



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2008137447/06, 18.09.2008

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.09.2008

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.09.2008

(43) Дата публикации заявки: 27.03.2010 Бюл. № 9

(45) Опубликовано: 20.02.2011 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: Y.HAYAKAWA. Endurance test of 35-cm
Xenon ion thruster 36 th AIAA/ASME/SAE/ASEE
Joint Propulsion Conference and Exhibit. 16-19
July 2000 / Huntsville, Alabama. RU 2308610 C2,
20.10.2007. RU 2312316 C1, 10.12.2007. SU
345403 A1, 14.07.1972. SU 314919 A1,
21.09.1971. JP 58018140 A, 02.02.1983.

Адрес для переписки:

141070, Московская обл., г. Королев, ул.
Ленина, 4а, ОАО "РКК "Энергия" им. С.П.
Королева", отдел интеллектуальной
собственности

(72) Автор(ы):

Островский Валерий Георгиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество "Ракетно-
космическая корпорация "Энергия" имени
С.П. Королева" (RU)

(54) СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОРАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЙОДЕ И СПОСОБ ИСПЫТАНИЯ НА СТЕНДЕ ЭЛЕКТРОРАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА РАБОЧЕМ ТЕЛЕ ЙОДЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области
электроракетных двигателей и стендов для их
испытаний. Стенд для испытания
электроракетного двигателя на йоде,
состоящий из вакуумной камеры, подвижного
кронштейна с установленным на нем
электроракетным двигателем и системы
торможения и конденсации истекающей из
двигателя струи плазмы, включающей мишень
и криопанель, которые дополнительно
снабжены нагревателями и герметично связаны
друг с другом, причем криопанель снабжена
люком, имеющим дистанционный привод, люк
имеет герметично прикрепленный к его

внутренней поверхности эластичный мешок,
соединенный с баллоном, содержащим
инертный газ, например аргон, причем
герметичный отсек, образованный
криопанелью, мишенью и люком, через
разъемное соединение герметично связан с
емкостью для утилизации йода, снабженной
системой охлаждения и нагревателем. Способ
испытания на стенде электроракетного
двигателя, работающего на рабочем теле йода,
заключается в том, что истекающее рабочее
тело затормаживают на мишени и осаждают на
криопанели, при этом криопанель и мишень
охлаждают до температуры (минус 60...
минус 70)°C, причем после выключения

двигателя закрывают люк, увеличивают давление в вакуумной камере прекращением подачи криоагента в криопанель и мишень до $(10^{-3}...10^{-2})$ мм рт.ст., нагревают мишень и криопанель до температуры $(100...110)^{\circ}\text{C}$, при этом емкость для утилизации йода охлаждают до температуры, не превышающей минус 50°C , подают инертный газ, нагретый до

температуры $(100...110)^{\circ}\text{C}$, в эластичный мешок, выдерживают паузу, прекращают откачку стенда вакуумной системой, открывают вакуумную камеру, отстыковывают разъемное соединение емкости для утилизации йода, с помощью ее подогрева повторно используют собранный йод. Изобретение позволяет снизить стоимость отработки электроракетных двигателей. 2 н.п.ф-лы, 1 ил.

RU 2 4 1 2 3 7 3 C 2

RU 2 4 1 2 3 7 3 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2008137447/06, 18.09.2008**(24) Effective date for property rights:
18.09.2008

Priority:

(22) Date of filing: **18.09.2008**(43) Application published: **27.03.2010 Bull. 9**(45) Date of publication: **20.02.2011 Bull. 5**

Mail address:

**141070, Moskovskaja obl., g. Korolev, ul. Lenina,
4a, OAO "RKK "Ehnergija" im. S.P. Koroleva",
otdel intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

Ostrovskij Valerij Georgievich (RU)

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Raketno-
kosmicheskaja korporatsija "Ehnergija" imeni
S.P. Koroleva" (RU)**

(54) BENCH TO TEST ELECTROJET ENGINE ON IODINE AND METHOD TO TEST ELECTROJET ENGINE, OPERATING ON IODINE AS WORKING SUBSTANCE, ON BENCH

(57) Abstract:

FIELD: engines and pumps.

