



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
F03H 1/0006 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2017130327, 28.01.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
28.01.2016

Дата регистрации:  
22.10.2019

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
30.01.2015 FR 1550745

(43) Дата публикации заявки: 28.02.2019 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 22.10.2019 Бюл. № 30

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
национальной фазе: 30.08.2017

(86) Заявка РСТ:  
FR 2016/050186 (28.01.2016)

(87) Публикация заявки РСТ:  
WO 2016/120570 (04.08.2016)

Адрес для переписки:  
129090, Москва, ул. Большая Спасская, д. 25,  
строение 3, ООО "Юридическая фирма  
Городисский и Партнеры"

(72) Автор(ы):

МАРШАНДИЗ Фредерик Рафаэль Жан  
(FR),  
ВИАЛЬ Ванесса (FR),  
ЗЮРБАШ Стефан (FR)

(73) Патентообладатель(и):

САФРАН ЭРКРАФТ ЭНДЖИНЗ (FR)

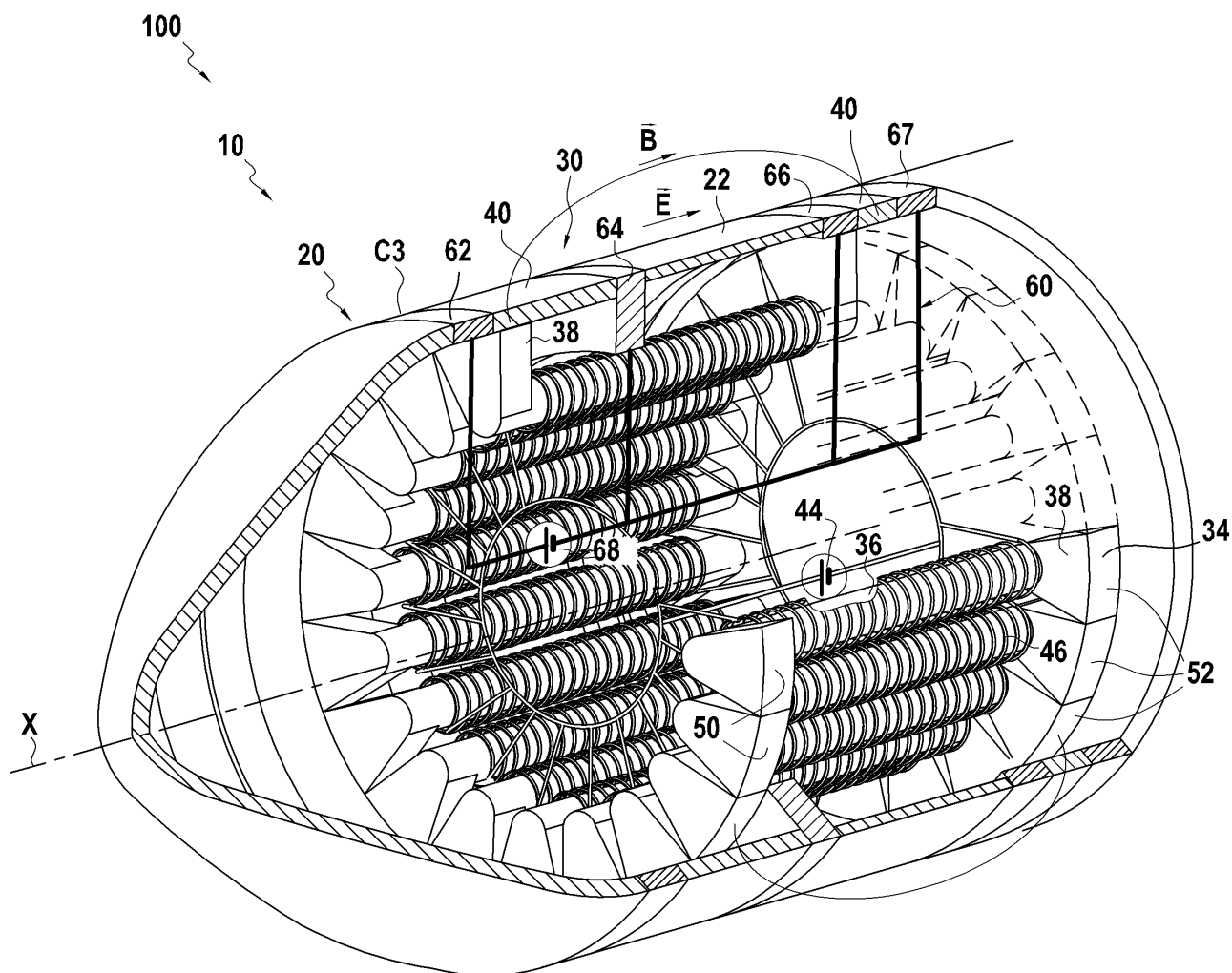
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: WO 2013076409, 30.05.2013 A1. RU  
2088802 C1, 27.08.1997. US 2003046921 A1,  
13.03.2003. US 2008223017 A1, 18.09.2008.

