



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 193 100⁽¹³⁾ C2
(51) МПК⁷ F 02 K 11/00

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

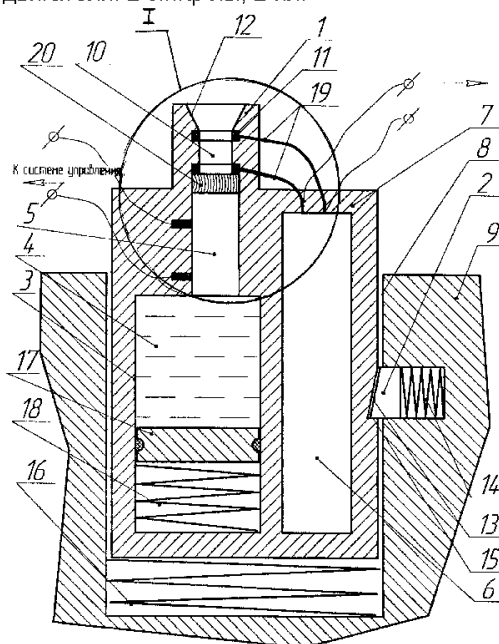
(21), (22) Заявка: 2000116462/06, 21.06.2000
(24) Дата начала действия патента: 21.06.2000
(43) Дата публикации заявки: 10.05.2002
(46) Дата публикации: 20.11.2002
(56) Ссылки: Пионеры ракетной техники. Ветчинкин, Глушко, Королев, Тихонравов. Избранные труды. 1929-1945. - М.: Наука, 1972, с.129-131. EP 0903487 A3, 03.11.1999. FR 2734025 A1, 15.11.1996. SU 1803595 A1, 23.03.1993. SU 66161 A, 30.12.1944. SU 47459 A, 30.06.1936.
(98) Адрес для переписки:
195009, Санкт-Петербург, ул. Комсомола, 1/3, КБ "Арсенал", Начальнику отдела промышленной собственности и информации

(71) Заявитель:
Федеральное государственное унитарное предприятие "Конструкторское бюро "Арсенал" им. М.В.Фрунзе
(72) Изобретатель: Марфин Б.В.,
Друзяк В.К., Кислицкий М.И., Полетаев Б.И., Сапожников В.И., Прокофьев Ю.П.
(73) Патентообладатель:
Федеральное государственное унитарное предприятие "Конструкторское бюро "Арсенал" им. М.В.Фрунзе

(54) ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ РАКЕТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

(57) Электровзрывной ракетный двигатель (ЭРД) относится к космической технике, а именно к электрическим ракетным двигателям малой тяги для управления положением космического аппарата в полете. ЭРД содержит взрывную камеру 1, тормозное устройство 2, емкость 3 для электропроводящего жидкого или пастообразного рабочего тела 4, устройство подачи 5 рабочего тела во взрывную камеру, импульсный источник питания 6. Все элементы, кроме тормозного устройства, размещены в корпусе 7, а корпус 7 вставлен в направляющие 8 корпуса космического аппарата 9 и взаимодействует с ним через тормозное устройство 2. Взрывная камера 1 состоит из взрывной полости 10, кольцевых электродов 11, сверхзвуковой части сопла 12. Тормозное устройство состоит из ползуна 13 с клиновидной поверхностью 14 и пружины 15. В корпусе 7 имеется ответная клиновидная часть с упором 16. В корпусе 9 установлена пружина 17. Импульсный источник питания 6 электрически связан с электродами 11 шипами 19. Между входной частью устройства подачи рабочего тела 5 и взрывной полостью 10 может быть

установлена пористая перегородка 20. Изобретение позволяет повысить надежность двигателя. 2 з.п.ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 193 100** ⁽¹³⁾ **C2**
 (51) Int. Cl.⁷ **F 02 K 11/00**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2000116462/06, 21.06.2000

(24) Effective date for property rights: 21.06.2000

(43) Application published: 10.05.2002

(46) Date of publication: 20.11.2002

(98) Mail address:
 195009, Sankt-Peterburg, ul. Komsomola, 1/3,
 KB "Arsenal", Nachal'niku otdela
 promyshlennoj sobstvennosti i informatsii

(71) Applicant:
 Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
 predpriatie "Konstruktorskoe bjuro
 "Arsenal" im. M.V.Frunze

(72) Inventor: Marfin B.V.,
 Druzjak V.K., Kisitskij M.I., Poletaev
 B.I., Sapozhnikov V.I., Prokofev Ju.P.