SUBSTANCE: bench to test electrojet engine on iodine, comprising vacuum chamber, movable bracket with electrojet engine installed on it and system of braking and condensation of plasma jet outflowing from engine, including target and cryopanel, which are additionally equipped with heaters and are tightly connected to each other, besides, cryopanel is equipped with hatch, having remote drive, hatch has elastic bag tightly fixed to its inner surface and joined to balloon, containing inertial gas, for instance, argon, besides, tight compartment formed by cryopanel, target and hatch, via detachable joint, is tightly connected to reservoir for recycling of iodine, equipped with cooling system and heater. Method to test electrojet engine operating on iodine as working substance on bench, consisting in the fact that outflowing working substance is braked on target and deposited on

cryopanel, at the same time cryopanel and target are cooled down to temperature (minus 60...minus 70)°C, besides, after engine disconnection, hatch is closed, pressure in vacuum chamber is increased by termination of cryoagent supply into cryopanel and target up to $(10^{-3}...10^{-2})$ mm of mercury column, target and cryopanel are heated up to temperature of $(100...110)^{\circ}\text{C}$, besides, reservoir for iodine recycling is cooled down to temperature that does not exceed minus 50°C, inertial gas is supplied, heated up to temperature of $(100...110)^{\circ}\text{C}$, into elastic bag, pause is maintained, bench pumping with vacuum system is stopped, vacuum chamber is opened, detachable joint of iodine recycling reservoir is disconnected, collected iodine is used repeatedly with the help of its heating.

EFFECT: invention makes it possible to reduce cost of electrojet engine run-in.

2 cl, 1 dwg

Предлагаемое изобретение относится к области электроракетных двигателей (ЭРД).

Электроракетные двигатели такие, как стационарные плазменные двигатели (СПД), двигатели с анодным слоем (ДАС), ионные двигатели (ИД) традиционно используют плазмообразующие вещества с большим атомным весом и низким потенциалом ионизации.

В настоящее время во всем мире предпочтение отдают инертным газам в качестве рабочего тела указанных выше ЭРД, в частности ксенону, имеющему наибольший атомный вес (131,3) и сравнительно низкий потенциал ионизации (12,1 эВ). По своим физическим свойствам и складированию он превосходит все остальные газы (при давлении 760 мм рт.ст. и температуре 20°C плотность составляет 0,00589 г/см³), при этом значительно уступая металлам. Он химически инертен и не конденсируется на элементах конструкции КА. Однако ксенон высокой чистоты является одним из самых дорогих рабочих тел. Кроме того, мировое производство ксенона составляет около 20 т в год. При разворачивании широкомасштабных космических программ, таких как полет к Марсу, может возникнуть острый дефицит ксенона.

Особенностью функционирования рассматриваемых ЭРД является эксплуатация их в условиях глубокого вакуума не выше 10⁻⁴ мм рт.ст., при этом откачка вакуумной камеры, в которой работает ЭРД при наземной отработке, должна быть безмасляной, поскольку наличие паров масла снижает тяговые характеристики ЭРД и может привести к отказу двигателя. В связи с этим система откачки ксенона должна быть криогенной. Причем, учитывая физические свойства ксенона, (давление насыщенного пара ксенона 10⁻⁵ мм рт.ст. при температуре 63К) требуется установка гелиевых криопанелей, что значительно удорожает и усложняет особенно ресурсные испытания рассматриваемых ЭРД.

За прототип предлагаемого изобретения принят стенд для ресурсных испытаний ионных двигателей, работающих на ксеноне (Y.Nayakawa, K.Miyazaki, S.Kitamura and H.Yoshida, Y.Yamamoto, K.Akai. Endurance test of 35-cm Xenon ion thruster. AIAA 2000-3530. 36 th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit. 16-19 July 2000/ Huntsville, Alabama). Стенд состоит из основной и вспомогательной камер, разделенных клапаном. Двигатель устанавливается на подвижном кронштейне. Большая часть истекающей из двигателя плазменной струи тормозится и частично адсорбируется на ионной мишени, выполненной в виде алюминиевого диска, на котором смонтированы титановые пластины, образующие ячейки, подобно коробке для яиц. Ионная мишень охлаждается основным холодильником. Отраженная от ионной мишени часть истекающей из двигателя струи плазмы адсорбируется цилиндрическими криопанелями, охлаждаемыми криогенераторами до температур (50-100) К.

