



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

B64G 1/646 (2021.08); B64G 2001/643 (2021.08)

(21)(22) Заявка: 2020107463, 20.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.07.2018

Дата регистрации:
24.01.2022

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
21.07.2017 US 62/535,747

(43) Дата публикации заявки: 23.08.2021 Бюл. № 24

(45) Опубликовано: 24.01.2022 Бюл. № 3

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на
национальной фазе: 21.02.2020

(86) Заявка РСТ:
US 2018/043180 (20.07.2018)

(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2019/018819 (24.01.2019)

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

(72) Автор(ы):

НИКОЛСОН, Джеймс Гаррет (US),
ТРИЧЛЕР, Дэниел Карл (US),
ОРТИЗ, Оливер Бенджамин (US),
САЛЛИВАН, Роберт Брайан (US),
НИДЕРШТРАССЕР, Карлос Гильермо
(US),
ГЛОГОВСКИ, Майкл Джозеф (US),
ЛЛОРЕНС, Уильям А. (US),
ЧОУ, Кеннет Сиу-Кин (US),
ЧИПОЛЛО, Питер Майкл (US)

(73) Патентообладатель(и):

НОРТРОП ГРАММАН СИСТЕМЗ
КОРПОРЕЙШН (US)

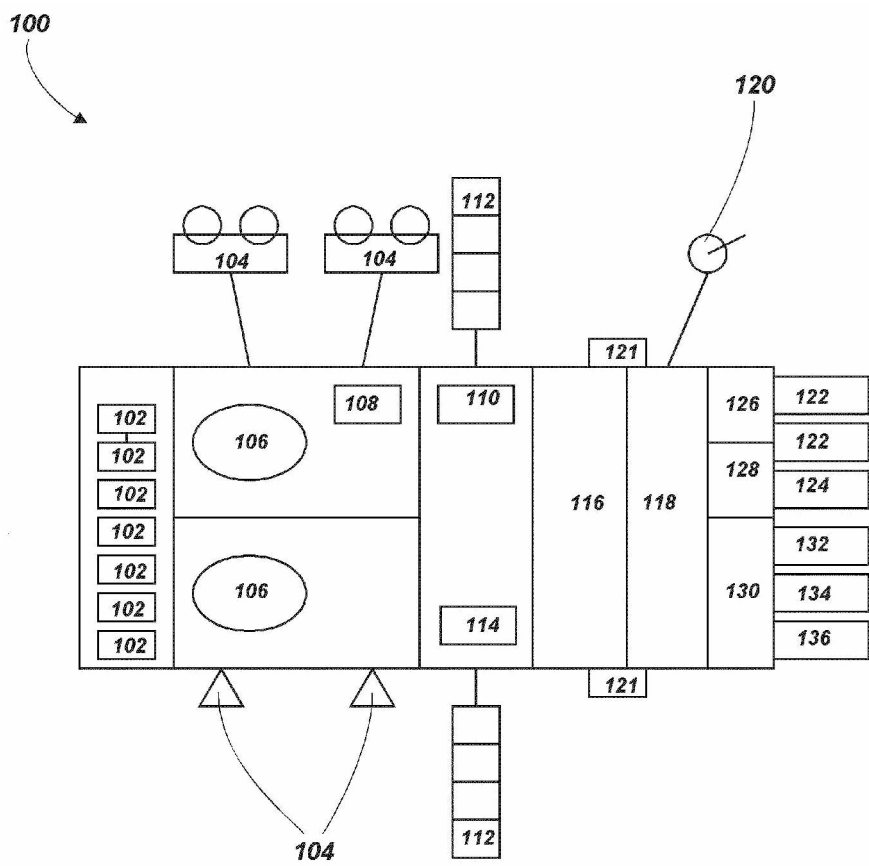
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 9434485 B1, 06.09.2016. US
6845303 B1, 18.01.2005. US 2007228219 A1,
04.10.2007. US 2007125910 A1, 07.06.2007. RU
2601522 C1, 10.11.2016.

(54) ОБСЛУЖИВАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА И СООТВЕТСТВУЮЩИЕ
УЗЛЫ, СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ

(57) Реферат:

Группа изобретений относится к средствам орбитального обслуживания космического аппарата (КА). Обслуживающая система включает в себя одно или более отсоединяемых обслуживающих устройств (ОБУ) и сервисных модулей (СМ). СМ (гондола) имеет на борту по меньшей мере один обслуживающий компонент для КА. ОБУ (100) с множеством СМ (102) снабжено маршевыми двигателями (104),

топливными баками (106) и энергосистемой (108). ОБУ с помощью манипулятора (122) может передавать СМ (102) на обслуживаемый КА, оставаясь в физическом контакте с СМ до момента закрепления СМ на КА. Технический результат направлен на предоставление множества вариантов обслуживания с помощью СМ простой и надежной конструкции. 5 н. и 17 з.п. ф-лы, 10 ил.



ФИГ. 2А



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B64G 1/646 (2021.08); **B64G 2001/643** (2021.08)(21)(22) Application: **2020107463**, **20.07.2018**(24) Effective date for property rights:
20.07.2018Registration date:
24.01.2022

Priority:

(30) Convention priority:
21.07.2017 US 62/535,747(43) Application published: **23.08.2021 Bull. № 24**(45) Date of publication: **24.01.2022 Bull. № 3**(85) Commencement of national phase: **21.02.2020**(86) PCT application:
US 2018/043180 (20.07.2018)(87) PCT publication:
WO 2019/018819 (24.01.2019)

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**NIKOLSON, Dzhejms Garret (US),
TRICHLER, Deniel Karl (US),
ORTIZ, Oliver Bendzhamin (US),
SALLIVAN, Robert Brajan (US),
NIDERSHTRASSER, Karlos Gilermo (US),
GLOGOVSKI, Majkl Dzhozef (US),
LLORENS, Uillyam A. (US),
CHOU, Kennet Siu-Kin (US),
CHIPOLLO, Piter Majkl (US)**

(73) Proprietor(s):

**NORTROP GRAMMAN SISTEMZ
KORPOREJSHN (US)**(54) **SPACECRAFT SERVICING DEVICES AND CORRESPONDING NODES, SYSTEMS AND METHODS**

(57) Abstract:

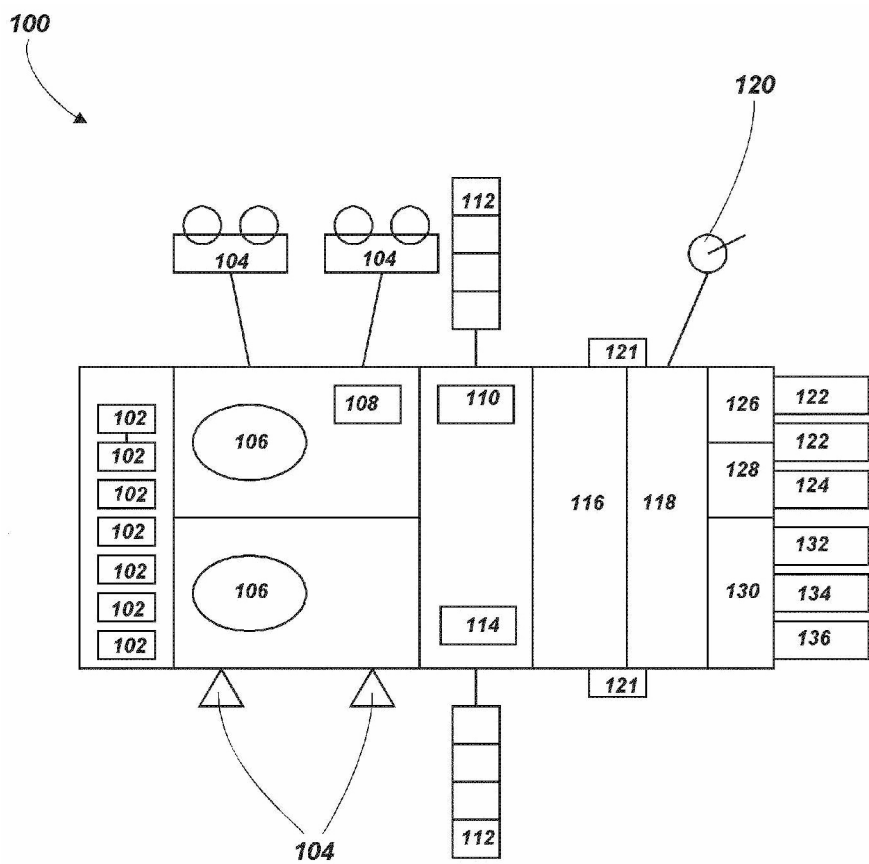
FIELD: space technologies.

