

В. В. Подвысоцкий

КИНЕТИЧЕСКИЕ РЕАКТИВНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

В данной статье будет рассмотрен новый класс реактивных двигателей, которые работают на кинетической энергии космического аппарата (или на кинетической энергии встречного потока вещества). Известна задача физика П. Л. Капицы о том, что можно использовать энергию ветра и двигаться прямо против ветра. Для этого нужно заменить парус двигателем типа ветряной мельницы, который будет вращать гребной винт корабля. Похожий способ ускорения может быть использован и в условиях космического пространства. Роль ветра в этом случае выполняет встречный поток вещества, а роль гребного винта корабля выполняет реактивный движитель. Такой способ ускорения космического аппарата можно реализовать при помощи кинетических двигателей.

Принцип работы кинетических двигателей

Приведем простой пример, поясняющий принцип ускорения космического аппарата при помощи кинетического двигателя. Предположим, в рабочую камеру двигателя, влетает сгусток вещества массой 1 кг. Его скорость 10000 м/с, кинетическая энергия 50 МДж, импульс 10000 кг·м/с. Внутри рабочей камеры этот сгусток вещества полностью тормозится. Одновременно в рабочую камеру подается 2 кг вещества из бортовых запасов космического аппарата. В результате, внутри камеры образуется термализованный газ, который имеет массу 3 кг, и тепловую энергию 50 МДж. Затем этот газ истекает через реактивное сопло. Допустим, коэффициент полезного действия двигателя 80 %, тогда кинетическая энергия истекающей газа будет 40 МДж (т. е. закон сохранения энергии не нарушается). Масса газа 3 кг, кинетическая энергия 40 МДж, скорость истечения 5164 м/с. Умножив массу 3 кг на скорость истечения 5164 м/с, получим импульс ускорения 15492 кг·м/с. Поскольку импульс ускорения превышает импульс торможения, космический аппарат получит прирост импульса 5492 кг·м/с (согласно закону сохранения импульса).

Таким образом, принцип действия рассматриваемых кинетических двигателей основан на захвате и торможении встречного потока вещества. Захваченное вещество попадает внутрь двигателя, и в результате его торможения, выделяется энергия. Часть этой энергии, тем или иным образом, может быть использована для ускорения бортовых запасов реактивной массы. При определенных условиях, реактивная сила тяги превышает силу торможения, и космический аппарат увеличивает скорость полета, отбрасывая часть своей массы. Несмотря на кажущуюся парадоксальность, принцип работы кинетических двигателей полностью соответствует законам сохранения массы, импульса и энергии. Возможно создание большого количества различных типов кинетических двигателей.

Ударный кинетический двигатель

Принцип действия ударного кинетического двигателя основан на использовании кинетической энергии зондов, расположенных вдоль траектории полета космического

аппарата <http://Infm1.sai.msu.ru/SETI/koi/media/Podvysockiy.pdf>. Точное наведение зонда (с ошибкой бокового отклонения менее 1 м) очевидно является вполне решаемой проблемой даже на современном уровне развития науки и техники. Тем более, в космическом пространстве (на большом удалении от крупных космических объектов) практически нет вещества, и почти отсутствуют внешние возмущающие факторы. С учетом этого, расчет траектории движения космического аппарата и зондов, контроль и корректировка их положения в космическом пространстве являются относительно простой задачей.

Ударный кинетический двигатель состоит из следующих основных частей: рабочая камера, входное отверстие, реактивное сопло, мишень внутри рабочей камеры. Дополнительно двигатель может содержать устройство для запирания входного отверстия в рабочую камеру (затвор), щит, систему подачи мишеней в рабочую камеру, систему корректировки положения мишени внутри рабочей камеры, систему управления выпуском плазмы (продуктов взрыва) через реактивное сопло и т. д.

Принцип работы следующий. Через входные отверстия зонд 1 попадает внутрь двигателя. В рабочей камере 4 располагается специальная мишень 5. При попадании зонда в мишень происходит мощный кинетический взрыв, который приводит к испарению вещества зонда и мишени. Образовавшаяся плазма равномерно заполняет рабочую камеру двигателя. Ударные волны в плазме полностью гасятся в основном за счет столкновения со стенками рабочей камеры, и практически вся энергия кинетического взрыва переходит в тепловую энергию плазмы. Далее плазма постепенно истекает из рабочей камеры кинетического двигателя через реактивное сопло 6, создавая реактивную тягу.