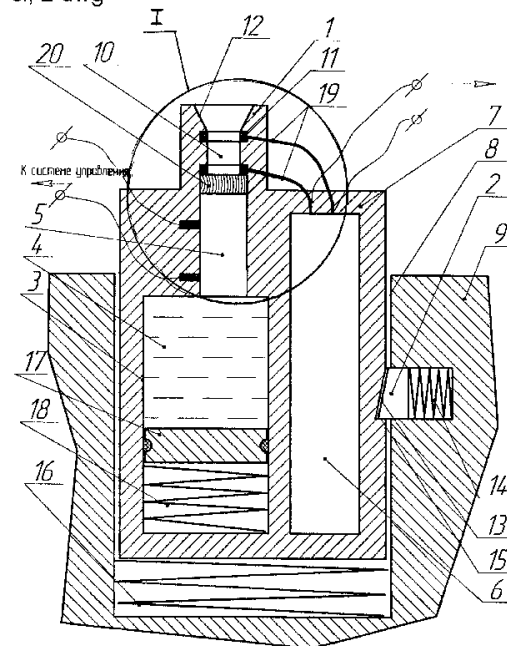
(73) Proprietor:
 Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
 predpriatie "Konstruktorskoe bjuro
 "Arsenal" im. M.V.Frunze

(54) ELECTRIC EXPLOSION ROCKET ENGINE

(57) Abstract:

FIELD: space engineering; electric thrusters to control position of space craft in flight. SUBSTANCE: proposed engine has explosion chamber 1, braking device 2, reservoir 3 for conducting liquid or paste-like working medium 4, device 5 to supply working medium into explosion chamber and pulse supply source 6. All elements, except for braking device, are arranged in housing 7 which is fitted in guides 8 of space craft body 9 and interacts with the latter through braking device 2. Explosion chamber 1 consists of explosion space 10, ring electrodes 11, and supersonic part of nozzle 12. braking device consists of slider 13 with wedge surface, and spring 14. Housing 7 has mating wedge part with stop 15. Spring 16 is installed in body 9. Working medium 4 is loaded by piston 17 and spring 18 to preclude formation of hollows. Pulse supply source 6 is electrically coupled with electrodes 11 by tenons 19. Porous partition 20 and can be installed between inlet part of device 5 to supply working medium and explosion space 10. EFFECT: improved reliability of engine. 3

cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к космической технике, а именно к электрическим ракетным двигателям (ЭРД) малой тяги для управления положением космических аппаратов (КА) в полете.

По классификации ЭРД подразделяются на электротермические (с газодинамическим ускорением рабочего тела), электромагнитные плазменные (с электромагнитным ускорением рабочего тела), электростатические ионные (с электростатическим ускорением рабочего тела) (1, стр. 446-447).

Несмотря на то что электротермические ЭРД теоретически имеют гораздо лучшие характеристики по плотности тяги, цене тяги, КПД и простоте устройства, широкое практическое применение по различным причинам нашли плазменные и ионные ЭРД. Однако использование их на малых спутниках и микроспутниках нецелесообразно из-за сложности аппаратуры и трудностей теплоотвода в вакууме при малой массе спутника. Так, например, стационарный плазменный двигатель типа СПД состоит из: анодного блока (газоразрядная камера + магнитные катушки + магнитопровод + анод-газораспределитель), катодного блока (нагреватель + поджигной электрод + катод), блока хранения и подачи ксенона (бак высокого давления + регулятор давления + клапаны электромагнитные + термодроссели + ресиверы + жиклеры + кислородные геттеры + датчики давления), блока преобразования напряжения (блок питания разрядной цепи + блок питания термодросселей + блок питания накала катодов + блок поджига), блока управления. Катод, в свою очередь, состоит из эмиттера, капсулы, нагревателя, пускового электрода и т.д. по другим блокам (2, стр. 149-160).

Ионные ЭРД по структуре не проще (2, стр. 119-132).

Известен самый простой ЭРД, относящийся к электротермическому типу, электровзрывного действия (1, стр. 451-452, 455), (3, стр. 89-110), (4, стр. 129-131).

Основными элементами этого ЭРД являются: импульсный источник электроэнергии, механизм подачи рабочего тела к электродам, которые служат элементы камеры сгорания - форсунка и корпус, а также камера сгорания с соплом, обеспечивающая направленное истечение газов.

Принцип работы - кратковременное воздействие мощных (10-400 кВ) электрических импульсов на токопроводящие вещества, которые образуют газ с температурой до 10^5 градусов, разлетающийся с большой скоростью.

Такой ЭРД является наиболее близким аналогом предлагаемого ЭРД.