SUBSTANCE: group of inventions relates to means of orbital maintenance of a spacecraft (hereinafter – SC). A service system includes one or more disconnected service devices (hereinafter – SD) and service modules (hereinafter – SM). SM (gondola) has on board at least one service component for SC. SD (100) with a set of SM (102) is equipped with main

engines (104), fuel tanks (106) and power system (108). SD, using manipulator (122), can transmit SM (102) to the serviced SC, remaining in physical contact with SM until SM is fixed to SC.

EFFECT: providing a set of service options using a simple and reliable SM design.

22 cl, 10 dwg



ФИГ. 2А

Область техники

Варианты осуществления настоящего изобретения, в общем, относятся к обслуживающим устройствам для космического аппарата (например, спутников). В частности, варианты осуществления настоящего изобретения относятся к

5 обслуживающей системе, которая включает в себя одно или более отсоединяемых обслуживающих устройств (например, гондол или модулей), и к соответствующим устройствам, узлам и способам.

Уровень техники

Тысячи космических судов движутся по орбите Земли для выполнения различных

10 функций, включающих в себя, например, связь, GPS-навигацию, прогнозирование погоды и картографию. Аналогично всем машинам, космические аппараты периодически требуют обслуживания, чтобы продлевать свой функциональный срок службы. Обслуживание может включать в себя, например, ремонт компонентов, дозаправку топливом, подъем орбиты, удержание станции на орбите, балансировку момента

15 движения или другое техобслуживание. Чтобы добиваться этого, обслуживающий космический аппарат может отправляться на орбиту, чтобы состыковываться с клиентским космическим аппаратом, требующим техобслуживания, и после состыковки, выполнять техобслуживание для продления срока эксплуатации для клиентского космического аппарата. Без техобслуживания для продления срока эксплуатации, эти

20 космические аппараты могут выводиться из обслуживания, и замена является, в общем, чрезвычайно дорогой и может иметь срок выполнения в годы.

Различные патенты и публикации рассматривают такое обслуживание космического аппарата и соответствующие признаки и проблемы, включающие в себя патенты США № 3508723, 4219171, 4391423, 4588150, 4664344, 4898348, 5005786, 5040749, 5094410,

25 5299764, 5364046, 5372340, 5490075, 5511748, 5735488, 5803407, 5806802, 6017000, 6299107, 6330987, 6484973, 6523784, 6742745, 6843446, 6945500, 6969030, 7070151, 7104505, 7207525, 7216833, 7216834, 7240879, 7293743, 7370834, 7438264, 7461818, 7484690, 7513459, 7513460, 7575199, 7588213, 7611096, 7611097, 7624950, 7815149, 7823837, 7828249, 7857261, 7861974, 7861975, 7992824, 8006937, 8006938, 8016242, 8056864, 8074935, 8181911, 8196870, 8205838,

30 8240613, 8245370, 8333347, 8412391, 8448904, 8899527, 9108747, 9302793, 9321175 и 9399295; заявки на патент США № 2004/0026571, 2006/0145024, 2006/0151671, 2007/0228220, 2009/0001221, 2012/0112009, 2012/0325972, 2013/0103193, 2015/0008290, 2015/0314893, 2016/0039543 и 2016/0039544; европейские патенты № 0541052, 0741655 А, 0741655 В и 1654159; публикации РСТ-заявок № 2005/110847, 2005/118394, 2014/024199 и 2016/030890; патент

35 Японии № JPH01282098; "Automated Rendezvous and Docking of Spacecraft", Fehse, Wigbert, Cambridge University Press (2003 год); "On-Orbit Servicing Missions: Challenges and Solutions for Spacecraft Operations", Sellmaier, F. и др., SpaceOps 2010 Conference, AIAA 2010-2159 (2010 год); и "Towards the Standardized Grasping and Refueling On-Orbit Servicing for Geo Spacecraft", Medina, Alberto и др.; Acta Astronautica 134 1-10 (2017); "DEOS - The In-Flight

40 Technology Demonstration of German's Robotics Approach to Dispose Malfunctioned Satellites", Reintsema, D. и др., раскрытие сущности каждого документа из которых настоящим полностью содержится в данном документе по этой ссылке.

Тем не менее, надежный и прочный обслуживающий космический аппарат, которое предоставляет множество вариантов обслуживания для космического аппарата, может

45 быть чрезмерно затратным. С другой стороны, менее дорогие варианты не позволяют предоставлять множество вариантов обслуживания и надежных и прочных признаков обслуживания, необходимых для множества вариантов применения.

Сущность изобретения

Варианты осуществления настоящего включают в себя обслуживающую систему космического аппарата, включающую в себя обслуживающее устройство космического аппарата и, по меньшей мере, одну гондолу, содержащую, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата. По меньшей мере, одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата. Обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический аппарат с использованием тяги обслуживающей системы космического аппарата, чтобы обслуживать целевой космический аппарат, по меньшей мере, с помощью одного обслуживающего компонента космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы. Обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью оставаться, по меньшей мере, в частичном физическом контакте, по меньшей мере, с одной гондолой до тех пор, пока, по меньшей мере, одна гондола не закрепляется на целевом космическом аппарате, и обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью прекращать физический контакт, по меньшей мере, с одной гондолой после того, как, по меньшей мере, одна гондола закрепляется на целевом космическом аппарате.

Варианты осуществления настоящего изобретения дополнительно включают в себя обслуживающую систему космического аппарата, включающую в себя обслуживающее устройство космического аппарата и, по меньшей мере, одну гондолу, содержащую, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата. По меньшей мере, одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата. Обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический аппарат, чтобы обслуживать целевой космический аппарат, по меньшей мере, с помощью одного обслуживающего компонента космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы.

Варианты осуществления настоящего изобретения дополнительно включают в себя обслуживающую систему космического аппарата, включающую в себя обслуживающее устройство космического аппарата, содержащее, по меньшей мере, один датчик и, по меньшей мере, одну гондолу, содержащую, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата. По меньшей мере, одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата. Обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический аппарат, чтобы обслуживать целевой космический аппарат, по меньшей мере, с помощью одного обслуживающего компонента космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы. По меньшей мере, один датчик выполнен с возможностью обнаруживать характеристику части целевого космического аппарата, связанную с переброской, по меньшей мере, одной гондолы в целевой космический аппарат.

Варианты осуществления настоящего изобретения дополнительно включают в себя способ обслуживания космического аппарата, включающий в себя позиционирование обслуживающего устройства космического аппарата около космического аппарата, переброску, по меньшей мере, одной гондолы из множества гондол, содержащих, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата, в космический аппарат и прекращение физического контакта, по меньшей мере, с одной гондолой после того, как, по меньшей мере, одна гондола закрепляется на космическом аппарате.

Варианты осуществления настоящего изобретения дополнительно включают в себя

обслуживающую систему космического аппарата, содержащую обслуживающее устройство космического аппарата и множество гондол, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью выполнять, по меньшей мере, две операции из установки, повторного наполнения, дозаправки топливом, отсоединения, переустановки или многократного использования множества гондол.

Вышеуказанная сущность изобретения не имеет намерение описывать проиллюстрированный вариант осуществления или каждую реализацию настоящего изобретения.

Краткое описание чертежей

Чертежи, включенные в настоящую заявку, включаются и составляют часть описания изобретения. Они иллюстрируют варианты осуществления настоящего изобретения и, наряду с описанием, служат для того, чтобы пояснять принципы изобретения. Чертежи являются только иллюстративными касательно конкретных вариантов осуществления и не ограничивают раскрытие сущности. На чертежах:

Фиг. 1А является упрощенным схематичным видом обслуживающей системы космического аппарата и целевого космического аппарата, который должен обслуживаться согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 1В иллюстрирует вариант осуществления устройства подачи в топливный бак, которое может реализовываться на одном или более устройств обслуживающей системы космического аппарата по фиг. 1А.

Фиг. 2А является упрощенным схематичным видом обслуживающего устройства космического аппарата согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2В является упрощенным схематичным видом обслуживающего устройства космического аппарата согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2С-2К иллюстрируют различные варианты осуществления соединительных механизмов согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 2L является видом в перспективе обслуживающего устройства космического аппарата согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 3 является упрощенным схематичным видом гондолы для продления миссии согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 4 является упрощенным схематичным видом гондолы для продления миссии, прикрепленной к космическому аппарату в двух ориентациях вектора осевой силы согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 5 является другим упрощенным схематичным видом гондолы для продления миссии, прикрепленной к космическому аппарату в двух ориентациях вектора осевой силы согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 6 является упрощенным схематичным видом устройства для дополнительной подачи обслуживающей системы космического аппарата согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Фиг. 7-10 иллюстрируют различные варианты осуществления обслуживающих устройств космического аппарата, включающих в себя определенное число гондол, соединенных с обслуживающими устройствами космического аппарата согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения.

Наилучший способ осуществления изобретения

Иллюстрации, представленные в данном документе, не имеют намерение представлять собой фактические виды какого-либо конкретного устройства, узла, системы или компонента означенного, а просто представляют собой идеализированные представления, используемые для того, чтобы описывать иллюстративные варианты осуществления. Чертежи не обязательно нарисованы в масштабе.