Столкновение зонда и мишени должно быть организовано таким образом, чтобы исключить образование крупных осколков. Дополнительно для обеспечения безопасности перед космическим аппаратом может располагаться специальный щит. В этом щите предусмотрено входное отверстие (для пролета зонда), расположенное напротив входного отверстия в рабочую камеру двигателя. На входном отверстии в рабочую камеру двигателя установлен затвор 3, который закрывается в момент кинетического взрыва внутри рабочей камеры двигателя. В качестве затвора могут использоваться различные устройства (мембрана, МГД-генератор, магнитная пробка и т. д.).

На рисунке 1 изображено устройство ударного кинетического двигателя, расположение зонда и мишени в момент приближения космического аппарата.

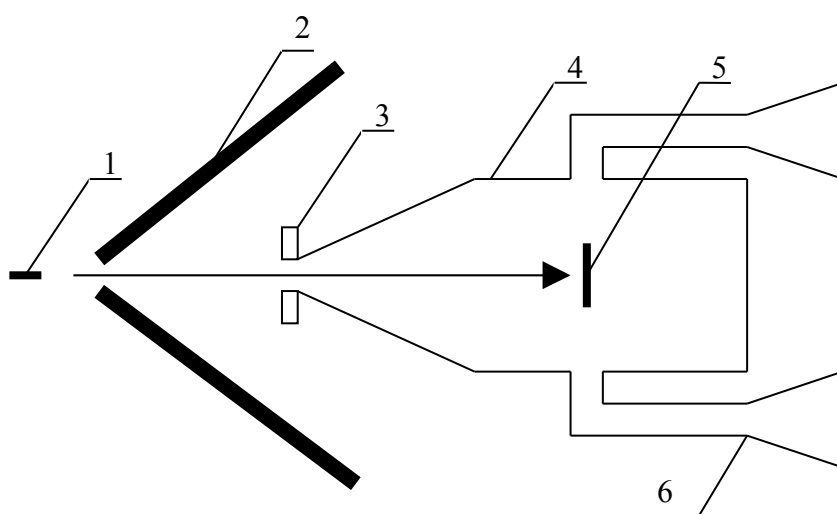


Рисунок 1. Принципиальная схема ударного кинетического двигателя: 1 – зонд; 2 – щит; 3 – затвор; 4 – рабочая камера; 5 – мишень; 6 – реактивное сопло

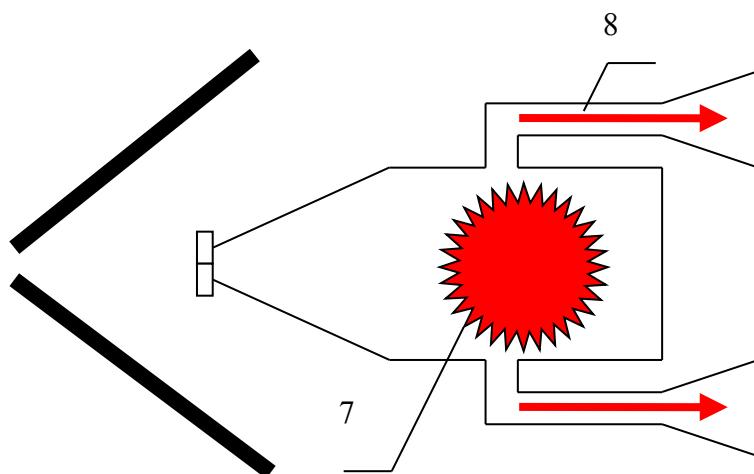


Рисунок 2. Кинетический взрыв внутри рабочей камеры ударного кинетического двигателя, и выход термализованных продуктов взрыва через реактивное сопло: 7 – кинетический взрыв в рабочей камере; 8 – направление истечения продуктов взрыва

Ключевым показателем эффективности любых реактивных двигателей является удельная тяга. Расчеты показывают, что удельная тяга кинетического двигателя прямо пропорциональна скорости полета космического аппарата (при условии, что коэффициент полезного действия двигателя постоянная величина). Увеличение эффективности в процессе разгона является важной особенностью кинетических двигателей.

Эффективность всех других реактивных двигателей либо постоянна, либо уменьшается по мере возрастания скорости полета космического аппарата.

