

Пискарёва Татьяна Ивановна,

кандидат технических наук,

Оренбургский государственный университет,
г.Оренбург

Васильченко Фёдор Вячеславович, студент,

Оренбургский государственный университет,
г.Оренбург

ПЛАЗМЕННЫЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Аннотация: При создании 3D модели плазменного ракетного двигателя, необходимо уделить внимание выбору оптимального рабочего тела, геометрических параметров камеры сгорания, а также способу получения плазмы. В нашей модели в качестве топлива рассматривается аргон из-за его экономической доступности, лёгкости ионизации, химической инертности.

Abstract: When creating a 3D model of a plasma rocket engine, it is necessary to pay attention to the choice of the optimal working fluid, the geometric parameters of the combustion chamber, as well as the method of plasma production. In our model, argon is considered as a fuel due to its economic accessibility, ease of ionization, and chemical inertia.

Ключевые слова: плазменный ракетный двигатель, аргон, низкотемпературная плазма, лазерная установка.

Keywords: plasma rocket engine, argon, low-temperature plasma, laser installation.

В настоящее время производство плазменных ракетных двигателей обеспечивает высокоскоростной доступ в интернет, помогает космическим аппаратам удерживать правильную ориентацию, позволяют уменьшить массу космического аппарата, значительно продлить срок его жизни и увеличить полезную нагрузку.

В своей работе мы рассматриваем создание 3D модели плазменного ракетного двигателя, в качестве топлива которого используется аргон. Данная модель экономически доступна, процесс ионизации довольно таки прост. Выбор аргона в качестве топлива для плазменного ракетного двигателя обусловлен несколькими ключевыми факторами: во-первых, аргон является одним из самых доступных и недорогих инертных газов, что делает его экономически выгодным вариантом для использования в космических миссиях; во-вторых, аргон имеет относительно низкую атомную массу, что облегчает его ионизацию и ускорение в электрическом поле, что критически важно для создания реактивной тяги; в-третьих, аргон химически инертен, что минимизирует риск коррозии компонентов двигателя и упрощает его обслуживание. Для ионизации аргона его необходимо довести до температуры около 15,760 °C (28,600 °F) или выше.

Романовский Я.О., Рожко М.В., Митрофанов А.В. предлагают один из видов ионизации аргона, который представляет использование лазерной системы среднего ИК диапазона в сравнении с источниками в ближнем ИК, что позволяет существенно расширить диапазон энергий фотоэлектронов ионизации вплоть до нескольких килоэлектронвольт [0, 0]. В среднем ИК диапазоне на длине волны 3,6 мкм в аргоне максимальная энергия зарегистрированных электронов составила 1 кэВ. Регистрация электронов с энергиями несколько сотен эВ и более ограничена энергетическим разрешением спектрометров [0].

Если выбирать между низкотемпературной и высокотемпературной плазмой, то мы считаем, что низкотемпературная плазма показывает свою эффективность благодаря более



низкой энергии частиц, что позволяет более эффективно использовать энергию для ускорения рабочего тела (обычно газа), а это приводит к повышению эффективности двигателя.

Также, создание и поддержание низкотемпературной плазмы требует меньших энергетических затрат и более простого оборудования по сравнению с высокотемпературной плазмой. Работа с низкотемпературной плазмой обычно считается более безопасной, поскольку она не достигает экстремальных температур, характерных для высокотемпературной плазмы, что снижает риск аварийных ситуаций.

В свою очередь, низкотемпературная плазма уже нашла применение в различных областях, таких как ракетные двигатели, газовые лазеры, термоэлектронные преобразователи и МГД-генераторы, что подтверждает её практическую ценность и эффективность.

Для создания плазмы из аргона используется нагрев через лазерную установку, что обеспечивает точный контроль и высокую эффективность этого процесса. Геометрические особенности камеры сгорания отличаются овальной формой, способствующей улучшенному завихрению топливной смеси и более эффективному управлению горением. Таким образом, выбор аргона, преимущества низкотемпературной плазмы и использование лазерных установок для создания плазмы в плазменных ракетных двигателях позиционирует их как перспективное решение для космических задач и исследований.

Создание плазмы из аргона будет осуществляться по средствам нагрева рабочего тела с помощью лазерных установок [0]. Лазеры позволяют очень точно контролировать процесс создания плазмы, а также создавать её из широкого спектра материалов, включая металлы, полупроводники и диэлектрики. Лазерная технология обеспечивает быстрое создание плазмы и контроль параметров, таких как температура, плотность и состав.

Конструкция камеры сгорания овальная [рис.1]. Это обусловлено несколькими факторами:

- способствует лучшему завихрению топливной смеси;
- снижает вероятность прогара сопла;
- позволяет лучше контролировать процессы горения;
- помогает уменьшить размеры камеры сгорания без снижения эффективности.

Красным выделен источник света (лазерная установка). Желтыми линиями показан ход лучей внутри камеры сгорания. За счет геометрических особенностей эллипсоида внутри камеры сгорания наблюдается многократное отражение лучей лазера. Благодаря этому КПД лазерного луча повышается. В местах сгущения лучей в фокусах (справа и слева) будет наблюдаться наибольшая температура. Немного ниже фокуса слева будет установлена магнитная катушка. Она поможет ускорить испускание газа, в следствии чего, тяга возрастет.