При использовании в данном документе, термин "практически" в отношении данного параметра означает и включает в себя в степень, в которой специалисты в данной области техники должны понимать, что данный параметр, свойство или условие удовлетворяется с небольшой степенью дисперсии, к примеру, в пределах приемлемых технологических допусков. Например, параметр, который практически удовлетворяется, может удовлетворяться, по меньшей мере, приблизительно на 90%, удовлетворяться, по меньшей мере, приблизительно на 95%, или даже удовлетворяться, по меньшей мере, приблизительно на 99%.

Варианты осуществления изобретения, в общем, относятся к обслуживающим устройствам космического аппарата (например, к искусственному спутнику или другому летательному аппарату) для предоставления услуги для продления срока эксплуатации для космического аппарата (иначе называемого "клиентом"). Обслуживающие системы, узлы или устройства космического аппарата (например, космический аппарат, летательные аппараты) могут включать в себя одно или более разворачиваемых обслуживающих устройств, гондол или модулей космического аппарата (например, гондолу для продления миссии (MEP)), которые первоначально прикрепляются к обслуживаемому устройству космического аппарата (например, к космическому кораблю-носителю MEP (MEPM) или к роботизированному летательному аппарату для продления миссии (MRV)). Обслуживающее устройство космического аппарата в таком случае может переносить гондолы в/из клиентского космического аппарата. Устройство для дополнительной подачи обслуживания космического аппарата может предоставлять дополнительные гондолы для обслуживающего устройства космического аппарата.

Гондолы (например, пять гондол, шесть гондол, десять гондол, пятнадцать гондол или более, предоставленных посредством космического корабля-носителя) могут предоставляться для целевого космического аппарата (например, могут отдельно разворачиваться и/или прикрепляться к космическому аппарату), чтобы предоставлять услугу для продления срока эксплуатации для космического аппарата, включающую в себя, например, ремонт компонентов, дозаправку топливом, подъем орбиты или другие модификации (например, уход с орбиты), перебазирование, ввод в наклонное пикирование, удержание станции на орбите, балансировку момента движения, регулирование момента движения, повторное наполнение запасов и материалов, предоставление новых запасов и материалов или компонентов и/или другое техобслуживание. В некоторых вариантах осуществления, гондолы могут использоваться для того, чтобы регулировать скорость, позиционирование и/или орбиту космического аппарата, что включает в себя удержание станции на орбите, ввод в наклонное пикирование, перебазирование орбиты и утилизацию. В некоторых вариантах осуществления гондолы могут использоваться для того, чтобы управлять моментом движения и предоставлять управление ориентацией космического аппарата. В некоторых вариантах осуществления, гондолы могут подавать сменные или дополнительные компоненты. Например, гондолы могут оснащаться компонентами (например, компонентами управления полетом, авиационными компонентами, такими как реактивное колесо, компонентами электромотора, компонентами связи, компонентами

силовой системы, сенсорными компонентами, оптическими компонентами, компонентами терморегуляции, телеметрическими компонентами, комбинациями вышеозначенного и т.д.), которые могут использоваться для того, чтобы заменять неисправные компоненты, восполнять существующие компоненты и/или добавлять компоненты и выбранное функционирование и признаки в космический аппарат. В качестве дополнительного примера, гондолы могут включать в себя телеметрические признаки, такие как, например, оптическое устройство, которое измеряет позицию звезд с использованием фотоэлементов или камеры (например, астроориентатор). Такое устройство или устройства могут предоставляться в гондоле, чтобы отслеживать и/или модифицировать характеристики движения космического аппарата (например, ориентацию).

В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство космического аппарата может разворачивать и прикреплять одну или более гондол к космическому аппарату, требующему обслуживания с использованием роботизированных обслуживающих устройств космического аппарата (например, одной или более роботизированных рук, допускающих одну или более степеней свободы с одним или более концевых рабочих инструментов для различных задач) для обслуживания орбитальных спутников. Например, обслуживающее устройство космического аппарата может разворачивать и прикреплять одну или более гондол к части космического аппарата (например, к разъемному кольцу, двигателю, внешнему выступающему блоку либо к любому другому подходящему механическому креплению или соединительной конструкции или к любому другому подходящему механическому креплению или соединительной конструкции). В некоторых вариантах осуществления, само обслуживающее устройство космического аппарата может выполнять некоторые задачи обслуживания до, во время и/или после разворачивания гондолы в космическом аппарате.

Обслуживающее устройство космического аппарата движется в космосе в/между космическим аппаратом и может устанавливать гондолу для продления миссии на космический аппарат, требующий обслуживания. В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство космического аппарата может прикреплять гондолу к космическому аппарату и оставлять гондолу прикрепленной для обслуживания. Например, гондола может постоянно прикрепляться к космическому аппарату и по существу становиться другим компонентом космического аппарата, который может поддерживать или может не поддерживать связь с существующей системой космического аппарата. В таких вариантах осуществления, гондола может быть выполнена с возможностью предоставлять услуги за выбранное количество времени (например, для краткосрочного обслуживания и/или долгосрочного обслуживания, к примеру, за минуты, недели, месяцы, годы или комбинации вышеозначенного). В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство космического аппарата или другое аналогичное устройство может вынимать, повторно наполнять (например, дозаправлять топливом) и/или заменять гондолу после выбранного объема обслуживания. Например, часть обслуживающих систем (например, обслуживающее устройство космического аппарата или другая часть, к примеру, устройство для дополнительной подачи, поясненное ниже) может повторно подходить к гондоле, чтобы пополнять (например, дозаправлять, повторно наполнять, восполнять и т.д.) гондолу одним или более расходных материалов (например, топливом, газом, компонентами и т.д.). В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство космического аппарата может прикреплять дополнительное устройство (например, бак) с такими расходными материалами к гондоле. В некоторых вариантах

осуществления, обслуживающее устройство космического аппарата может откреплять гондолу от космического аппарата, повторно наполнять и/или восстанавливать гондолу, переустанавливать ее (например, многократно использовать ее) на идентичном или другом космическом аппарате.

- 5 После прикрепления к космическому аппарату, гондола может активироваться и предоставлять, например, поддержание орбиты посредством изменения скорости (например, посредством предоставления ΔV), в том числе, например, изменения направления космического аппарата (например, посредством изменения орбиты, позиции или другой ориентации космического аппарата). Посредством предоставления
- 10 изменения скорости для комбинированной массы космического аппарата и гондолы для продления миссии, в корректное время и в корректном направлении, гондола для продления миссии может продлевать срок эксплуатации на орбите космического аппарата, например, посредством замены (например, полной замены движительных функций космического аппарата или посредством уменьшения темпа расхода топлива
- 15 космического аппарата, требуемого для того, чтобы поддерживать требуемую скорость, позицию и орбиту). Гондола для продления миссии может предоставлять такое изменение скорости для космического аппарата согласно расписанию, которое предоставляется из данных, связанных с космическим аппаратом. В некоторых вариантах осуществления, данные, необходимые для расписания маневров, могут предварительно
- 20 программироваться в гондоле для продления миссии. В некоторых вариантах осуществления, такое расписание и другие данные могут передаваться в гондолу для продления миссии после того, как гондола запускается и/или соединяется с космическим аппаратом. В некоторых вариантах осуществления, гондола может быть выполнена с возможностью предоставлять только осевую силу (например, осевую силу с
- 25 относительно низкой абсолютной величиной) в космический аппарат без другого взаимодействия с другими системами или атрибутами космического аппарата. В некоторых вариантах осуществления, гондола может быть выполнена с возможностью предоставлять крутящий момент относительно космического аппарата таким образом, что космический аппарат имеет возможность регулировать свой момент движения. В
- 30 других вариантах осуществления, гондола может предоставлять другие услуги (например, как пояснено в данном документе) и/или может поддерживать, по меньшей мере, частичную связь с одной или более систем либо подсистем космического аппарата.

- В некоторых вариантах осуществления, обслуживающая система спутника может быть выполнена с возможностью подавать или дополнительно подавать
- 35 обслуживающему устройству космического аппарата гондолы, например, после того как число гондол в обслуживающем устройстве космического аппарата снижается или заканчивается, с помощью устройства для подачи или дополнительной подачи гондол для продления миссии (MEPR). Например, после того как запас гондол для продления миссии снижается или заканчивается, обслуживающее устройство космического аппарата
- 40 может получать новый запас гондол (например, пять гондол, шесть гондол, десять гондол, пятнадцать гондол или больше), чтобы продолжать предложение услуг для продления срока эксплуатации для потенциального космического аппарата.