(54) ДВИГАТЕЛЬ НА ЭФФЕКТЕ ХОЛЛА И КОСМИЧЕСКОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО,  
ВКЛЮЧАЮЩЕЕ В СЕБЯ ТАКОЙ ДВИГАТЕЛЬ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области воздушно-реактивных двигателей на эффекте Холла. Двигатель на эффекте Холла (10) размещен в стенке (22) и включает в себя магнитный контур (30) и электрическую цепь (60). Содержит анод (62), первый катод (64) и источник (68) напряжения. Магнитный контур и электрическая цепь размещаются таким образом, чтобы вырабатывать магнитное поле (B) и электрическое поле (E) вокруг стенки (22). В

каждом меридиональном сечении магнитный контур (30) представляет собой магнитный полюс (50), расположенный выше по потоку, и магнитный полюс (52), расположенный ниже по потоку на поверхности стенки и на расстоянии друг от друга; и анод (62) и первый катод (64) расположены по обе стороны от магнитного полюса (50), расположенного выше по потоку. 2 н. и 5 з.п. ф-лы, 2 ил.



**ФИГ. 2**



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F03H 1/0006 (2019.05)*(21)(22) Application: **2017130327, 28.01.2016**(24) Effective date for property rights:  
**28.01.2016**Registration date:  
**22.10.2019**

Priority:

(30) Convention priority:  
**30.01.2015 FR 1550745**(43) Application published: **28.02.2019 Bull. № 7**(45) Date of publication: **22.10.2019 Bull. № 30**(85) Commencement of national phase: **30.08.2017**(86) PCT application:  
**FR 2016/050186 (28.01.2016)**(87) PCT publication:  
**WO 2016/120570 (04.08.2016)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. Bolshaya Spasskaya, d. 25,  
stroenie 3, OOO "Yuridicheskaya firma  
Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**MARCHANDISE, Frederic Raphael Jean (FR),  
VIAL, Vanessa (FR),  
ZURBACH, Stephan (FR)**

(73) Proprietor(s):

**SAFRAN AIRCRAFT ENGINES (FR)**(54) **ENGINE ON HALL EFFECT AND SPACE VEHICLE, INCLUDING SUCH ENGINE**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: engine (10) on Hall effect is arranged in wall (22) and includes magnetic circuit (30) and electric circuit (60). It comprises anode (62), first cathode (64) and voltage source (68). Magnetic circuit and electric circuit are arranged so that to generate magnetic field (B) and electric field (E) around wall (22). In each meridional section magnetic circuit (30)

is magnetic pole (50) located upstream, and magnetic pole (52) located downstream on wall surface and at distance from each other; and anode (62) and first cathode (64) are located on both sides of magnetic pole (50) located upstream.

EFFECT: invention relates to Hall-effect air jet engines.

7 cl, 2 dwg



**Область техники, к которой относится изобретение**

Настоящее изобретение относится к области воздушно-реактивных двигателей на эффекте Холла.