Таблица 1. Максимальные значения удельной тяги кинетического двигателя F в зависимости от значения скорости V и коэффициента полезного действия η

Скорость V , км/с	Удельная тяга F , с					
	$\eta = 0,4$	$\eta = 0,5$	$\eta = 0,6$	$\eta = 0,7$	$\eta = 0,8$	$\eta = 0,9$
10	115	149	187	230	281	348
20	230	298	374	461	563	697
30	345	447	561	691	845	1045
40	460	597	749	922	1127	1394
50	574	746	936	1152	1408	1742
60	689	895	1123	1383	1690	2091
70	804	1043	1309	1610	1967	2436
80	920	1192	1498	1840	2254	2788
90	1035	1341	1686	2070	2535	3137

Для сравнения приведем значения удельной тяги F некоторых других реактивных двигателей: химических жидкостных ракетных двигателей, твердофазного ЯРД, ЯРД с жидкой активной зоной, газофазного ЯРД.

Таблица 2. Значения удельной тяги F некоторых реактивных двигателей

Реактивные двигатели	Удельная тяга F , с
Жидкостный ракетный двигатель РД-190	337,8
Твердофазный ЯРД	850 – 1000

ЯРД с жидкой активной зоной	1300 – 1500
ЯРД с псевдосжиженной активной зоной	1000 – 1100

Из рассмотрения Таблиц 1, 2 видно, что при высокой скорости полета кинетический двигатель способен развивать удельную тягу, превышающую удельную тягу других реактивных двигателей, в частности жидкостного ракетного двигателя РД-180.

Термоядерные реакции при столкновении зонда и мишени

Идея управляемого термоядерного синтеза развивается по многим направлениям. Одним из них является так называемый инерциальный синтез, в котором сжатие и нагрев термоядерного топлива достигается за счет излучения мощных лазеров или пучков частиц. Идея ударного кинетического двигателя подсказывает новую разновидность инерциального термоядерного синтеза – ударный термоядерный синтез в кинетическом взрыве. Такой способ осуществления инерциального термоядерного синтеза может использоваться для повышения эффективности ударного кинетического двигателя.

Предположим, в состав зонда входят дейтерий и тритий (компоненты самой легкой реакции синтеза атомов гелия-4). Абсолютная температура газа является мерой средней кинетической энергии его частиц. При столкновении зонда с мишенью, поступательное движение зонда, переходит в хаотическое тепловое движение его частиц. Для повышения температуры кинетического взрыва, необходимо использовать минимальное число молей вещества при сохранении массы (т. е. включить в состав зонда и мишени химические элементы, обладающие большой атомной массой). С этой целью, для изготовления зонда и мишени могут использоваться вольфрам, ртуть, свинец, висмут, уран (обедненный, природный или обогащенный) и другие тяжелые химические элементы.

Допустим, зонд состоит из атомов урана-238 (10 моль), дейтерия (1 моль), трития (1 моль). Общее количество атомов вещества $\nu = 12$ моль. Масса зонда $M_z = 2,385$ кг. Согласно расчетам, для получения температуры $T = 45$ млн. К, понадобится скорость столкновения 75 км/с. Предельную скорость радиального расширения продуктов взрыва также оценим в 75 км/с. Время t расширения продуктов взрыва до сферы объемом 0,001 м³, составит $t = 0,5$ микросекунды. Общая концентрация N ядер дейтерия и трития, составит $N = 12,04 \cdot 10^{26}$ 1/м³. Для параметра Лоусона получим $Nt = 6 \cdot 10^{20}$ с/м³, что в 6 раз выше минимально необходимого уровня для протекания термоядерной реакции с положительным выходом энергии (критерий Лоусона). Таким образом, существуют все необходимые предпосылки для протекания ядерной реакции синтеза, с выделением энергии, превышающей начальную кинетическую энергию зонда.

Видно, что критерий Лоусона может быть выполнен с многократным запасом. Однако это лишь грубая предварительная оценка, поскольку использование тяжелых элементов, может существенно повлиять на эффективность протекания термоядерных реакций. В частности, в тяжелой плазме содержится большое количество электронов (на два порядка больше количества тяжелых ядер). Допустим, при кинетическом взрыве образуется плазма, состоящая из тяжелых ядер урана, легких ядер дейтерия и трития и электронов. Основным источником тепловой энергии являются ядра тяжелых элементов, которые в процессе столкновений передают часть своей тепловой энергии ядрам легких элементов. Происходит нагревание легкой дейтерий-тритиевой компоненты до температуры термоядерной реакции. Далее происходит разогрев электронной компоненты (что ведет к снижению температуры плазмы). Однако процесс разогрева электронной компоненты

происходит со значительно меньшей скоростью, чем разогрев дейтерий-тритиевой компоненты. Поэтому, в первые микросекунды кинетического взрыва в плазме вполне могут возникать условия, необходимые для протекания термоядерной реакции.