- Устройство для дополнительной подачи гондол для продления миссии (например, космический аппарат) может переносить определенное число (например, 2, 3, 4, 5 или
- 45 более гондол), чтобы сближаться с обслуживающим устройством космического аппарата и подавать гондолы в устройство. Например, устройство для дополнительной подачи гондол с гондолами для продления миссии может быть размещено на геосинхронной орбите (GEO) или других орбитах в то время, когда обслуживающее устройство

космического аппарата сближается с его местоположением. После того как обслуживающее устройство космического аппарата приближается к устройству для дополнительной подачи гондол для продления миссии, одно или более устройств в обслуживающем устройстве космического аппарата и/или устройство для

5 дополнительной подачи гондол (например, роботизированные руки обслуживающего устройства космического аппарата) могут перебазировать гондолы для продления миссии из устройства для дополнительной подачи гондол для продления миссии в обслуживающее устройство космического аппарата. В других вариантах осуществления, устройство для дополнительной подачи гондол может быть выполнено с возможностью

10 двигаться в обслуживающее устройство космического аппарата. В других вариантах осуществления, одно или более устройств на устройстве для дополнительной подачи гондол могут быть выполнены с возможностью подавать гондолы в обслуживающее устройство космического аппарата или устройство для дополнительной подачи гондол и обслуживающее устройство космического аппарата может быть выполнено с

15 возможностью соединяться с ним или иным образом размещаться с физической связью, чтобы переносить одну или более гондол.

В некоторых вариантах осуществления, устройство для дополнительной подачи гондол для продления миссии может предоставлять дополнительные запасы и материалы в или обслуживание обслуживающего устройства космического аппарата. Например,

20 устройство для дополнительной подачи гондол может предоставлять дополнительное ракетное топливо для маневрирования обслуживающего устройства космического аппарата по мере необходимости. В некоторых вариантах осуществления, устройство для дополнительной подачи гондол может переносить ракетное топливо в обслуживающее устройство космического аппарата посредством операции дозаправки

25 топливом и/или посредством переноса баков, загруженных ракетным топливом, из устройства для дополнительной подачи в обслуживающее устройство (например, с одной или более роботизированных рук в одном или более из обслуживающего устройства космического аппарата и устройства для дополнительной подачи).

В некоторых вариантах осуществления, одно или более из обслуживающего устройства космического аппарата и космического аппарата для доставок гондол для продления миссии может осуществляться с и/или содержать космический аппарат с отсеком для размещения вторичной полезной нагрузки, выводимой

30 усовершенствованной одноразовой ракетой-носителем (EELV) (ESPA или ESPA-кольцо), например, такой как аппарат, разработанный компанией Northrup Grumman, Falls Church, VA, известное как ESPAStar, либо любое другое устройство, космический аппарат или ракету-носитель подходящего типа, которое может быть возможным на

35 соответствующей геосинхронной орбите или других орбитах.

В некоторых вариантах осуществления, одно или более устройств или компонентов обслуживающей системы спутника могут утилизироваться, например, посредством их

40 транспортировки с выбранной геосинхронной орбиты на геосинхронную орбиту захоронения (например, для обслуживающего устройства космического аппарата и/или устройства для дополнительной подачи гондол для продления миссии) либо посредством оставления на месте на космическом аппарате (например, для гондол для продления миссии).

Фиг. 1А иллюстрирует упрощенный схематичный вид обслуживающей системы 10 космического аппарата, на котором, по меньшей мере, часть обслуживающей системы 10 космического аппарата может работать с возможностью приближаться, захватывать, состыковываться и/или обслуживать устройство (например, другой летательный аппарат

или космический аппарат 20). Тем не менее, в некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может быть выполнено с возможностью приближаться к космическому аппарату 20 и переносить один или более модулей или гондол 102 (например, гондол 102 для продления миссии) в космический аппарат 20, как подробнее поясняется ниже.

Такой космический аппарат 20 может находиться на низкой околоземной орбите, средней околоземной орбите, геосинхронной орбите, орбите за пределами геосинхронной орбиты или на другой орбите вокруг такого тела, как Земля. Космический аппарат 20 может включать в себя компоненты, такие как, например, двигатель, разъемное кольцо и любой другой тип признака, известного и/или реализованного в областях техники космических судов (например, движительное устройство или система 22, топливный бак 24 и т.д.), который может использоваться для того, чтобы предоставлять механическое соединение гондолы 102 с космическим аппаратом 20. Например, двигатель может быть жидкостным двигателем, включаемым в апогее орбиты, твердотопливным электромотором, маневровым реактивным двигателем или другим типом двигателя или электромотора. Двигатель может позиционироваться на зенитной палубе космического аппарата 20, которая, в случае космического аппарата, движущегося по орбите Земли, представляет собой палубу космического аппарата, позиционированного практически напротив Земли.

Как показано на фиг. 1А, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может представлять собой отдельный космический аппарат, сконструированный с возможностью приближаться и обслуживать космический аппарат 20. Обслуживающее устройство 100 космического аппарата может упрощать предоставление услуг для космического аппарата 20, включающих в себя удержание станции на орбите, подъем орбиты, регулирование момента движения (например, выгрузку момента движения относительно одной или более осей), управление ориентацией, перебазирование, уход с орбиты, дозаправку топливом, ремонт, ввод в наклонное пикирование или другие услуги, которые могут предоставляться на орбите. Обслуживающее устройство 100 космического аппарата включает в себя одну или более разворачиваемых гондол или модулей 102, которые первоначально прикрепляются к обслуживающему устройству 100 космического аппарата. Гондолы 102 могут предоставляться в космический аппарат 20 (например, могут разворачиваться и/или прикрепляться к космическому аппарату) и могут включать в себя обслуживающие компоненты 103 (например, показанные только в одном экземпляре гондол 102 для прозрачности), которые следует обслуживать (например, предоставлять услугу для продления срока эксплуатации для космического аппарата 20), что включает в себя, например, ремонт, замену и/или добавление компонентов, дозаправку топливом, подъем орбиты, удержание станции на орбите, балансировку момента движения, повторное наполнение запасов и материалов, предоставление новых запасов и материалов и/или другое техобслуживание.

Как проиллюстрировано на фиг. 1А, по меньшей мере, одна гондола может предоставляться из обслуживающего устройства 100 космического аппарата и соединяться с космическим аппаратом 20 (например, рядом или вдоль оси, проходящей через центр масс космического аппарата), чтобы предоставлять такое обслуживание.

В некоторых вариантах осуществления, обслуживающая система 10 космического аппарата может включать в себя устройство 30 для подачи или дополнительной подачи гондол для продления миссии, выполненное с возможностью подавать или дополнительно подавать обслуживающему устройству 100 космического аппарата гондолы 102, например, после того как число гондол 102 в обслуживающем устройстве

100 космического аппарата снижается или заканчивается. Например, после того как запас гондол 102 для продления миссии снижается или заканчивается, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может получать новый запас гондол 102 (например, пять гондол, десять гондол, пятнадцать гондол или больше), чтобы

5 продолжать предложение услуг для продления срока эксплуатации для потенциального космического аппарата 20. В некоторых вариантах осуществления, устройство 30 для дополнительной подачи гондол с гондолами 102 для продления миссии может быть размещено на геосинхронной орбите (GEO) в то время, когда обслуживающее устройство 100 космического аппарата сближается с его местоположением. После этого, как

10 устройство 30 для дополнительной подачи гондол для продления миссии приближается к обслуживаемому устройству 100 космического аппарата, одно или более устройств в одном или обоих из обслуживающего устройства 100 космического аппарата и устройства 30 для дополнительной подачи гондол (например, роботизированные руки в обслуживаемом устройстве 100 космического аппарата, поясненные ниже) могут

15 перебазировать одну или более гондол 102 для продления миссии из устройства 30 для дополнительной подачи гондол для продления миссии в обслуживающее устройство 100 космического аппарата. В некоторых вариантах осуществления, одно из устройства 30 для дополнительной подачи гондол и обслуживающего устройства 100 космического аппарата может быть выполнено с возможностью удерживать другое, чтобы иметь

20 возможность перебазировать гондолы 102 для продления миссии. Например, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может приближаться к устройству 30 для дополнительной подачи гондол и состыковываться или иным образом зацепляться с устройством 30 для дополнительной подачи. После состыковки, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может переносить одну или

25 более гондол 102 (например, с использованием роботизированных рук) из устройства 30 для дополнительной подачи в обслуживающее устройство 100 космического аппарата. Обслуживающее устройство 100 космического аппарата затем может расстыковывать и развертывать дополнительные гондолы на других устройствах. В других вариантах осуществления, устройство 30 для дополнительной подачи гондол может быть

30 выполнено с возможностью двигаться в обслуживающее устройство 100 космического аппарата. В других вариантах осуществления, одно или более устройств на устройстве 30 для дополнительной подачи гондол (например, роботизированные руки) могут быть выполнены с возможностью подавать гондолы 102 в обслуживающее устройство 100 космического аппарата.