**Уровень техники**

5 Как правило, воздушно-реактивный двигатель на эффекте Холла содержит: сопло для сбора, ускорения и выбрасывания частиц двигателем, когда он находится в действии;

электрическую цепь, содержащую анод, катод, расположенный ниже по потоку относительно анода, и источник напряжения для испускания электронов через катод  
10 и притягивания электронов через анод; и

магнитный контур для выработки магнитного поля в сопле в осевом направлении ниже по потоку относительно анода, причем магнитное поле ориентируется в направлении, которое является по существу радиальным относительно оси тяги.

В качестве примера такой двигатель описан в документе US 2003/0046921.

15 На практике сопло имеет, как правило, кольцеобразную форму, которая позволяет магнитному контуру вырабатывать радиальное магнитное поле. Таким образом, сопло содержит внутреннюю стенку и внешнюю стенку, и частицы проходят между этими двумя стенками.

В частности, очень большая часть внутреннего пространства космического летательного аппарата, включая такой двигатель, становится занятой этим соплом.

**Сущность изобретения**

Следовательно, задача изобретения состоит в том, чтобы выполнить двигатель на эффекте Холла, занимающий меньше пространства в космическом летательном аппарате, в котором он установлен.

25 Эта задача решается посредством двигателя на эффекте Холла, который развивает тягу вдоль оси тяги и который содержит:

магнитный контур для выработки магнитного поля; и

электрическую цепь, содержащую анод, первый катод и источник напряжения для испускания электронов по меньшей мере через первый катод и притягивания электронов  
30 через анод;

причем двигатель характеризуется тем, что:

он размещается в цилиндрической стенке, образованной вокруг оси тяги;

магнитный контур и электрическая цепь, размещаются таким образом, чтобы вырабатывать магнитное и электрическое поле вокруг стенки; и

35 на всех участках, параллельных оси тяги и перпендикулярных стенке:

магнитный контур имеет магнитный полюс, расположенный выше по потоку, и магнитный полюс, расположенный ниже по потоку по существу на поверхности стенки и на расстоянии друг от друга; и

40 анод и первый катод расположены по обе стороны от магнитного полюса, расположенного выше по потоку.

Вышеупомянутая стенка представляет собой по существу внешнюю стенку космического летательного аппарата, на которой установлен двигатель.

Обычно эта стенка является осесимметричной стенкой.

В частности, стенка может быть цилиндрической стенкой. Термин "цилиндрическая стенка" используется в данном документе для обозначения стенки поверхности, которая вырабатывается путем разворачивания "образующей" линии постоянного направления  
45 вокруг замкнутого контура.

Тяга, развиваемая двигателем, как правило, ориентируется вдоль оси симметрии

стенки.

Тем не менее, в варианте осуществления магнитный контур и/или электрическая цепь размещаются таким образом, чтобы вырабатывать неосесимметричное магнитное (В) и/или электрическое поле (Е) вокруг стенки. Далее, тяга, вырабатываемая двигателем, представляет собой боковой компонент относительно оси двигателя (как определено цилиндрической стенкой), поэтому он сориентирован в направлении, которое имеет небольшой наклон относительно осевого направления цилиндрической стенки.

Замкнутый контур может быть круглой, эллиптической или овальной формы, например, может иметь форму рейстрека и т.д.

Таким образом, изобретение заключается в том, чтобы полностью изменить конструкцию двигателя на эффекте Холла путем формирования ускорения частиц больше не внутри сопла и, таким образом, не внутри космического летательного аппарата, а наоборот снаружи космического летательного аппарата.

В соответствии с изобретением магнитное поле, выработанное магнитным контуром, захватывает электроны по всей окружности космического летательного аппарата; тем не менее, поле может иметь интенсивность, которая изменяется в зависимости от положения по окружности.

Как правило, магнитный контур размещается таким образом, чтобы магнитное поле было сориентировано в направлении, которое, как правило, перпендикулярно к поверхности стенки, расположенной рядом с магнитным полюсом, расположенным выше по потоку.