Таким образом, одним из возможных решений проблемы ударного термоядерного синтеза является повышение средней атомной массы вещества сталкивающихся объектов (микрочастиц или макрочастиц). С увеличением скорости столкновения (и соответственно ростом удельной энергии инициирующего кинетического взрыва) могут реализовываться любые схемы протекания ядерных реакций синтеза. Спектр ядерных реакций будет расширяться за счет добавления в состав сталкивающихся объектов различных химических элементов, выбор которых будет зависеть от многих факторов (низкой стоимости, энергетического выхода, легкости достижения необходимых для реакции условий и т. д.). Впрочем, для нашего случая протекание термоядерных реакций даже не является необходимым условием, поскольку кинетический реактивный двигатель будет работать и при полном их отсутствии (термоядерные реакции являются дополнительным «бонусом» кинетического двигателя).

Формирование группировки зондов

Для размещения зондов в космическом пространстве необходимо использовать вспомогательный космический аппарат. Этот вспомогательный космический аппарат через определенные промежутки времени поочередно выбрасывает зонды строго вдоль касательной к траектории своего полета (скорость выброса зондов можно регулировать). Вблизи Солнца или планет группировка зондов может иметь форму спирали, окружности, эллипса, параболы и т. д. На большом удалении от Солнца и планет, где силы тяготения стремятся к нулю, группировка зондов может иметь форму практически прямой линии.

После того, как зонды выброшены с борта вспомогательного космического аппарата, необходимо чтобы они двигались строго вдоль расчетной траектории (с минимальным отклонением). Группировку зондов целесообразно объединить в единую автономную навигационную систему. Для этого зонды оснащаются соответствующим миниатюрным оборудованием (системами связи и управления, микрореактивными двигателями и т. д.). Зонды находятся в космическом пространстве длительное время, и для коррекции их положения могут применяться микрореактивные двигатели с очень малой силой тяги. Ошибки в силе тяги компенсируются регулировкой продолжительности работы двигателя.

Внутри этой навигационной системы зонды самостоятельно определяют и корректируют свое положение относительно друг друга. При необходимости может подаваться сигнал на отвод неисправного зонда в сторону (или на его ликвидацию при помощи системы самоуничтожения). Дополнительно зонд можно обстрелять с космического аппарата специальной пушкой, лазерным лучом, электронным пучком или каким-либо другим видом оружия. Образовавшиеся при разрушении зонда осколки блокируются щитом космического аппарата. Так обеспечивается безопасность космического аппарата.

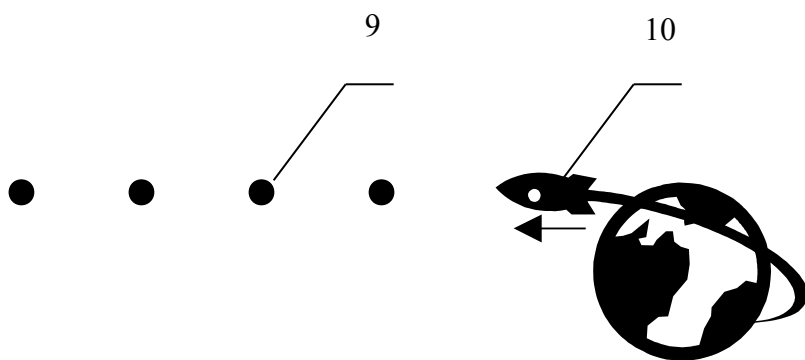


Рисунок 3. Движение космического аппарата, оснащенного ударным кинетическим двигателем вдоль группировки зондов: 9 – зонды; 10 – космический аппарат

Первоначальный разгон космического аппарата

Группировка зондов может вращаться либо вокруг Солнца, либо вокруг планет Солнечной системы. Если организовать движение космического аппарата навстречу группировке зондов, то их встречная скорость может составить несколько десятков или даже сотен км/с. В этих условиях кинетический реактивный двигатель способен развить очень высокую удельную тягу. Наибольшая встречная скорость космического аппарата навстречу группировки зондов может быть достигнута в окрестностях Солнца.