35 Чтобы позиционировать гондолы 102 на целевом космическом аппарате 20, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может позиционировать и хранить гондолы 102 в пределах досягаемости одного или более механизмов 122 (фиг. 2А), выполненных с возможностью позиционировать, перемещать и/или устанавливать гондолы. Как пояснено ниже, механизм может содержать одну или более

40 роботизированных рук 122 и/или другой тип развертывающего устройства (например, соединительный механизм), такой как выдвигаемая и/или раздвижная мачта, аналогично развертываемому устройству 160, поясненному ниже, которое выполнено с возможностью закреплять обслуживающее устройство 100 космического аппарата на гондолах 102, как пояснено ниже. В некоторых вариантах осуществления, одна или

45 более роботизированных рук 122 могут содержать одну или более степеней свободы, обеспечивающих перемещение руки 122 вдоль одной или более осей перемещения. Например, рука 122 может содержать выдвигаемую мачту в некоторых вариантах осуществления (например, аналогично развертываемому устройству 160, поясненному

ниже), которая может перемещаться в пространстве вдоль одной оси перемещения, либо устройство, допускающее вращение и/или перемещение в пространстве вдоль одной или более осей перемещения. Если досягаемость является недостаточной при использовании одного первого механизма (например, руки), необязательно, второй механизм (например, вторая рука или некоторое другое устройство, допускающее перемещение или переориентацию гондол 102) может реализовываться для того, чтобы перемещать гондолы 102 в пределах досягаемости первого механизма, используемого для того, чтобы устанавливать гондолу 102 в целевой космический аппарат 20.

Например, гондолы 102 могут позиционироваться на/в конструкции обслуживающего устройства 100 космического аппарата в пределах досягаемости роботизированной руки. Если досягаемость является недостаточной при использовании одной руки, необязательная вторая рука или другое устройство используется для того, чтобы перемещать гондолу 102 в пределах досягаемости другой роботизированной руки, используемой для того, чтобы устанавливать гондолу 102 в целевой космический аппарат 20.

В некоторых вариантах осуществления, гондолы 102 могут позиционироваться на одной или более отделимых конструкций в пределах досягаемости роботизированной руки. После того как гондолы 102 заканчиваются (например, полностью заканчиваются), отделимые конструкции могут открепляться от обслуживающего устройства 100 космического аппарата. В таком варианте осуществления, расход топлива обслуживающего устройства 100 космического аппарата может уменьшаться для последующих действий по сближению и обслуживанию.

В некоторых вариантах осуществления, гондолы 102 могут переноситься на другом устройстве (например, на устройстве 30 для дополнительной подачи гондол, которое запускает с обслуживающим устройством 100 космического аппарата), и затем гондолы 102 могут переноситься в обслуживающее устройство 100 космического аппарата после запуска. Например, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может использоваться для того, чтобы буксировать устройство 30 для дополнительной подачи гондол на геосинхронную орбиту или другие орбиты, и затем летательные аппараты могут отделяться. Обслуживающее устройство 100 космического аппарата может состыковываться с устройством 30 для дополнительной подачи гондол с использованием стыковочного механизма в обслуживающем устройстве 100 космического аппарата и комплементарной конструкции или устройств в устройстве 30 для дополнительной подачи гондол. После состыковки, роботизированная рука(и) в обслуживающем устройстве 100 космического аппарата может переносить одну или более гондол 102 из устройства 30 для дополнительной подачи гондол в местоположение укладки в обслуживающем устройстве 100 космического аппарата. Таким образом, полная масса обслуживающего устройства 100 космического аппарата минимизируется для его повторяющихся переходов и сближения с целевым космическим аппаратом 20, приводя к минимизированной выработке топлива по жизненному циклу миссии. Устройство 30 для дополнительной подачи гондол может совместно управляться с возможностью размещать его в требуемых орбитальных местоположениях для обслуживающего устройства 100 космического аппарата, чтобы возвращать и дополнительно подавать гондолы 102.

Как пояснено выше, часть системы 10 (например, гондолы 102, обслуживающее устройство 100 космического аппарата и/или устройство 30 для дополнительной подачи) может соединяться с другой частью системы 10 или с внешним устройством (например, с гондолами 102, обслуживающим устройством 100 космического аппарата и/или

космическим аппаратом 20), чтобы подавать (например, дозаправлять, повторно наполнять, восполнять и т.д.) в устройство один или более расходных материалов (например, топливо, газ, компоненты и т.д.). В некоторых вариантах осуществления, такие запасы и материалы могут подаваться в дополнительном внешнем баке, прикрепленном к устройству, и/или могут подаваться через замену (например, дозаправку топливом) с продолжением использования существующих компонентов.

Космический аппарат, в общем, должен использовать ракетное топливо (например, ксенон, гидразин), чтобы поддерживать позиционирование и нацеливание в течение срока эксплуатации для выполнения миссии. Израсходование этого ракетного топлива, в общем, приводит к концу срока эксплуатации для выполнения миссии. В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство 100 космического аппарата, гондолы 102 и/или устройство 30 для дополнительной подачи ("устройство подачи топлива") могут предоставлять дополнительное ракетное топливо в другую часть системы 10 или во внешнее устройство (например, гондолы 102, обслуживающее устройство 100 космического аппарата и/или космический аппарат 20 ("целевое устройство")). В других вариантах осуществления, устройство подачи топлива может действовать с возможностью подавать другие виды топлива или текучие среды, такие как, например, бак с ксеноном высокого давления, гидразином, гелием, тетроксидом азота (NTO), зеленым ракетным топливом, комбинациями вышеозначенного либо с любым другим подходящим топливом. В некоторых вариантах осуществления, выбор ракетного топлива или топлива может быть основан на применении гондолы 102 (например, на основе конфигурации космического аппарата 20).

Фиг. 1В иллюстрирует вариант осуществления такого устройства 140 подачи в топливный бак устройства подачи топлива, которое может реализовываться на одном или более устройств системы 10 (фиг. 1А). Как показано на фиг. 1В, в некоторых вариантах осуществления, система 142 труб в устройстве 140 подачи в топливный бак может подавать топливо (например, ксенон высокого давления) в бак 141 в регулятор 143 (например, механический и/или электрический регулятор). Регулятор 143 может управлять (например, уменьшать) давление до уровня, который может использоваться посредством системы целевого устройства. Дополнительная система 144 труб может позиционироваться ниже регулятора 143 и может соединяться с сопряженным адаптером 145. Сопряженный адаптер 145 может соединяться с соединением (например, с клапаном обслуживающего порта) целевого устройства, которое сообщается с топливом целевого устройства. В некоторых вариантах осуществления, такие сопряженные адаптеры 145 устройства подачи топлива могут включать в себя соединительные патрубки (например, быстроразъемные патрубки, объединенные обслуживающие клапаны и/или простой механический обслуживающий клапан) для соединения с баком целевого устройства. Например, такой сопряженный адаптер 145 может содержать клапан (например, вращающийся клапан или гайку), который открывает и закрывает поток. Сопряженный адаптер 145 может включать в себя соединительный элемент (например, розеточный соединительный элемент), который может прикрепляться к соединению (например, порту клапана) целевого устройства (например, комплементарному штекерному соединительному элементу).

В некоторых вариантах осуществления, сопряженный адаптер 145 может подготавливаться посредством вынимания заглушки или пробки, и целевое устройство может подготавливаться посредством вынимания любой конструкции (например, покровных слоев и/или заглушки или пробки) поверх соединения целевого устройства. После подготовки, сопряженный адаптер 145 механически прикрепляется к

обслуживающему клапану целевого устройства, и один или более клапанов (например, в целевом устройстве и устройстве 140 подачи в топливный бак) могут открываться, и давление может отслеживаться (например, определение давления в системах целевого устройства). Снижение этого давления может указывать то, что возникает некорректное сопряжение между адаптером устройства 140 подачи в топливный бак и сопряженным адаптером 145 устройства 140 подачи в топливный бак. После того как соединение верифицировано, клапан выше сопряженного адаптера 145 может перемещаться в открытую позицию, и бак 141 должен подавать топливо в бак целевого устройства. В вариантах осуществления, в которых в баке 141 устройства 140 подачи в топливный бак отсутствует телеметрия давления, системы целевого устройства могут использоваться для того, чтобы отслеживать выработку топлива, чтобы определять то, достигается или нет израсходования бак 141 устройства 140 подачи в топливный бак. По мере того, как бак 141 устройства 140 подачи в топливный бак практически расходуется, бак 141 устройства 140 подачи в топливный бак может исключаться из сообщения посредством закрытия клапана выше сопряженного адаптера 145 и целевого устройства, и новый бак может соединяться с целевым устройством (например, на идентичном устройстве 140 подачи в топливный бак посредством замены предыдущего бака или на другом устройстве подачи в топливный бак, которое может обеспечивать возможность предыдущему баку оставаться соединенным). Такое устройство 140 подачи в топливный бак может включать в себя обслуживающий клапан 146, чтобы первоначально создавать повышенное давление в системе, механические опоры для оборудования и крепление к целевому устройству, захватные выступающие блоки и/или пассивную терморегуляцию.