За прототип способа обеспечения работы электроракетного двигателя (Y.Nayakawa, K.Miyazaki, S.Kitamura and H.Yoshida, Y.Yamamoto, K.Akai. Endurance test of 35-cm Xenon ion thruster. AIAA 2000-3530. 36 th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit. 16-19 July 2000 / Huntsville, Alabama), принят способ, реализованный на данном стенде и заключающийся в том, что истекающее рабочее тело затормаживают на мишени и осаждают на криопанели. После работы двигателя стенд развакуумируют, выпуская ксенон в атмосферу.

К недостаткам стенда для испытаний двигателей, работающих на ксеноне, является необходимость охлаждения ионной мишени и криопанелей до очень низких температур (50-100) К, что значительно удорожает особенно ресурсные испытания двигателей. Причем затраты резко возрастают с увеличением мощности

испытываемого двигателя.

Недостатком способа испытаний является выброс в атмосферу большого количества дорогостоящего ксенона.

Известна электроракетная двигательная установка (ЭРДУ) (Островский В.Г. Заявка на патент RU №2005102446, МПК F03H 1/00. Электроракетная двигательная установка и способ ее эксплуатации. Изобретения, 2006, №19), работающая на йоде. Йод значительно дешевле ксенона и имеет большую плотность, годовой объем добычи йода в ~500 раз превышает добычу ксенона.

Задачей предлагаемого изобретения является снижение стоимости преимущественно ресурсных испытаний и утилизация рабочего тела (йода).

Задача решается следующим образом.

В стенде для испытания электроракетного двигателя на йоде, состоящем из вакуумной камеры, системы вакуумирования, подвижного в продольном направлении кронштейна с установленным на нем электроракетным двигателем и системы торможения и конденсации истекающей из двигателя струи плазмы, включающей мишень и криопанель, снабженные системой подачи криоагента, мишень и криопанель дополнительно снабжены нагревателями и герметично связаны друг с другом, причем криопанель со стороны, обращенной к двигателю, снабжена люком, имеющим дистанционный привод и открытым при работе двигателя, а при закрытии - образующим герметичный отсек, при этом люк имеет герметично прикрепленный к его внутренней поверхности эластичный мешок, соединенный с баллоном, содержащим инертный газ, например аргон, причем герметичный отсек, образованный криопанелью, мишенью и люком, через разъемное соединение герметично связан с емкостью для утилизации йода, снабженной системой охлаждения и нагревателем.

В способе испытания на стенде электроракетного двигателя, работающего на рабочем теле - йоде, заключающемся в том, что истекающее рабочее тело затормаживают на мишени и осаждают на криопанели, при работе электроракетного двигателя криопанель и мишень охлаждают до температуры (минус 60... минус 70)°С, причем после выключения двигателя закрывают люк, увеличивают давление в вакуумной камере прекращением подачи криоагента в криопанель и мишень до $(10^{-3}...10^{-2})$ мм рт.ст., нагревают мишень и криопанель до температуры (100...110)°С, при этом емкость для утилизации йода охлаждают до температуры, не превышающей минус 50°С, подают инертный газ, нагретый до температуры (100...110)°С, в эластичный мешок, выдерживают паузу, прекращают откачку стенда вакуумной системой, открывают вакуумную камеру, отстыковывают разъемное соединение емкости для утилизации йода и с помощью ее подогрева повторно используют собранный йод.

На чертеже представлен стенд для испытания электроракетного двигателя на йоде.

В вакуумной камере 1 на подвижном в продольном направлении кронштейне 2 установлен электроракетный двигатель 3. Система торможения и конденсации истекающей из двигателя плазменной струи включает герметично связанные между собой мишень 4 и криопанель 5, охлаждаемые с помощью криогенератора жидкого азота (на чертеже не показан). Вход и выход жидкого азота в мишень и криопанель изображены стрелками 6. В качестве нагревателей криопанели 5 и мишени 4 могут быть использованы трубки 6, если по ним подавать нагретый теплоноситель (жидкий или газообразный). При этом криопанель 5 со стороны, обращенной к двигателю, снабжена люком 7, имеющим дистанционный привод 8 и открытым при работе

двигателя, а при закрытии - образующим герметичный отсек. Люк 7 с внутренней стороны снабжен герметично прикрепленным к нему эластичным мешком 9, соединенным с баллоном, содержащим инертный газ, например аргон, вход которого в мешок 9 показан стрелкой 10. Герметичный отсек, образованный криопанелью 5, мишенью 4 и люком 7, герметично связан с емкостью для утилизации йода 11, снабженной разъемным соединением 12, системой охлаждения жидким азотом 13 и нагревателем 14. Вакуумная камера 1 снабжена вакуумными насосами 15.