Однако ЭРД такого типа не нашли применения по нескольким причинам. Использование камеры сгорания с сопловым блоком (дозвуковая часть, критическое сечение, сверхзвуковая часть) из-за наличия критического сечения ведет к задержке истечения продуктов электровзрыва, к разогреву стенок и осаждению на них рабочего вещества, т.е. к потере как энергии, так и самого рабочего тела. Кроме того, возникают трудности с теплоотводом. Применение высоковольтного оборудования, которое само по себе имеет значительный

вес, ведет к необходимости иметь преобразователь напряжения. Но последнее препятствие устранимо путем использования современных малогабаритных низковольтных источников электроэнергии, в частности конденсаторов, которые запасают необходимое количество энергии не за счет напряжения, а за счет большой емкости. По данным наших экспериментов получен устойчивый взрывной эффект на медной проволочке диаметром 0,2 мм длиной 2...5 мм при напряжениях 60...220 В соответственно.

Серьезным препятствием является ударное воздействие на корпус КА и тряска в результате взрывов, которое предполагалось устранять кольцевым расположением вокруг КА ряда камер (3, стр. 102). Но такое решение ведет к увеличению веса и понижению надежности.

Задачей, на решения которой направлено заявляемое изобретение, является устранение причин, препятствующих возможности использования электровзрывных ЭРД для управления положением КА в полете. Такими причинами являются разогрев двигателя, теплоотвод от которого на малых КА затруднен, а также ударное воздействие на сам КА при работе ЭРД.

Технический результат, который может быть получен при осуществлении изобретения, выражается в снижении нагрева ЭРД, уменьшении ударных нагрузок на корпус КА. Кроме того, за счет применения пористой перегородки между устройством подачи рабочего тела и взрывной камерой упрощается конструкция (не требуется отсечной клапан) и уменьшается контактное сопротивление между электродом и рабочим телом, что увеличивает КПД двигателя.

Общими признаками предлагаемого электровзрывного ЭРД и прототипа являются: наличие импульсного источника электроэнергии, электродов, электропроводящего рабочего тела и устройства подачи рабочего тела к электродам.

Отличием предлагаемого ЭРД от прототипа является выполнение устройства, обеспечивающего направленное истечение газов, в виде взрывной камеры, соединенной непосредственно со сверхзвуковой частью сопла. При этом взрывная камера имеет собственную или присоединенную массу, соединена с корпусом КА с возможностью перемещения относительно корпуса и взаимодействует с ним через тормозное устройство.

Применение взрывной камеры со сверхзвуковой частью сопла исключает длительное время контакта горячих газов с конструкцией, т.к. процесс взрыва и воздействия газов на стенки камеры длится приблизительно 10 нс (1, стр. 432), и теплообмен практически не происходит (3, стр. 102), в результате нагрев стенок камеры минимален.

Выполнение взрывной камеры подвижной, связанной с корпусом КА через тормозное устройство, и с определенной массой дает возможность трансформировать ударную нагрузку на камеру в плавную на корпус КА.

Допустим, на КА массой $M=100$ кг имеется ЭРД, расходующий за импульс массу рабочего тела $m_{p, \tau}=10^{-3}$ г, скорость истечения $V=2 \cdot 10^4$ м/с, КПД $\eta=1$, масса

взрывной камеры $m_{в.к}=0,5$ кг.

В результате взрыва камера получит ударную нагрузку и приобретет начальную скорость

$$v_{в.к} = \frac{m}{m_{в.к}} \cdot \frac{p \cdot t}{\rho} \cdot v = 0,04 \text{ м/с.}$$

Таким образом, начальная скорость камеры будет в $5 \cdot 10^5$ раз меньше скорости истечения газа.

В случае, если камера тормозится простейшим фрикционным тормозом с постоянным коэффициентом трения, ее движение будет равнозамедленным. Примем тормозной путь $S = 10$ мм, тогда ускорение камеры

$$a_{в.к} = v_{в.к} / 2S = 0,08 \text{ м/с}^2.$$

Потребная сила трения в тормозе

$$F_{тр} = m_{в.к} \cdot a_{в.к} = 0,04 \text{ Н}$$

$$\text{Время торможения } t = v_{в.к} / a_{в.к} = 0,5 \text{ с}$$

$$\text{Ускорение, приобретенное КА, } a_{в.к} = F_{тр} / M_{к.а} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$$

$$\text{при перегрузке } p_{к.а} / g = a_{к.а} = 4 \cdot 10^{-5}.$$

Итого при импульсе силы $J = F_{тр} t = 0,02 \text{ Н с}$ вместо ударной нагрузки на корпус КА получено силовое воздействие $0,04 \text{ Н}$ в течение $0,5 \text{ с}$ при перегрузке $4 \cdot 10^{-5}$. Как видно, нагрузки незначительны. Потери на трение в тормозе $A_{тр} = F_{тр} \cdot S = 4 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$, при энергоёмкости реактивной струи $W = m_{тр} \cdot v^2 / 2 = 200 \text{ Дж}$ составляют $2 \cdot 10^{-5} \%$, что также незначительно.