Фиг. 2А иллюстрирует упрощенный схематичный вид варианта осуществления обслуживающего устройства 100 космического аппарата (например, обслуживающего устройства 100 космического аппарата по фиг. 1А). Как показано на фиг. 2А, обслуживающее устройство 100 космического аппарата включает в себя одну или более разворачиваемых гондол или модулей 102, которые первоначально прикрепляются к обслуживающему устройству 100 космического аппарата. Обслуживающее устройство 100 космического аппарата может представлять собой спутник или другой космический аппарат, расположенный на орбите вокруг корпуса.

Чтобы доставлять, прикреплять и/или извлекать гондолы 102 относительно другого космического аппарата, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может включать в себя химический или другой тип реактивного двигателя и/или может включать в себя движительную систему с электроприводом. Например, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может включать в себя один или более маневровых реактивных двигателей 104, силовую систему, включающую в себя химические и/или электрические источники движительной силы (например, топливные баки 106, размещающие ксеноновое ракетное топливо для ионного маневрового реактивного двигателя и/или гидразиновое ракетное топливо), и блоки 108 обработки мощности. Движительная система обслуживающего устройства 100 космического аппарата (например, включающая в себя маневровые реактивные двигатели 104) может обеспечивать возможность обслуживающему устройству 100 космического аппарата перемещаться в одной или более осей перемещения (например, в трех осях перемещения в пространстве и в три осях вращения, всего в шести осях перемещения). Обслуживающее устройство 100 космического аппарата может включать в себя солнечные панели 110 (например, направляемые солнечные панели), аккумуляторы 112, электронные схемы для регулирования мощности, такие как узел 114 распределения мощности), подсистемы 116 управления (например, обработку команд и данных, средства терморегуляции,

выдачу инструкций, навигацию и управление), подсистемы 118 связи (например, радиочастотную (RF) связь с ассоциированной антенной 120) и вспомогательные инструменты 121 (например, обслуживающие компоненты и/или концевой рабочий инструмент для роботизированной руки, поясненной ниже). Такие компоненты могут

5 обеспечивать возможность обслуживающему устройству 100 космического аппарата маневрировать в местоположение рядом с другим космическим аппаратом, которое должно обслуживаться.

Чтобы развертывать, прикреплять и/или извлекать гондолы 102 относительно другого космического аппарата, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может

10 включать в себя развертывающие и/или вынимающие устройства (например, одну или более подвижных рук, например, роботизированных рук 122, имеющих одну, две, три, четыре, пять или шесть степеней свободы, насадку и/или выдвигаемое развертывающее устройство, как пояснено ниже, которые могут соединяться с частью гондол 102, такой как внутренняя часть двигателя) с ассоциированной системой формирования

15 изображений (например, камерой 124) и системами управления и подачи мощности (например, роботизированной авиационной радиоэлектроникой 126 и источником 128 мощности). Такие устройства и компоненты могут использоваться для того, чтобы зацепляться (например, чтобы прикрепляться) с гондолами 102 в обслуживающем устройстве 100 космического аппарата. Например, одна или более роботизированных

20 рук 122 могут использоваться для того, чтобы соединяться с одной гондолой 102 (например, с концевым рабочим инструментом) и перемещать эту гондолу 102 в местоположение поблизости от целевого космического аппарата, прикреплять гондолу 102 к космическому аппарату и высвобождать гондолу 102 после прикрепления.

В некоторых вариантах осуществления, другие устройства и способы могут

25 использоваться для того, чтобы доставлять и/или прикреплять гондолы 102 к космическому аппарату. Например, само обслуживающее устройство 100 космического аппарата может ориентироваться относительно космического аппарата с возможностью размещать выбранную гондолу 102 в контакте с космическим аппаратом, само обслуживающее устройство 100 космического аппарата может захватывать или иным

30 образом удерживать космический аппарат при применении гондолы 102, гондолы 102 могут включать в себя одну или более бортовых систем для управления и прикрепления гондол 102, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может включать в себя многократно используемый и отдельно управляемый блок с управлением за счет движительного блока, выполненный с возможностью доставлять гондолы 102, или

35 комбинации вышеозначенного.

В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может доставлять, прикреплять и/или извлекать гондолы 102 относительно космического аппарата без использования роботизированной руки. Например, за счет прикрепления одной или более гондол 102, обслуживающее устройство 100 космического

40 аппарата может сближаться с целевым космическим аппаратом (например, с использованием датчиков для того, чтобы обнаруживать позицию и/или ориентацию целевого космического аппарата, таких как датчики, поясненные ниже). Хотя гондола 102 прикрепляется к обслуживающему устройству 100 космического аппарата, соединительному механизму гондолы 102, как также пояснено ниже, может

45 развертываться и зацепляться с целевым космическим аппаратом. Гондола 102 может высвобождаться из обслуживающего устройства 100 космического аппарата, и, до, во время и/или после высвобождения, все оставшиеся процедуры состыковки могут завершаться, чтобы закреплять гондолу 102 на целевом космическом аппарате.

Независимо от конкретного механизма или признака, используемого для того, чтобы разворачивать, прикреплять и/или извлекать гондолы 102, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может быть выполнено с возможностью непосредственно доставлять (например, с помощью механизма и/или признаков) гондолы 102 в
 5 местоположение в целевом космическом аппарате с использованием одной или более частей обслуживающего устройства 100 космического аппарата. Например, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может разворачивать, прикреплять и/или извлекать гондолы 102 только с использованием разворачивающего механизма и/или признаков (например, роботизированной руки 122, выдвижного и/
 10 или раздвижного стыковочного механизма и т.д.), которые постоянно размещаются на (например, части) обслуживающем устройстве 100 космического аппарата. В некоторых вариантах осуществления, только разворачивающий механизм и/или признаки, которые постоянно размещаются в обслуживающем устройстве 100 космического аппарата, используются, в то время как маневрирующие (например, движительные)
 15 устройства в гондолах 102 не используются. Например, гондолы 102 могут непосредственно манипулироваться посредством обслуживающего устройства 100 космического аппарата при одновременном отсутствии независимого маневрирования и/или манипулирования гондолами 102 согласно собственной мощности или движительной силе в местоположение рядом с целевым космическим аппаратом. После
 20 перемещения в позицию, механизм и/или признак обслуживающего устройства 100 космического аппарата (например, роботизированная рука(и) 122, выдвижаемый и/или раздвижной стыковочный механизм) и/или признак гондол 102 (например, соединительный механизм, такой как разворачивающее устройство 160) может использоваться для того, чтобы закреплять гондолу 102 на целевом космическом
 25 аппарате. В некоторых вариантах осуществления, гондола 102 может закрепляться на целевом космическом аппарате в то время, когда гондола 102 остается, по меньшей мере, в частичном контакте с обслуживающим устройством 100 космического аппарата. Например, после того как гондола 102 находится, по меньшей мере, частично в контакте с (например, закрепляется на) целевом космическом аппарате, гондола 102 может
 30 высвободиться из обслуживающего устройства 100 космического аппарата.

В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство 100 космического аппарата включает в себя узлы датчиков, к примеру, операции 130 сближения и размещения в непосредственной близости (например, оптическое обнаружение и дальнометрия 132, инфракрасные датчики 134 и/или датчики 136 в видимом диапазоне
 35 спектра). Такие компоненты могут обеспечивать возможность обслуживающему устройству 100 космического аппарата отслеживать и/или обнаруживать другие объекты (например, гондолы 102, другой космический аппарат, когда выполняются соответствующие с обслуживанием функции). Например, один или более датчиков (например, оптическое обнаружение и дальнометрия 132, инфракрасные датчики 134
 40 и/или датчики 136 в видимом диапазоне спектра) могут обеспечивать возможность обслуживающему устройству 100 космического аппарата упрощать операции сближения и размещения в непосредственной близости относительно целевого космического аппарата 20 (фиг. 1А), чтобы разворачивать, устанавливать и/или вынимать гондолу 102 (фиг. 1А).

В некоторых вариантах осуществления, один или более датчиков (например, оптическое обнаружение и дальнометрия 132, инфракрасные датчики 134 и/или датчики 136 в видимом диапазоне спектра) могут обеспечивать возможность обслуживающему устройству 100 космического аппарата обнаруживать один или более признаков целевого

космического аппарата 20 (фиг. 1А). Например, один или более датчиков обслуживающего устройства 100 космического аппарата могут обнаруживать стыковочный признак (например, стыковочный, причальный или соединительный механизм) целевого космического аппарата 20 или другие признаки (например, конструктивные характеристики) целевого космического аппарата 20, чтобы определять способ, за счет которого гондола 102 должна прикрепляться к целевому космическому аппарату 20.