Угол между стенкой и линиями магнитного поля может немного отличаться от  $90^\circ$ , в частности, достаточно, чтобы он находился в диапазоне  $75^\circ$ - $105^\circ$ .

Таким образом, в соответствии с изобретением электрическая цепь и магнитный контур полностью изменены по сравнению с конструкциями двигателей предшествующего уровня техники. Тем не менее, принцип работы двигателя на эффекте Холла остается по существу идентичным двигателям на эффекте Холла предшествующего уровня техники.

В варианте осуществления электрическая цепь также включает в себя по меньшей мере один другой катод, размещенный в осевом направлении ниже по потоку относительно магнитного полюса, расположенного ниже по потоку. Этот другой катод служит для подачи электронов в частицы, высвобожденные ниже по потоку относительно космического летательного аппарата, чтобы гарантировать, что они являются электрически нейтральными.

Изобретение также обеспечивает космический летательный аппарат, включающий в себя по меньшей мере один двигатель на эффекте Холла, как определено выше.

#### **Краткое описание чертежей**

Изобретение можно хорошо понять и выявить лучше его преимущества после прочтения следующего подробного описания вариантов осуществления, приведенных в качестве неограничивающих примеров. Описание приводится с ссылкой на сопроводительные чертежи, на которых:

фиг.1 - фрагментарный вид в разрезе космического летательного аппарата, включающего в себя двигатель в соответствии с изобретением; и

фиг.2 - фрагментарный перспективный вид космического летательного аппарата, показанного на фиг.1.

#### **Подробное описание изобретения**

На фиг.1 и 2 показан космический летательный аппарат 100, в частности, спутник, включающий в себя двигатель 10 на эффекте Холла согласно изобретению.

Спутник представляет собой спутник, который должен находиться на орбите в земной атмосфере и оставаться на высоте в диапазоне от 100 километров (км) до 300 км.

Преимущественно, эта высота является относительно низкой, что позволяет некоторым частям оборудования (оборудованию связи, камерам и т.д.) иметь  
 5 относительно маленький размер и, следовательно, массу. С другой стороны, на этой высоте земная атмосфера оказывает сопротивление движению спутника, которое является низким, но ненулевым. Поэтому необходимо компенсировать результирующую силу лобового сопротивления.

Функция двигателя 10 состоит в том, чтобы обеспечить спутнику тягу, которая  
 10 позволила бы поддерживать его эксплуатацию на требуемой высоте.

Она также служит для внесения изменений или корректировок орбиты.

Преимущественно, двигатель согласно изобретению, такой как двигатель 10, когда он подключен к средству питания электрической энергией, такому как солнечные панели, может обеспечивать тягу, необходимую для поддержания спутника на высоте  
 15 в течение длительных периодов времени.

Спутник 100 размещается во внешнем защитном кожухе 20, который, как правило, имеет форму тела вращения относительно оси X. Двигатель 10 размещается внутри внешней стенки 22 кожуха 20, при этом основной участок стенки 22 имеет цилиндрическую внешнюю форму.

В описанном варианте осуществления двигатель 10 имеет конструкцию, которая является осесимметричной относительно оси X. В данном контексте, термины "расположенный выше по потоку" и "расположенный ниже по потоку" определены относительно нормального направления движения спутника, и, следовательно, двигателя.

25 Двигатель 10 имеет магнитный контур 30 и электрическую цепь 60.

магнитный контур 30 выполнен с возможностью создания, как правило, радиального магнитного поля на расположенном в осевом направлении выше по потоку участке стенки 22 ("в осевом направлении" относительно оси X).

Для этой цели он имеет множество идентичных отдельных магнитных контуров 32,  
 30 которые размещаются осесимметричным способом относительно оси X.

