

УДК 621.33

ИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Грицук А. А., Ковалёва К. И.

Научный руководитель – старший преподаватель Пекарчик О. А.

Основа ионолёта – ионный двигатель. Ионные двигатели были впервые предложены еще К. Э. Циолковским. Годдард в 1906 г. писал о том, что электрически заряженные частицы могут применяться для создания тяги. Подробнее о возможностях применения «электрического ветра» для обеспечения космических полетов рассказал через двадцать три года в книге «Вопросы космических полетов» Оберт, указавший, в частности, что русский исследователь Улинский предложил конструкцию ионного двигателя еще в 1923 г.

Затем последовал целый ряд теоретических разработок. Естественно потому, что ионные двигатели наиболее изучены по сравнению с другими двигателями будущего, предназначенными для получения очень больших скоростей.

В 1954 г. Штулингер описал особенности ионных двигателей и предложил ввести характеристики, позволяющие оценивать степень мощности совершенства их конструкции. Наиболее важный из этих показателей — удельная мощность, т. е. мощность (в кВт), полученная на каждый килограмм массы установки.

Штулингер в развитие идеи Циолковского предложил в качестве рабочих веществ для ионных двигателей цезий и рубидий. Эти два металла выбраны потому, что их атомы обладают сравнительно большим весом и, вместе с тем, хорошо ионизируются. Цезий по сравнению с другими щелочными металлами имеет наиболее низкую температуру плавления (35°C) и теплоту парообразования, наибольшие плотность ($1,873 \text{ г/см}^3$) и выход ионов.

Поток ионов должен быть хорошо сфокусирован, чтобы они не попадали на ускоряющие электроды, так как это вызывает интенсивную эрозию — размывание электродов. Следует отметить, что, поскольку одноименно заряженные частицы взаимно отталкиваются, достигаемая плотность их потока существенно ограничивается. Скорость ионов зависит от напряженности поля, от природы и величины давления газа. Струя разогнанных ионов проходит вдоль разогретого электрода — эмиттера, с которого в нее стекают электроны. В результате образуется поток стремительно отбрасываемых нейтральных атомов.

Возникает вопрос, почему необходимо нейтрализовать ионы, покидающие ракету? К этому приходится прибегать ввиду следующего обстоятельства. При выбрасывании только одних положительно заряженных ионов накапливался бы пространственный заряд. Корпус аппарата очень быстро зарядился бы до такого высокого отрицательного потенциала, что дальнейшее выбрасывание ионов стало затруднительным и электрический заряд корпуса ракеты начал «всасывать» ионы обратно, внутрь ракеты. Чтобы избежать этого, ионы необходимо нейтрализовать. В конечном счете образуется поток атомов цезия, который беспрепятственно покинет ракету.

Нейтрализация ионов обеспечивает также возможность получения большей плотности струи рабочего тела, вытекающей из сопла. Следует также отметить, что при нейтрализации иона, захватывающего электрон, высвобождается примерно в 100 раз большая энергия, чем та, которая может быть получена в ходе химических реакций — наиболее эффективных в энергетическом отношении. И хотя энергия рекомбинации ионов незначительна по сравнению с энергией, приобретаемой ими при разгоне в электрических полях, она все же может быть использована для некоторого дополнительного разогрева вытекающего рабочего тела.

Теоретически ионный двигатель может обеспечить очень большую удельную тягу. Однако на пути практического решения этой задачи возникают серьезные затруднения. Удельная тяга прямо пропорциональна скорости ионов. В то же время мощность, необходимая для разгона струи ионов, и вместе с ней вес энергосилового устройства

возрастают примерно пропорционально квадрату скорости ионов. Очевидно, что за увеличение удельной тяги потребуется расплачиваться существенным увеличением веса энергосиловой установки и ее усложнением.

Другой возможный путь увеличения удельной тяги — скорости частиц — заключается в использовании мощности ускорителей для разгона все меньшего количества частиц-ионов, т.е. за счет все большего уменьшения абсолютной тяги. Эта тенденция ясно видна в развитии мощных земных ускорителей, в которых общая сила тока, образованного пучком разогнанных частиц (каждой из них удастся сообщить все большую энергию), как это ни парадоксально, уменьшилась в установках 1958 г., по сравнению с установками 1940 г., в миллион раз.