Удобными стартовыми позициями для начала полета являются также системы планет-гигантов. Кроме того, что в системах планет-гигантов существуют хорошие условия для работы кинетических двигателей, некоторые спутники планет-гигантов представляют собой перспективные объекты для колонизации. Поэтому использование кинетических двигателей в системах планет-гигантов может иметь большие перспективы.

Неплохие условия для работы кинетических двигателей существуют и в системе Земля-Луна. Например, при выбросе зондов с поверхности Луны в направлении Земли, они будут двигаться с ускорением, постепенно разгоняясь до скорости примерно 11 км/с. Таким образом, в окрестностях Земли можно создать группировку зондов, для разгона космического аппарата в любом нужном направлении. В частности, такую группировку зондов целесообразно использовать для вывода грузов на околоземную орбиту.

Допустим, что космический аппарат и группировка зондов движутся вокруг Юпитера по эллиптическим орбитам X и W с совпадающими перигентрами. Точка совпадения перигентров Y расположена на расстоянии 70 тыс. км от центра Юпитера. На таком расстоянии от Юпитера возможные значения встречной скорости космического аппарата и группировки зондов находится в пределах 90 – 128 км/с. Согласно Таблицы 1, при минимальной встречной скорости 90 км/с, удельная тяга кинетического двигателя составит 1035 – 3137 с (что превышает удельную тягу ядерных двигателей разных типов).

На рисунке 4 изображены орбиты группировки зондов и космического аппарата.

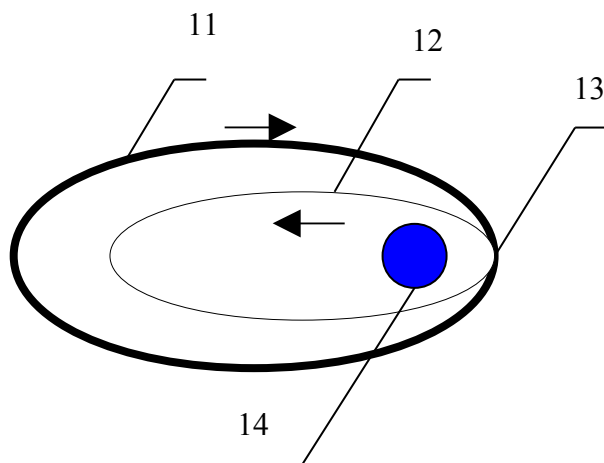


Рисунок 4. Расположение орбит группировки зондов и космического аппарата: 11 – орбита группировки зондов; 12 – орбита космического аппарата; 13 – точка совпадения перигетров; 14 – центральное тяготеющее тело

Защита от космических лучей

При увеличении скорости полета возрастает энергия и количество частиц, попадающих в переднюю часть космического аппарата. С возрастанием скорости полета, большая часть космических лучей будет проникать в космический аппарат через его переднюю часть (закрытую щитом). В связи с этим, часть мер для минимизации уровня радиации внутри космического аппарата заключается в увеличении толщины, массы и размеров щита, использовании материалов, хорошо поглощающие и тормозящие космические лучи и т. д.

При прохождении космических лучей в веществе щита генерируется вторичная радиация. Поскольку щит расположен на некотором расстоянии от космического аппарата, вторичные частицы частично рассеиваются (т. е. в космический аппарат попадает лишь часть ливня вторичных частиц, а другая их часть уходит мимо космического аппарата в космическое пространство). В этом заключается одно из преимуществ удаленного расположения внешнего щита по сравнению с традиционными противорадиационными экранами (которые располагаются внутри космического аппарата или на его поверхности).

Возможен еще один необычный метод борьбы с встречными космическими лучами, который заключается в использовании щита специальной конструкции и состава, способного отклонять космические лучи в сторону от космического аппарата.

Существуют разнообразные варианты строения и конструкции щита, позволяющие решать эту задачу. Например, можно выполнить щит таким образом, чтобы по краям его толщина была больше, чем в средней части (т. е. щит будет иметь форму двояковогнутой, плоско-вогнутой или выпукло-вогнутой линзы с отверстием в центре для пролета зонда). Можно также придать щиту форму линзы Френеля (рассеивающей).