Каждый контур 32 содержит сердечник 34 из мягкого железа, имеющий осевое сечение, которое является U-образным. Сердечник 34 имеет длинный стержень 36, который продолжается параллельно оси X вблизи стенки 22 (в непосредственной близости от нее). Он также имеет два изогнутых сегмента 38, которые изогнуты по  
 35 направлению к стенке 22 таким образом, чтобы концы сегментов размещались непосредственно под поверхностью стенки 22. Перед этими сегментами 38 кожух 20 имеет кольца 40 из немагнитного электроизоляционного материала для того, чтобы через него могло проходить магнитное поле. Например, кольца 40 можно выполнить из керамики, поликристаллического кубического углерода (более известного как алмаз)  
 40 или оксида алюминия.

Каждый контур 32 также имеет катушку 46, которая образует соленоид, размещенный вокруг стержня 36.

Выводы катушек 46 контуров 32 подсоединены к выводам источника 44 напряжения. Источник напряжения выбирается таким образом, чтобы вокруг стенки можно было  
 45 создать стабильное магнитное поле В под действием напряжения, приложенного к катушкам 46. Можно также использовать источник тока.

Когда на катушки 46 подается напряжение из источника 44 напряжения, каждый магнитный контур 32 генерирует магнитное поле В. Это поле излучается контуром 32

снаружи спутника 100 в пространстве рядом со спутником. Силовые линии, которые образуются в этом случае, показаны на фиг.1. Как показано на этой фигуре, концы изогнутых сегментов 38 образуют, таким образом, магнитные полюса для контуров 32, то есть магнитный полюс 50, расположенный выше по потоку, и магнитный полюс 52 расположенный ниже по потоку.

Рядом с магнитным полюсом 50, расположенным выше по потоку, магнитное поле В сориентировано в направлении, которое по существу перпендикулярно к поверхности стенки 22.

Как можно видеть на фигуре, расположенные выше по потоку магнитные полюса двух смежных отдельных магнитных контуров 32 сформированы таким образом, чтобы находиться близко друг к другу или даже по возможности в контакте друг с другом. То же самое относится и к расположенным ниже по потоку магнитным полюсам. Это позволяет магнитному контуру воспроизводить в любой осевой плоскости расположенный выше по потоку магнитный полюс и расположенный ниже по потоку магнитный полюс, которые генерируют магнитное поле. При этом магнитное поле В генерируется по существу равномерно по всей периферии стенки 22.

В другом варианте осуществления каждый контур 32 может быть по существу образован магнитом, имеющим по существу ту же самую форму, что и сердечник 34 из мягкого железа. В этом случае больше нет необходимости использовать катушки 46 и источник 44 напряжения, питающий их, чтобы генерировать магнитное поле В вокруг двигателя 10.

Двигатель 10 также имеет электрическую цепь 60. Эта цепь содержит анод 62, первый катод 64, второй катод 66, третий катод 67 (или дополнительный катод) и источник 68 напряжения, соединяющий анод 62 с первым, вторым и третьим катодами 64, 66 и 67.

Анод 62 выполнен из материала, который является электропроводным и предпочтительно немагнитным, такого, например, как графит, нержавеющая сталь или фактически какой-либо другой металл.

Катоды предназначены для испускания электронов и могут быть изготовлены из любого из следующих материалов: гексаборид лантана (LaB6), вольфрам, пропитанный барием (WBa) и т.д.

Отсутствует необходимость в том, чтобы катоды имели кольцеобразную форму, при этом они с таким же успехом могут быть точечными катодами (полыми катодами). В частности, магнитное топологическое расстояние зависит от силовых линий, а не от физических расстояний. Если катод представляет собой точечный катод (полый катод), кольцо 64 не имеет определенной функции в электрической цепи; при этом можно просто использовать электропроводный материал на поверхности во избежание накопления электростатических зарядов, как для стенки 22.

Анод 62 расположен в осевом направлении выше по потоку относительно магнитного полюса 50, расположенного выше по потоку. Первый катод 64 расположен ниже по потоку относительно магнитного полюса 50, но поблизости от него (и предпочтительно в непосредственной близости от него) и, таким образом, на некотором расстоянии выше по потоку от расположенного ниже по потоку магнитного полюса 52.