С приближением скорости ионов к скорости света все интенсивнее будет возрастать их масса, а значит и мощность ускорителей, необходимых для разгона. Это практически и ограничивает удельную тягу ионных двигателей. Высказываются соображения, согласно которым удельные тяги, достижимые при приемлемых весах установок и привычных нам преобразователях тепла в электрическую энергию, могут составить до 20 тыс. кг/(кг·сек). Однако скорости истечения не всегда должны быть самыми большими. Для выполнения каждой задачи, в зависимости от схемы и назначения космического корабля, может быть найдена наиболее выгодная скорость истечения.

Целью данной работы является получение подъемной силы без использования двигателя и топлива.

Современные летательные аппараты, во время полета, расходуют большое количество углеродсодержащего топлива, которого на нашей Земле ограниченное количество. Своими выбросами данный вид топлива загрязняет окружающую среду и отравляют население. Разработка экологически чистых двигателей очень актуальна и востребована в современном мире. Существуют направления исследований, в которых для перемещения тел в пространстве используются электрические явления.

Основная задача – ознакомиться с понятием ионного ветра, опытным путем получить ионный ветер, тем самым показать возможность существования подъемной силы, созданной потоком частиц, рассчитать параметры установки, необходимые для получения подъемной силы, подготовить действующую модель ионолёта (Рисунок 1).

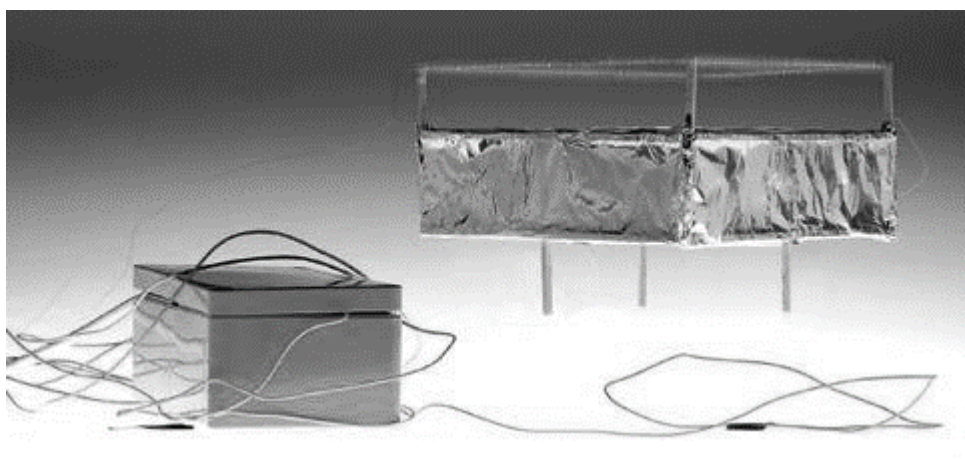


Рисунок 1 – Действующая модель ионолёта

Гипотеза работы – подъем тела в воздух и преодоление силы притяжения возможно с помощью потока заряженных частиц.

Выводы проекта:

1. В современном мире исследования возможности полета на альтернативных источниках энергии актуальны.

2. Учёные уже предложили использовать ионный ветер для охлаждения микроэлектроники вместо вентиляторов, уменьшая массу приборов и полностью избавляя их от шума.

3. Поставленные цели и задачи были выполнены: изучено и экспериментально получено явление ионного ветра. Для экспериментального исследования эффекта Бифельда-Брауна были сконструированы действующие модели. Рассчитаны условия, необходимые для получения подъемной силы.

4. Особенности подготовки ионолёта к работе: выяснили, что для отрыва от поверхности, необходимо иметь диэлектрическую поверхность, чтобы уменьшить электризацию между ионолётом и поверхностью; для увеличения подъемной силы края фольги не должны заламываться, мяться; трение между поверхностью (стола) и опорой ионолёта должно быть минимально; контакты между фольгой и медным проводом следует спаивать, а не скручивать.

5. Экспериментальным путём подтверждена гипотеза: подъём тела в воздух и преодоление силы притяжения возможен с помощью ионного ветра.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учеб. Пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. VIII Электродинамика сплошных сред. – 4-е изд., стереот. – М. ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 656 с.

2. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. Научное издание. 3-е изд. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2009. – 736 с.