Кроме того, можно выполнить щит в виде набора элементов, поверхность которых ориентирована под острым углом к направлению полета космического аппарата. Падение под острым углом приведет к отражению космических лучей, и их отклонению в сторону от космического аппарата. Профиль этих элементов может иметь разную форму (прямоугольную, призматическую, плоско-вогнутую, выпукло-вогнутую и т. д.).

Принципиальная схема конструкции щита, из элементов прямоугольного профиля, изображена на рисунке 5 (вид сбоку в разрезе) и на рисунке 6 (вид спереди).

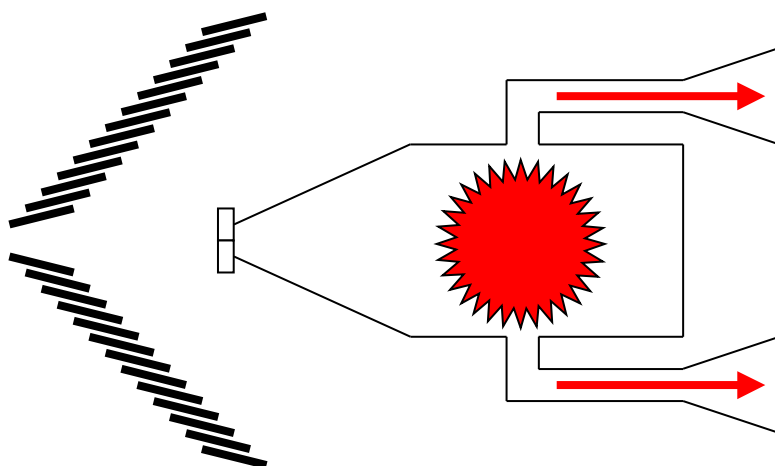


Рисунок 5. Конструкция щита (вид сбоку в разрезе)

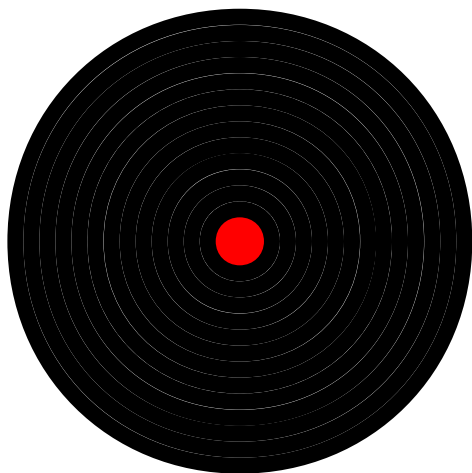


Рисунок 6. Конструкция щита (вид спереди)

Возможно применение щита переменной плотности, при помощи которого также можно отклонять часть космических лучей в сторону от космического аппарата. Один вариант заключается в том, что плотность материала, из которого изготовлен щит, возрастает по направлению от середины щита к его краям. Другой вариант заключается в том, что плотность вещества, из которого изготовлен щит, уменьшается от передней внешней поверхности (со стороны открытого космоса) к задней поверхности щита (со стороны космического аппарата). В результате, щит также может приобрести преломляющие свойства, позволяющие отклонить часть космических лучей в сторону.

Существуют и другие способы отклонения космических лучей (например, при помощи электромагнитных линз). Эффективной защитой от потоков космических лучей также могут быть магнитные поля, создаваемые магнитной катушкой кинетического двигателя. Наиболее надежная защита космического аппарата будет достигнута при одновременном использовании разных способов поглощения, торможения, рассеивания и отклонения космических лучей. Полностью преодолеть космическую радиацию вряд ли удастся, но можно попытаться уменьшить ее общий уровень внутри космического аппарата, либо создать локальные зоны с уменьшенным уровнем радиации.

Отвод тепла от кинетического двигателя

Одной из основных проблем при создании реактивных двигателей будущего является отвод избыточного тепла. При работе кинетического двигателя образуется избыточная тепловая энергия, которую необходимо выбросить в космическое пространство. Один из возможных способов решения этой проблемы заключается в использовании для отвода тепла лазеров с тепловой накачкой. Утилизация избыточной тепловой энергии может происходить путем накачки этой теплотой лазеров, которые будут преобразовывать избыточную тепловую энергию в свет, и излучать его в космическое пространство. <http://n-t.ru/tp/ng/ls.htm>. В отличие от тепловых радиаторов, для лазеров с тепловой накачкой величина необходимой площади излучения не зависит от температуры. Это обстоятельство позволит создавать компактные и мощные лазерные радиаторы для охлаждения реактивных двигателей.