Второй катод 66 расположен между магнитным полюсом 50, расположенным выше по потоку, и магнитным полюсом 52, расположенным ниже по потоку.

Таким образом, он располагается ниже по потоку относительно магнитного полюса 50 и выше по потоку относительно магнитного полюса 52.

Третий катод 67 расположен ниже по потоку относительно магнитного полюса 52.

Каждый из катодов 66 и 67 также располагается вблизи от магнитного полюса 52,



и таким образом на некотором расстоянии ниже по потоку относительно первого катода 64.

Хотя цепь 60 имеет три катода 64, 66 и 67, в других вариантах осуществления можно предусмотреть только один катод или фактически предусмотреть только два катода.

5 Положение одного катода или положения двух катодов можно свободно выбрать среди положений катодов 64, 66 и 67.

Анод 62 и первый, второй и третий катоды 64, 66 и 67 имеют кольцеобразную форму. Каждое из этих колец продолжается по всей окружности стенки 22, как правило, в плоскости, перпендикулярной оси X (или более точно между двумя плоскостями, 10 расположенными перпендикулярно оси X). Каждое из этих колец расположено заподлицо с поверхностью стенки 22 и, таким образом, образует участок стенки.

Когда напряжение, подаваемое из источника 68 напряжения, прикладывается между анодом 62 и катодами 64, 66 и 67, в пространстве снаружи спутника вокруг стенки 22 между анодом 62 и первым катодом 64 образуется электрическое поле E. Это поле 15 ориентировано по существу в направлении, параллельном оси X.

С другой стороны, электрическое поле E вблизи расположенного ниже по потоку магнитного полюса 52 является чрезвычайно низким. Следовательно, сила, выработанная двигателем 10, создается вблизи расположенного выше по потоку магнитного полюса 50, в то время как при отсутствии электрического поля E, 20 практически нет никакой противодействующей силы, вырабатываемой вблизи расположенного ниже по потоку магнитного полюса 52.

Наконец, следует заметить, что источник 68 напряжения является управляемым (хотя, это не показано на фигурах): можно изменить полярность электрического напряжения для того, чтобы изменить на противоположную тягу, возникающую от 25 двигателя.

В частности, два его полюса могут по команде меняться местами, чтобы при необходимости изменить на противоположное напряжение, прикладываемое между анодом и первым и вторым катодами. Это изменение полярности служит для изменения направления на противоположное силы, прикладываемой двигателем 10, например, 30 для того, чтобы осуществить торможение спутника 100 во время возвращения в плотные слои атмосферы.

Назначения анода и катода являются взаимозаменяемыми, если они имеют особенность, которая делает это возможным.

В другом варианте осуществления катод, расположенный выше по потоку 35 относительно полюса 50, и анод, расположенный ниже по потоку относительно него, можно снабдить источником 68 напряжения, подключаемым к нему в режиме изменения направления тяги на противоположное.

Затем этот катод и этот анод используются в режиме изменения направления тяги на противоположное вместо и в замен анода 62 и катодов 64, 66 и 67.

40 Двигатель 10 действует надлежащим образом.

Как правило, между катодами 64, 66 и 67, расположенными ниже по потоку относительно анода 62, расположенного выше по потоку, устанавливается напряжение порядка 150-800 Вольт (В). Затем катоды 64, 66 и 67 начинают испускать электроны. Большая часть этих электронов захватывается магнитной оболочкой, образованной 45 магнитным полем, создаваемым магнитным контуром 30 и адаптированным к желаемым характеристикам, и которое обычно составляет порядка 100-300 Гаусс. Таким образом, электроны, захваченные этой магнитной оболочкой, образуют виртуальную катодную сетку 70. Тем не менее, некоторые электроны с высокой энергией (обычно от 10

электрон-вольт (эВ) до 40 эВ) вылетают из магнитной оболочки 70 и попадают на анод 62.

