.Л. Обобщение экспериментальных и теоретических

исследований по созданию высокоресурсных электротермических плазменных генераторов: дис. ... д-ра техн. наук:05.09.10/ Дзюба Вячеслав Леонидович. Коммунарск, 1989.-401 с.

3. Корсунов, К.А. Научные основы повышения эффективности технологических плазмотронов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.07 / Корсунов Константин Анатольевич – Луганск, 2010. – 307с.
4. Планковский, С.И. Научные основы создания высокоресурсных термоэмиссионных катодных узлов оборудования для плазменной обработки материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.07 / Планковский Сергей Игоревич. – Х., 2009. – 333 с.
5. "Tungsten-iridium impregnated cathode", United states patent 4,675,570, H01J1/14, H01J19/16, assignee: Varian associated, Inc., Palo Alto, Calif., date of patent: jun.23,1987, app1. no. 851,896, filed: apr.11,1986.

Рецензент: д. т. н., профессор С.И. Планковский, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

Поступила в редакцию 11.12.2014

Дослідження ефективності газодинамічного захисту для плазмотрона типу п-13

Проведено аналіз ефективності газодинамічного захисту для плазмотрона типу П13. Математичне моделювання показало, що базове значення витрат захисного газу на рівні 0.025г / с не може забезпечити необхідне значення парціального тиску кисневмісних газів у прикатодному просторі. Таким чином, ресурс плазмотрона буде визначатися швидкістю унесення матеріалу катода. На достовірність результату вказує хороший збіг вольт-амперних характеристик при моделюванні та експериментальному дослідженні.

Ключові слова: газодинамічний захист, газовихрова стабілізація, прикатодний простір

Investigation of gas-dynamic protection efficiency for plasma torch type p-13

The analysis of the efficiency of gas-dynamic protection for torch type P13 was carried. Numerical simulation shows that the initial value of protective gas mass flow rate at 0.025g / s cannot provide the required value of the partial pressure of oxygen gas in the cathode space. Thus, the resource of the plasma torch will be determined by the speed of cathode material erosion. The reliability of results indicates good agreement of the current-voltage characteristics of the simulation and experimental study.

Keywords: gas-dynamic protection, gas-vortex stabilization, pre-cathode space