В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может быть, по меньшей мере, частично переконфигурируемым с возможностью упрощать операции, выполняемые посредством обслуживающего устройства 100 космического аппарата. Например, во время соединения (например, состыковки) с космическим аппаратом 20 (фиг. 1А), устройство 100 может перебазировать (например, укладывать, выгружать) различные конструкции и/или компоненты (например, подпорки, используемые для состыковки с космическим аппаратом 20). Такие конструкции и/или компоненты могут открепляться посредством одного или более инструментов (например, роботизированной руки 122) и размещаться в местоположении временного хранения. Конструкции и/или компоненты могут прикрепляться, когда обслуживающее устройство 100 космического аппарата состыкуется (например, и обслуживает) с целевым космическим аппаратом 20.

В некоторых вариантах осуществления, признаки в обслуживающем устройстве 100 космического аппарата могут использоваться для того, чтобы переконфигурировать другое устройство (например, космический аппарат). Например, один или более инструментов (например, роботизированная рука 122) обслуживающего устройства 100 космического аппарата могут использоваться для того, чтобы вынимать конструкции, которые упрощают укладку вторичной полезной нагрузки выше обслуживающего устройства 100 космического аппарата после запуска. В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство 100 космического аппарата (например, и прикрепленные гондолы 102 (фиг. 1А)) может прикрепляться к ESPA-кольцу или некоторой другой подходящей конструкции. После запуска (например, на орбите), роботизированная рука 122 может откреплять и перебазировать гондолы 102 в местоположения хранения и затем откреплять вспомогательную конструкцию, используемую во время утилизации при пуске или временного хранения.

Фиг. 2В иллюстрирует упрощенный схематичный вид варианта осуществления обслуживающего устройства 150 космического аппарата, которое может быть практически аналогичным обслуживающему устройству 100 космического аппарата по фиг. 2А, и как проиллюстрировано, может включать в себя часть, большинство или все компоненты обслуживающего устройства 100 космического аппарата. Как показано на фиг. 2В, обслуживающее устройство 150 космического аппарата включает в себя соединительный механизм 152 (например, стыковочный, причальный, удерживающий или иной крепежный механизм) для соединения с другими устройствами (например, другим космическим аппаратом, таким как космический аппарат 20, гондолы 102, устройство 30 для дополнительной подачи и т.д.).

Как пояснено выше, при нахождении на орбите с начальным запасом гондол 102, обслуживающее устройство 100 космического аппарата движется из целевого космического аппарата 20 (фиг. 1А) в целевой космический аппарат 20, чтобы устанавливать гондолы 102. В некоторых вариантах осуществления, обслуживающее устройство 100 космического аппарата может использовать дополнительные технологии управления, чтобы удерживаться в оптимальной позиции относительно космического

аппарата 20 с тем, чтобы разрешать установку (например, роботизированную установку) гондол 102. Эта оптимальная позиция может центрироваться или не центрироваться на космическом аппарате 20 и может отходить от космического аппарата 20 на выбранное расстояние таким образом, что имеется пространство для перемещения гондол 102 и роботизированной руки 122 на космический аппарат. Данные из датчиков сближения могут отправляться в роботизированные управляющие компьютеры в обслуживающем устройстве 100 космического аппарата таким образом, что алгоритмы машинного зрения и роботизированного управления движением могут иметь априорные знания относительных позиций и движения двух космических судов.

Фиг. 2С-2К иллюстрируют различные варианты осуществления соединительных механизмов согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 2С и 2D, соединительный механизм 152 может содержать раздвижной стыковочный механизм 160 (например, имеющий копьеобразную форму), выполненный с возможностью приниматься в приемной части (например, двигателе 156), по меньшей мере, одного из космического аппарата 20 (например, в части двигателя или в любой другой части, с которой может осуществляться механическое соединение). Раздвижной стыковочный механизм 160 направляется по инструкциям в позицию либо полностью посредством обслуживающего устройства 100 космического аппарата (фиг. 2А), либо за счет инструктирования роботизированной руке направлять по инструкциям конечную состыковку в то время, когда обслуживающее устройство 100 космического аппарата удерживает позицию относительно космического аппарата 20. При нахождении на месте, одна или более раздвижных частей могут разворачиваться и контактировать с приемной частью 156, чтобы закреплять раздвижной стыковочный механизм 160 на космическом аппарате 20.

Такой раздвижной стыковочный механизм 160 раскрывается, например, в заявке на патент (США) порядковый номер 15829807, поданной 1 декабря 2017 года, озаглавленной "SYSTEMS FOR CAPTURING A CLIENT VEHICLE", раскрытие сущности которой настоящим полностью содержится в данном документе по этой ссылке.

Например, раздвижной стыковочный механизм 160 может вставляться внутри двигателя 156 космического аппарата 20, как показано на фиг. 2С. После вставки в двигатель 156, одна или более частей раздвижного стыковочного механизма 160 могут перемещаться (например, раздвигаться, выдвигаться), чтобы контактировать с двигателем 156 и закреплять раздвижной стыковочный механизм 160 на двигателе 156, за счет этого закрепляя гондолу 102 (фиг. 1) на космическом аппарате 20. До, после и/или во время закрепления, раздвижной стыковочный механизм 160 может включать в себя удлиняющую руку, которая втягивается с возможностью размещать гондолу 102 (фиг. 1) ближе к космическому аппарату 20.

Как показано на фиг. 2Е и 2F, соединительный механизм 152 может содержать раздвижной и/или втягивающийся стыковочный механизм 162 (например, имеющий форму зажимного патрона), выполненный с возможностью зацепляться с приемной частью 156 космического аппарата 20. Стыковочный механизм 162 может направляться по инструкциям в позицию способом, аналогичным способу, описанному выше. При нахождении на месте, стыковочный механизм 162 может втягиваться или раздвигаться, чтобы закреплять раздвижной стыковочный механизм 162 на космическом аппарате 20.

Как показано на фиг. 2G и 2H, соединительный механизм 152 может содержать ловушечный стыковочный механизм 164 (например, включающий в себя множество

тросов, например, плетеные тросы, позиционированные в отверстии полости).

Стыковочный механизм 162 может направляться по инструкциям в позицию способом, аналогичным способу, описанному выше. Ловушечный стыковочный механизм 164 выполнен с возможностью зацепляться с приемной частью 156 космического аппарата

20, обеспечивая возможность приемной части 156 входить через отверстие в тросы. При нахождении на месте, ловушечный стыковочный механизм 164 может перемещаться (например, вращаться) таким образом, что тросы, по меньшей мере, частично ограничивают отверстие, заданное посредством тросов, чтобы закреплять ловушечный стыковочный механизм 164 на космическом аппарате 20.

Как показано на фиг. 2I и 2J, соединительный механизм 152 может содержать зажимной стыковочный механизм 166 (например, трехточечный зажимной механизм, включающий в себя подвижный элемент и два стационарных элемента), выполненный с возможностью зацепляться с приемной частью 156 космического аппарата 20.

Стыковочный механизм 166 может направляться по инструкциям в позицию способом, аналогичным способу, описанному выше. При нахождении на месте, подвижный элемент или элементы стыковочного механизма 166 могут перемещаться к стационарному элементу или элементам, чтобы закреплять раздвижной стыковочный механизм 166 на космическом аппарате 20.

Как показано на фиг. 2K, соединительный механизм 152 может содержать надувной зажимной стыковочный механизм 168 (например, один или более надувных мешков, выполненных с возможностью приниматься во внешней части и/или внутренней части приемной части 156), выполненный с возможностью зацепляться с приемной частью 156 космического аппарата 20. Стыковочный механизм 168 может направляться по инструкциям в позицию способом, аналогичным способу, описанному выше. При нахождении на месте, надувной мешок (например, кольцевой мешок) или мешки (например, два противостоящих мешка) может надуваться, чтобы закреплять раздвижной стыковочный механизм 168 на космическом аппарате 20. В некоторых вариантах осуществления, мешок может быть заполнен текучей средой (например, жидкостью), которая должна, по меньшей мере, частично затвердевать, чтобы

формировать, по меньшей мере, частично жесткое соединение между конструкциями.

Фиг. 2L является видом в перспективе обслуживающего устройства 180 космического аппарата, которое может быть аналогичным устройствам, поясненным выше. Как проиллюстрировано, обслуживающее устройство 180 космического аппарата может включать в себя корпус 182, содержащий ESPA-кольцо с гондолами 102, соединенными относительно корпуса 182. Каждая гондола 102 может включать в себя соединительный механизм 184 для соединения с целевым космическим аппаратом 20 (фиг. 1A) и необязательную солнечную панель 186. Как описано выше, соединительный механизм 184 может содержать копьеобразное выдвигаемое устройство, выполненное с возможностью зацепляться с двигателем целевого космического аппарата 20.