Поскольку спутник 100 движется относительно атмосферы, частицы всегда проникают в виртуальную катодную сетку 70. Соударение, возникающее между электронами, удерживаемыми в сетке, и атомами этих частиц приводят к ионизации атомов. Затем под действием электрического поля Е, выработанного электрической цепью 60, ионизированные частицы ускоряются по направлению к задней части спутника. Таким образом, двигатель 10 вырабатывает струю плазмы, которая выбрасывается с чрезвычайно высокой скоростью в направлении Х по направлению к задней части спутника, расположенного ниже по потоку относительно стенки 22. По причинам симметрии вырабатываемая тяга по существу совпадает с центральной осью Х.

В зависимости от полярности напряжения, подаваемого из источника 68 напряжения, сила, создаваемая двигателем 10, может быть направлена либо в одном направлении, либо в противоположном направлении вдоль оси Х.

Когда двигатель 10 находится в работе, второй и третий катоды 66 и 67 подают электроны в частицы, выпущенные ниже по потоку спутника 100, тем самым обеспечивая их электрическую нейтральность.

В частности, использование второго катода является необязательным. В основном третий катод 67 расположен ниже по потоку относительно магнитного полюса 52, расположенного ниже по потоку, который обеспечивает подачу электронов, необходимых для нейтрализации частиц, ускоренных двигателем 10.

Преимущественно, двигатель согласно изобретению не требует подачи выхлопного газа, в отличие от большинства двигателей на эффекте Холла.

Кроме того, его размещение на внешней стенке спутника освобождает большое количество пространства внутри спутника, тем самым делая возможным установку в нем большой полезной нагрузки.

Наконец, следует заметить, что двигатель может быть размещен неосесимметричным образом, но все еще оставаться в пределах объема изобретения. В частности, катушки 46 не обязательно должны быть идентичными. Например, они могут быть расположены таким образом, чтобы магнитное поле было более интенсивно с одной стороны стенки, чем с противоположной стенки. При таких обстоятельствах тяга, создаваемая двигателем, больше не направлена вдоль оси стенки, а ориентируется с небольшим смещением относительно ее.

#### (57) Формула изобретения

1. Двигатель на эффекте Холла для развития тяги вдоль оси тяги, содержащий:
  - магнитный контур для выработки магнитного поля; и
  - электрическую цепь, содержащую анод, первый катод и источник напряжения для испускания электронов через по меньшей мере первый катод и притягивания электронов через анод;
- отличающийся тем, что:
  - двигатель размещен в стенке, образованной вокруг оси тяги;
  - магнитный контур и электрическая цепь выполнены таким образом, чтобы вырабатывать магнитное поле и электрическое поле вокруг стенки; и
  - на всех участках, параллельных оси тяги и перпендикулярных стенке;
  - магнитный контур содержит магнитный полюс, расположенный выше по потоку, и магнитный полюс, расположенный ниже по потоку, расположенные по существу на поверхности стенки и на расстоянии друг от друга; и

- анод и первый катод расположены по обе стороны от магнитного полюса, расположенного выше по потоку.

2. Двигатель по п.1, в котором магнитный контур размещен таким образом, чтобы магнитное поле было сориентировано в направлении, которое, как правило, перпендикулярно к поверхности стенки, рядом с магнитным полюсом, расположенным выше по потоку.

3. Двигатель по п.1 или 2, в котором электрическая цепь включает в себя второй катод, размещенный в осевом направлении между магнитным полюсом, расположенным выше по потоку, и магнитным полюсом, расположенным ниже по потоку.

4. Двигатель по любому из пп.1-3, в котором электрическая цепь включает в себя дополнительный катод, расположенный в осевом направлении ниже по потоку относительно магнитного полюса, расположенного ниже по потоку.