Недостатком лазеров является малый рабочий объем отражателя (резонатора), внутри которого невозможно поместить большое количество активной среды. В результате, мощность современных лазеров не превышает несколько сотен кВт. Для повышения мощности можно выполнить отражатель в виде полупрозрачной трубы переменного сечения, через которую при помощи компрессора прокачивается активная среда. Это позволит организовать течение газа таким образом, что на определенном участке трубы-отражателя возникает инверсия населенностей. В результате, через полупрозрачную поверхность отражателя наружу будет выходить поток излучения с высокой интенсивностью (на несколько порядков превышающей интенсивность излучения поверхности тепловых радиаторов, при любых реально достижимых температурах).

Кинетический двигатель на основе МГД-генератора

Возможны различные модификации идеи кинетического реактивного двигателя. Можно создать кинетический двигатель, который будет состоять из магнитной воронки, МГД-генератора, электрореактивного движителя <http://n-t.ru/tp/ts/kd3.htm>. Этот кинетический двигатель будет работать следующим образом. Захваченная магнитной воронкой плазма поступает в кинетический двигатель, проходит через канал МГД-генератора, и вытекает наружу через реактивное сопло. При частичном торможении встречного потока плазмы в канале МГД-генератора, вырабатывается электрический ток. Этот ток приводит в действие электрореактивный движитель, работающий на бортовых запасах реактивной массы. При определенных условиях сила тяги реактивного движителя превышает силу торможения плазмы, и космический аппарат увеличивает скорость полета, отбрасывая часть своей массы. Для расчета эффективности кинетического двигателя на основе МГД-генератора можно использовать формулы, которые были получены для ударного кинетического двигателя <http://kuasar.narod.ru/ideas/eol/index.htm>.

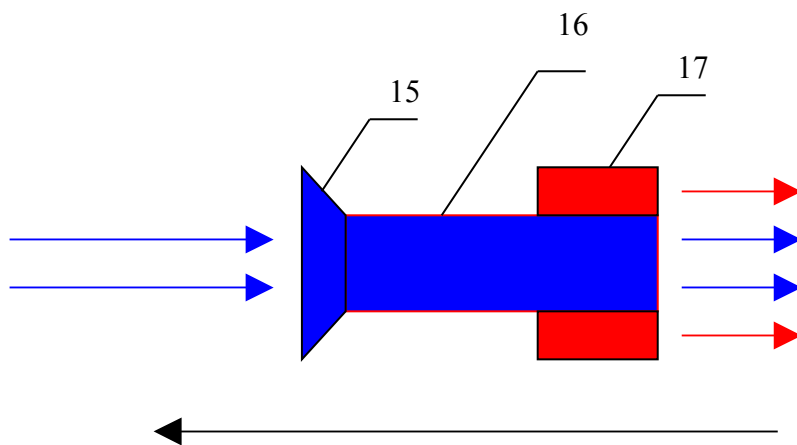


Рисунок 7. Принципиальная схема кинетического двигателя на основе МГД-генератора: 15 – магнитная воронка; 16 – МГД-генератор; 17 – электрореактивный движитель

На рисунке 7 синими длинными стрелками показан внешний поток вещества, поступающий в кинетический двигатель. Синими короткими стрелками показан тот же самый внешний поток вещества на выходе из кинетического двигателя (т. е. после его торможения в канале МГД-генератора). Красными короткими стрелками показана реактивная струя работающих электрореактивных двигателей. Сила тяги электрореактивных движителей превышает силу торможения, и космический аппарат получаем ускорение влево, т. е. навстречу внешнему потоку плазмы.

Однако плотность космического вещества слишком мала, и для захвата плазмы может понадобиться магнитная воронка диаметром несколько сотен или даже тысяч километров. Решить эту проблему снова можно за счет создания и использования группировки зондов, предварительно расположенных вдоль траектории полета космического аппарата. В этом случае зонды должны подрываться непосредственно перед космическим аппаратом (при помощи расположенного внутри каждого зонда заряда взрывчатки). Образовавшаяся при взрыве плазма будет использоваться для работы кинетического двигателя. При таком способе питания кинетического двигателя плазмой, потребный диаметр магнитной воронки может быть уменьшен до нескольких десятков метров. Кроме того, существенно упрощается задача точного наведения зондов на космический аппарат.