Работа стенда осуществляется следующим образом.

Электроракетный двигатель монтируют в вакуумной камере 1. С помощью вакуумных насосов 15, а также охлажденным азотом из криогенератора 6 мишени 4 и криопанели 5 создают давление в вакуумной камере 1 порядка 10^0 мм рт.ст. Устанавливают двигатель 3 на подвижном в продольном направлении кронштейне 2 и перемещают его так, что при поднятом (как показано на чертеже) люке 7 выходное сечение двигателя обращено к мишени 4. Включают двигатель 3 и затормаживают и конденсируют истекающую из двигателя струю йодной плазмы на мишени 4 и криопанели 5, температуру которых поддерживают в диапазоне (минус 60 - минус 70)°С. После выключения двигателя с помощью подвижного кронштейна 2 отводят двигатель 3 от криопанели 5 и с помощью привода 8 закрывают люк 7. Прекращают подачу жидкого азота на вход 6 криопанели 5 и мишени 4, увеличивая при этом давление в вакуумной камере до $(10^{-3} \dots 10^{-2})$ мм рт.ст. На вход 6 подают в трубопроводы криопанели и мишени жидкий или газообразный теплоноситель, нагретый до температуры (100-110)°С; при этом емкость для утилизации йода 11 охлаждают до температуры, не превышающей минус 50°С. Подают инертный газ, нагретый до температуры (100-110)°С, в эластичный мешок 9. Выдерживают паузу, достаточную для испарения йода в полости, образованной криопанелью 5, мишенью 4 и люком 7, и вытеснения его с помощью эластичного мешка 9 через разъемное соединение 12 в емкость для утилизации йода 11, в которой происходит конденсация йода при указанной температуре. Отстыковывают разъемное соединение 12 и демонтируют емкость для утилизации йода 11, содержащую йод. Остатки йода на элементах вакуумной камеры растворяют этанолом и удаляют из камеры. С помощью последующего подогрева емкости 11, содержащей йод, нагревателем 14 осуществляют его повторное использование.

К преимуществам предлагаемого изобретения можно отнести следующее:

отсутствует необходимость в гелиевых криогенераторах, способных охлаждать криопанели до температур до 50 К (криопанели охлаждаются жидким азотом до 213-203 К), что значительно удешевляет особенно ресурсные испытания электроракетных двигателей;

утилизация йода (с его дальнейшим использованием) также существенно снижает стоимость отработки электроракетных двигателей.

Формула изобретения

1. Стенд для испытания электроракетного двигателя на йоде, состоящий из вакуумной камеры, системы вакуумирования, подвижного в продольном направлении кронштейна с установленным на нем электроракетным двигателем и системы торможения и конденсации истекающей из двигателя струи плазмы, включающей мишень и криопанель, снабженные системой подачи криоагента, отличающийся тем, что мишень и криопанель дополнительно снабжены нагревателями и герметично связаны друг с другом, причем криопанель со стороны, обращенной к двигателю,

снабжена люком, имеющим дистанционный привод и открытым при работе двигателя, а при закрытии - образующий герметичный отсек, при этом люк имеет герметично прикрепленный к его внутренней поверхности эластичный мешок, соединенный с баллоном, содержащим инертный газ, например аргон, причем герметичный отсек, образованный криопанелью, мишенью и люком, через разъемное соединение герметично связан с емкостью для утилизации йода, снабженной системой охлаждения и нагревателем.

2. Способ испытания на стенде электроракетного двигателя, работающего на рабочем теле йоде, заключающийся в том, что истекающее рабочее тело затормаживают на мишени и осаждают на криопанели, отличающийся тем, что при работе электроракетного двигателя криопанель и мишень охлаждают до температуры (минус 60... минус 70)°С, причем после выключения двигателя закрывают люк, увеличивают давление в вакуумной камере прекращением подачи криоагента в криопанель и мишень до $(10^{-3} \dots 10^{-2})$ мм рт.ст., нагревают мишень и криопанель до температуры (100...110)°С, при этом емкость для утилизации йода охлаждают до температуры, не превышающей минус 50°С, подают инертный газ, нагретый до температуры (100...110)°С, в эластичный мешок, выдерживают паузу, прекращают откачку стенда вакуумной системой, открывают вакуумную камеру, отстыковывают разъемное соединение емкости для утилизации йода, с помощью ее подогрева повторно используют собранный йод.