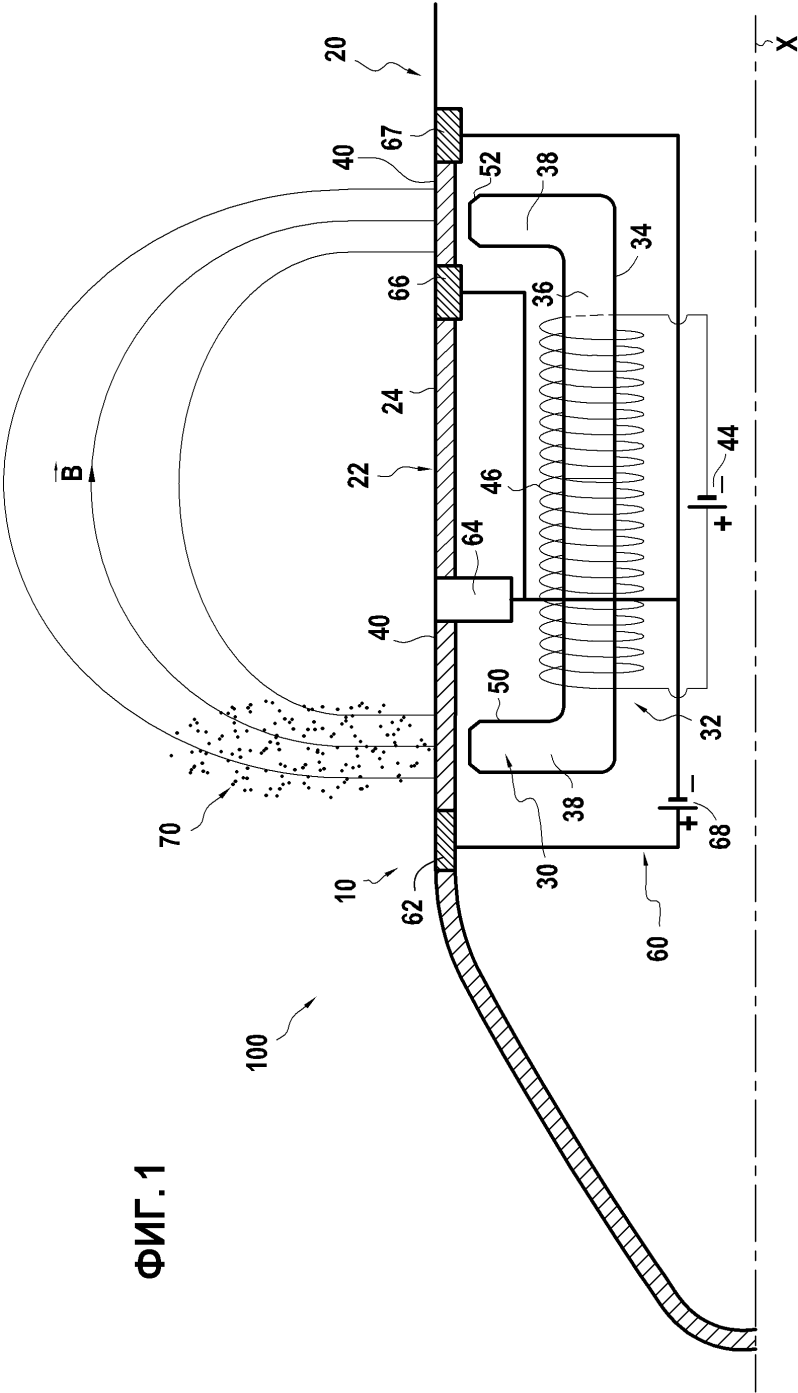
5. Двигатель по любому из пп.1-4, в котором управление источником напряжения осуществляется с возможностью изменения полярности напряжения источника для того, чтобы изменить направление тяги двигателя на противоположное.

6. Двигатель по любому из пп.1-5, в котором магнитный контур и/или электрическая цепь размещены таким образом, чтобы вырабатывать неосесимметричное магнитное поле и/или электрическое поле вокруг стенки.

7. Космическое транспортное средство, включающее в себя по меньшей мере один двигатель на эффекте Холла по любому из пп.1-6.

1

1/2



ФИГ. 1

2