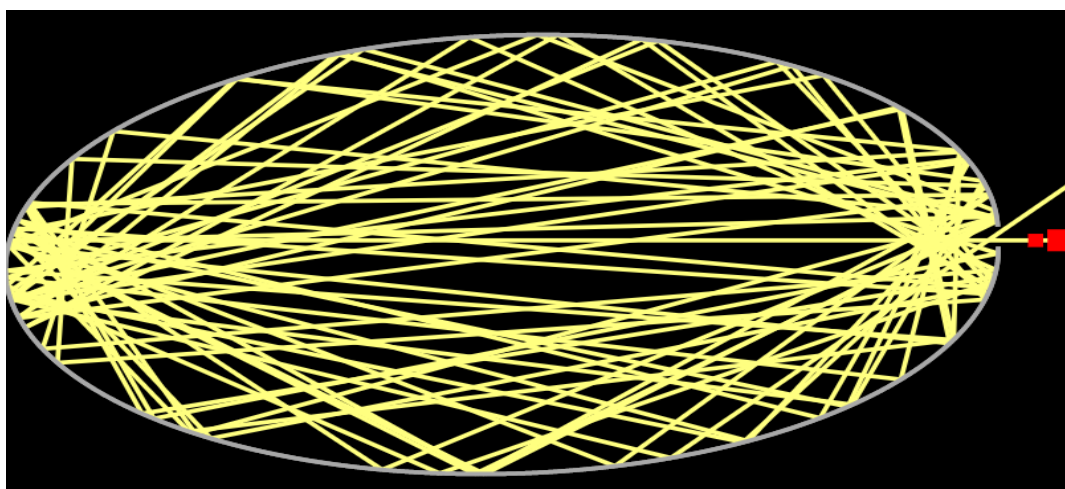


Рисунок 1 – Ход луча лазера внутри камеры сгорания



Место под лазерные установки отведено во втором слое камеры сгорания на специальной опоре, соединяющей внутренний и внешний слой. Топливный отсек выполнен в форме цилиндра с эллипсоидной полостью внутри.

Таким образом, создание 3D-модели плазменного ракетного двигателя на основе аргона целесообразно благодаря доступности и эффективности этого газа, а также его низкой энергии ионизации.

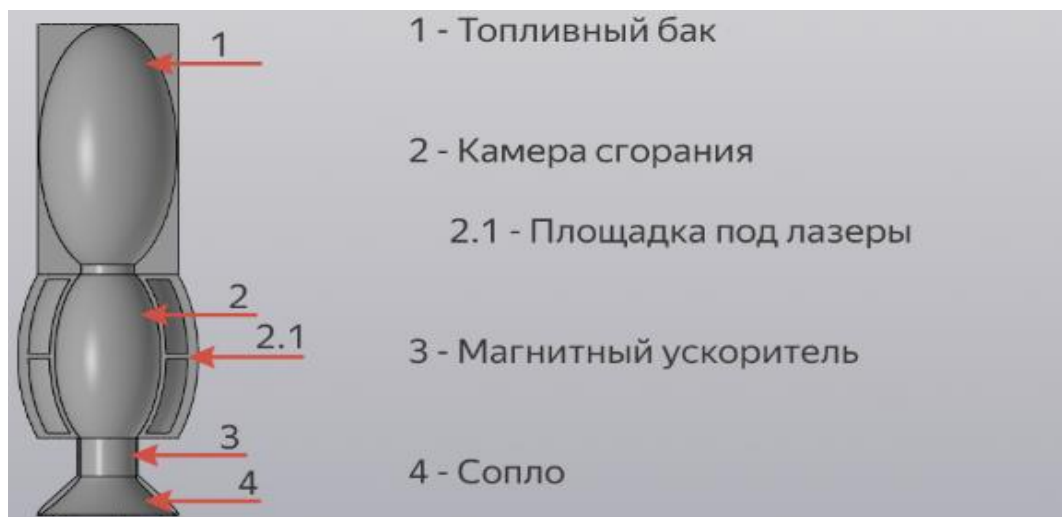


Рисунок 2–Схема 3D-модель плазменного ракетного двигателя

При этом, применение лазерных установок для ионизации аргона обеспечивает точность и контроль параметров плазмы, что критически важно для достижения высокой эффективности двигателя.

В дальнейшем, существует большое количество возможностей для исследований, включая улучшение интеграции лазерных технологий, углублённое изучение физики плазмы и тестирование различных геометрических форм камеры сгорания. Разработка эффективных плазменных ракетных двигателей открывает новые горизонты для межпланетных исследований и исследований дальнего космоса.

Применение плазменных ракетных двигателей на основе аргона может стать ключевым элементом в развитии космических миссий, позволяя достичь новых рубежей в исследовании космоса.

Список литературы:

1. Икромов, А. Ш. Перспективы использования лазерной плазмы / А. Ш. Икромов, Х. М. Мадаминов. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2022. – № 38 (433). – С. 1-3. – URL: <https://moluch.ru/archive/433/95058/> (дата обращения: 02.10.2024).
2. Романовский Я.О., Рожко М.В., Митрофанов А.В. Времяпролетный спектрометр для регистрации высокоэнергетических электронов при надпороговой ионизации аргона фемтосекундными лазерными импульсами среднего ИК-диапазона // Тезисы докладов Школы-конференции молодых ученых «Прохоровские недели». 2023. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vremyaproletnyy-spektrometr-dlya-registratsii-vysokoenergeticheskikh-elektronov-pri-nadporogovoy-ionizatsii-argona-femtosekundnymi> (дата обращения: 02.10.2024).
3. Quan W., Lin Z., Wu M., et al. Phys. Rev. Lett. 2009. 103 (9). 093001.
4. Liu M., Songpo X., Shilin H., et al. Optica. 2021. 8 (6). 765-770.