Изобретение иллюстрируется схематическими чертежами, на которых изображены: на фиг.1 - схема предлагаемого двигателя, на фиг.2 - вариант выполнения двигателя в случае использования пористой электропроводящей перегородки в качестве электрода.

ЭРД содержит взрывную камеру 1, тормозное устройство 2, емкость 3 для электропроводящего жидкого или пастообразного рабочего тела 4, устройство подачи 5 рабочего тела во взрывную камеру, импульсный источник питания 6. Все элементы, кроме тормозного устройства, размещены в ударном корпусе 7 из виброгасящего материала и составляют единую массу, а корпус 7 вставлен в направляющие 8 корпуса КА 9 и взаимодействует с ним через тормозное устройство 2.

Взрывная камера 1 состоит из непосредственно взрывной полости 10, кольцевых электродов 11, сверхзвуковой части сопла 12.

Тормозное устройство 2 одностороннего действия состоит из ползуна 13 с клиновой поверхностью, пружины 14. Ответная клиновидная часть имеется на корпусе 7, где имеется также упор 15. Для смягчения фронта роста нагрузки и возврата ЭРД в исходное положение служит пружина с малой жесткостью 16.

Емкость 3 содержит рабочее тело 4, которым может быть, например, жидкометаллический сплав индий-галлий-олово, а также поджимное устройство, состоящее из поршня 17 и пружины 18. Поджимное устройство служит для исключения образования пустот при расходе рабочего тела.

Импульсный источник электропитания 6

может являться конденсатором и электрически связан с электродами 11 шинами 19.

Устройством подачи рабочего тела 5 во взрывную камеру 1 может являться магнетогидродинамический (МГД) насос. Между входной частью устройства подачи рабочего тела и взрывной камерой может быть установлена пористая перегородка 20. Размер пор (в зависимости от свойств рабочего тела) определяется давлением, при котором рабочее тело должно начинать проходить через перегородку. При этом перегородка препятствует самопроизвольному вытеканию жидкого рабочего тела при отсутствии давления за устройством подачи и за счет высокого гидравлического сопротивления и кратковременности взрывного процесса исключает ударное воздействие на устройство подачи и емкость с рабочим телом. В случае выполнения пористой перегородки из токопроводящего материала, например из металлокерамики, целесообразно использовать ее в качестве одного из электродов (фиг.2), что, с одной стороны, упрощает конструкцию, а с другой стороны, уменьшает контактное сопротивление, так как значительно увеличивает площадь контакта электрода с рабочим телом.

Работа ЭРД происходит следующим образом.

Импульсный источник питания 6 подключается к бортовой сети и заряжается. Затем подается питание на устройство подачи рабочего тела (насос) 5, и под давлением рабочее тело 4 через пористую перегородку 20 поступает во взрывную полость 10. При контакте с электродами 11, соединенными с источником питания, происходит взрывное испарение рабочего тела и ударный выброс образовавшихся газов через сверхзвуковую часть сопла 12. В результате ударный корпус 7 приобретает начальную скорость и перемещается в корпусе КА 9 по направляющим 8, передавая на корпус КА усилие, на которое настроено тормозное устройство 2. После остановки ударный корпус 7 возвращается в исходное положение до упора 15, при этом тормозное устройство 2 не препятствует движению, что обеспечивается наличием клиновой поверхности.

Источники информации

1. Космонавтика. Энциклопедия под ред. В.П. Глушко, М., "Советская энциклопедия", 1985 г.

2. Перспективные межпланетные полеты с использованием электроракетных двигателей и ядерных энергетических установок.

Итоговый отчет объединенной исследовательской группы. Выходные данные

3. В.П.Глушко. Металл как взрывчатое вещество. Пионеры ракетной техники. Избранные труды, М., "Наука", 1972 г.

4. В.П.Глушко. Описание реактивного двигателя, Пионеры ракетной техники. Избранные труды, М., "Наука", 1972 г., стр. 129-131 (прототип).

Формула изобретения:

1. Электровзрывной ракетный двигатель, содержащий импульсный источник электроэнергии, электроды, электропроводящее рабочее тело, устройство

подачи рабочего тела к электродам, взрывную камеру и сверхзвуковую часть сопла, отличающийся тем, что он установлен на корпусе космического аппарата с возможностью перемещения и взаимодействия с ним через тормозное устройство, а взрывная камера соединена со сверхзвуковой частью сопла.

5

2. Двигатель по п. 1, отличающийся тем, что он содержит пористую перегородку, расположенную между устройством подачи рабочего тела и взрывной камерой.

3. Двигатель по любому из пп. 1 и 2, отличающийся тем, что пористая перегородка выполнена из электропроводящего материала и является одним из электродов.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