Для питания кинетического двигателя плазмой можно использовать ускорители плазмы, располагаемые на космических объектах искусственного или природного происхождения. Преимуществом такого способа питания является высокая скорость внешнего потока плазмы, которая может составлять десятки, сотни и тысячи км/с. За счет этого удельная тяга кинетического двигателя существенно возрастет. Кроме того, можно изменить организацию полета таким образом, что космический аппарат будет разгоняться не навстречу потоку плазмы, а в попутном направлении (при этом нужно будет развернуть направление тяги электрореактивных движителей на 180 градусов).

Некоторые другие возможные варианты кинетических двигателей

Кинетический двигатель для полетов в верхних слоях атмосферы. Представляет собой коническую расширяющуюся трубу, с движением газа в сторону раструба. В эту трубу входит гиперзвуковой поток газа. При подаче большой массы рабочего тела в поток газа

происходит его торможение. В результате кинетическая энергия преобразуется в тепловую энергию, плотность, температура и давление газа возрастают. Таким образом, можно получить высокую степень сжатия газа в двигателе без помощи диффузора. Регулирование работы двигателя и управление потоком газа происходит за счет изменения режима подачи рабочего тела через форсунки, установленные в стенках двигателя. Принципиальное отличие этого варианта кинетического двигателя от прямоточных воздушно-реактивных двигателей заключается в отсутствии диффузора.

Кинетический двигатель, снабжаемый энергией при помощи лазерного луча. В известных проектах предполагается, что лазерный луч направлен вдогонку космического аппарата. В результате эффекта Доплера уменьшаются частота и энергия лазерного луча, принимаемого ракетой. Для того, чтобы эта система работала в режиме кинетического двигателя, необходимо организовать полет таким образом, чтобы ракета двигалась навстречу лазерному лучу. Тогда в результате эффекта Доплера частота и энергия принимаемого излучения возрастает. Это приведет к повышению эффективности разгона при прочих равных условиях. Эффект будет ощутим при скорости тысячи и десятки тысяч км/с. В ближайшем будущем это нереально, но принципиальная возможность существует, и когда-то возможно будет реализована.

Кинетический двигатель, работающий от встречного потока космических лучей. Этот вариант актуален для скорости полета десятки и сотни тысяч км/с. Принято считать, что космические лучи являются исключительно помехой для полета к звездам. Для защиты от космических лучей перед космическим аппаратом необходимо располагать экран. Поскольку, энергия встречных частиц нагревает этот экран, то полученное тепло можно преобразовать в электрический ток. Этот ток приводит в действие электрореактивный движитель, и в результате его работы получаем дополнительный прирост скорости. Таким образом, опасное встречное излучение можно использовать в качестве источника энергии. И, по сути, мы имеем еще один вариант кинетического двигателя. Он может быть исключительно эффективным при околосветовой скорости полета корабля, когда течение времени существенно замедляется. И хотя в обозримом будущем это вряд ли реально, но в принципе такая возможность ускорения космического аппарата существует.

Перспективы применения кинетических двигателей

Кинетические двигатели имеют простую конструкцию, и могут быть построены даже при современном уровне развития науки и техники. Кинетические двигатели могут использоваться для вывода грузов на околоземную орбиту, для полетов в системах планет-гигантов, и для любых других полетов в Солнечной системе и за ее пределы. Отдельно следует остановиться на проблеме межзвездных полетов. Как уже было сказано ранее, удельная тяга кинетических двигателей прямо пропорциональна скорости полета. Поскольку для совершения межзвездных полетов в разумные сроки необходима скорость в десятки тысяч км/с, то удельная тяга кинетических двигателей в этих условиях будет принимать очень высокие значения. Следовательно, кинетические двигатели вполне могут применяться в процессе совершения межзвездных полетов (в том числе пилотируемых).

Еще одна важная особенность кинетических двигателей заключается в том, что в качестве реактивной массы они могут использовать практически любые материалы, в том числе части конструкций космического аппарата. Поэтому, соотношение начальной и конечной массы космического аппарата (так называемое число Циолковского), в принципе ничем не ограничено. Кроме того, на борту космического аппарата можно создать практически

любые запасы всего необходимого: вода, кислород, продукты питания, запасные части и механизмы, и т. д. За счет этих запасов, исчезает потребность в создании замкнутого цикла обеспечения жизни человека. Таким образом, создание и применение кинетических двигателей позволяет решить в комплексе целый ряд ключевых задач и проблем, которые возникают при планировании будущих дальних космических экспедиций.

15 октября 2013 года