Ссылаясь на фиг. 1A, в еще дополнительных вариантах осуществления, конструктивная часть гондол 102 (например, подпорка или другой элемент рамы) может использоваться для того, чтобы состыковываться с космическим аппаратом 20. Например, роботизированная рука или другой признак (например, нероботизированный способ) сначала должен позиционировать гондолу 102 в предварительно определенном местоположении в зависимости от геометрии и признаков космического аппарата 20 и компонентов (например, разъемных колец) космического аппарата 20. Обслуживающее устройство 100 космического аппарата затем может состыковываться с космическим аппаратом 20 с использованием конструктивной части гондолы 102. После того как

состыковка завершается, конструктивная часть гондолы 102 может закрепляться на космическом аппарате 20 (например, посредством приведения в действие зажима или иной жесткой фиксации соединения через электронную команду через роботизированный интерфейс или через мощность электромеханического привода из роботизированного интерфейса). Часть обслуживающего устройства 100 космического аппарата (например, роботизированная рука) затем может высвобождать гондолу 102, и обслуживающее устройство 100 космического аппарата может расстыковываться от космического аппарата 20, оставляя гондолу 102 установленной на космическом аппарате 20 (например, на разъемном кольце).

В еще дополнительных вариантах осуществления, часть обслуживающего устройства 100 космического аппарата (например, роботизированная рука) может вытягиваться и помещать гондолы 102 на часть космического аппарата (например, на разъемное кольцо или другой совместимый механический признак космического аппарата 20). Электронная команда в гондолу 102 или космический аппарат 20, чтобы приводить в действие соединительный механизм или электромеханический привод на любом устройстве, затем может использоваться для того, чтобы закреплять гондолу 102 на месте на космическом аппарате 20.

Ссылаясь на фиг. 2А, в случаях, когда роботизированная рука используется для того, чтобы размещать гондолы 102, роботизированная рука 112, концевой рабочий инструмент и/или другие инструменты могут использовать технологии, связанные со стыковочным механизмом 166, которые минимизируют контактную динамику в условиях невесомости между двумя летательными аппаратами. Такие технологии включают в себя, но не только, минимизацию трения в контактных интерфейсах, минимизацию времени между первым контактом и жесткой фиксацией (например, завершением состыковки или другого соединения) и предоставление совместимости в тракте. В некоторых вариантах осуществления, технологии пассивного и активного уменьшения электростатического разряда (ESD) при первом контакте могут использоваться при конструировании гондол 102, роботизированной руки 112, обслуживающего устройства 100 космического аппарата и устройства 30 для дополнительной подачи, чтобы обеспечивать то, что ESD при первом контакте минимизируется или исключается. Такое ESD-уменьшение раскрывается, например, в заявке на патент (США) порядковый номер 15/829758, поданной 1 декабря 2017 года, озаглавленной "ELECTROSTATIC DISCHARGE MITIGATION FOR A FIRST SPACECRAFT OPERATING IN PROXIMITY TO A SECOND SPACECRAFT", раскрытие сущности которой настоящим полностью содержится в данном документе по этой ссылке.

Ссылаясь на фиг. 1А, может быть желательным, при установке гондол 102 на космическом аппарате 20, иметь на максимально возможно короткое соединение между обслуживающим устройством 100 космического аппарата и космическим аппаратом 20. В некоторых вариантах осуществления, во время установки гондолы 102, как космический аппарат 20, так и обслуживающее устройство 100 космического аппарата могут находиться в свободном дрейфе только в течение непродолжительного периода времени (например, от секунд до минут), в который проводится установка гондолы 102, и обслуживающее устройство 100 космического аппарата высвобождает гондолу 102, чтобы разрывать механическое соединение между двумя летательными аппаратами. Движительная система обслуживающего устройства 100 космического аппарата затем может повторно активироваться, и обслуживающее устройство 100 космического аппарата может отводиться в безопасное местоположение. Система управления ориентацией космического аппарата 20 может повторно активироваться вскоре после

этого, так что целевой космический аппарат 20 может повторно получать свое позиционирование.

Обращаясь к обоим из фиг. 1А и 2А, в некоторых вариантах осуществления, после установки, гондолы 102 могут активироваться, например, через следующее: наземная команда в приемо-передающее устройство в гондоле 102, электрическая команда из роботизированной руки 112, например, с помощью таймера, датчика (например, таймера обрыва проводов или аналогичного датчика), которая обеспечивает возможность гондоле 102 считывать то, что она более не соединяется с любым из обслуживающего устройства 100 космического аппарата, устройства 30 для дополнительной подачи или роботизированной руки 122. В некоторых вариантах осуществления, такие датчики могут включать в себя один или более механических предельных переключателей, активированных посредством завершения механического действия по состыковке или установке.

В еще дополнительных вариантах осуществления, гондолы 102 могут активироваться через признак, включенный в интерфейс между обслуживающим устройством 100 космического аппарата и гондолой 102. Например, часть разворачивающего устройства обслуживающего устройства 100 космического аппарата (например, приводной механизм инструмента или концевой рабочий инструмент на роботизированной руке 122) может помогать в активации и/или начальном разворачивании выступающих блоков в гондолах 102. Эта технология должна потенциально упрощать механизмы гондолы 102 посредством использования преимущества функциональности роботизированной руки 122 обслуживающего устройства 100 космического аппарата (например, концевой рабочего инструмента руки 122), чтобы выполнять разворачивание и инициирование гондол 102 (например, однократные приведения в действие в гондолах 102).

Роботизированная рука 122 и/или ее компоненты и инструменты могут выполнять, по меньшей мере, частичную орбитальную сборку гондол 102. Например, использование роботизированной руки 122 для окончательной сборки выступающих блоков на гондолах 102 может предоставлять возможность упрощенного, более легкого и/или менее дорогого конструктивного оформления компонентов гондол 102 для запуска.

Фиг. 3 иллюстрирует упрощенный схематичный вид варианта осуществления гондолы (например, гондолы 102 для продления миссии по фиг. 1А) обслуживающего устройства 100 космического аппарата. Как показано на фиг. 3, гондола 102 для продления миссии включает в себя одно или более устройств для управления (например, ориентации и перемещения) гондолой 102 и любой другой конструкцией, прикрепленной к основному корпусу 201 гондолы 102. Например, гондола 102 может включать в себя химический или другой тип реактивного двигателя и/или может включать в себя движительную систему с электроприводом. Как проиллюстрировано, один или более узлов 200 маневровых реактивных двигателей могут включать в себя один или более маневровых реактивных двигателей 202 (например, электрических движительных (ЕР) маневровых реактивных двигателей), прикрепленных (например, прикрепленных с возможностью перемещения) к гондоле 102 с помощью подвижного (например, вращающегося) соединения (например, карданного подвеса 204 и мачты 206). В некоторых вариантах осуществления, позиционирование маневровых реактивных двигателей 202 относительно основного корпуса 201 может выбираться на основе одной или более характеристик (например, размера, габаритов, массы, центра масс, комбинаций вышеозначенного и т.д.) космического аппарата, к которому должна прикрепляться гондола. В некоторых вариантах осуществления, маневровые реактивные двигатели 202 могут предоставлять относительно низкое ускорение, чтобы минимизировать или не допускать возмущений

вследствие перемещения ракетного топлива в баке для ракетного топлива.

Хотя вариант осуществления по фиг. 3 иллюстрирует один узел 200 маневровых реактивных двигателей на одной мачте 206, в других вариантах осуществления, гондола 102 может включать в себя несколько узлов маневровых реактивных двигателей на нескольких мачтах (например, два, три или более узлов маневровых реактивных двигателей и прилагаемых мачт). Например, два узла маневровых реактивных двигателей могут предоставляться на двух мачтах, причем один узел маневровых реактивных двигателей практически зеркально отражает другой узел маневровых реактивных двигателей. Дополнительно, в некоторых вариантах осуществления, несколько узлов маневровых реактивных двигателей могут предоставляться на одной мачте. В таком варианте осуществления, несколько маневровых реактивных двигателей могут реализовываться для того, чтобы обеспечивать то, что реализуется производительность в течение срока службы системы адекватно, или достигаются требуемые уровни осевой силы. В некоторых вариантах осуществления, один или более узлов 200 маневровых реактивных двигателей могут не предоставляться на мачте, а устанавливаться непосредственно в гондоле 102. В некоторых вариантах осуществления, один узел 200 маневровых реактивных двигателей может использоваться для услуг продления срока эксплуатации, включающих в себя перебазирование космического аппарата, удержание станции на орбите, ввод в наклонное пикирование, регулирование момента движения и/или утилизацию в конце срока эксплуатации (EOL). В некоторых вариантах осуществления, несколько узлов 200 маневровых реактивных двигателей могут каждый использоваться для всех услуг продления срока эксплуатации или могут разделяться для различных услуг продления срока эксплуатации. Например, один или более узлов 200 маневровых реактивных двигателей могут предоставляться на одной или более мачт для услуг удержания станции на орбите, в то время как один или более узлов 200 маневровых реактивных двигателей могут устанавливаться в гондоле для перебазирования орбиты, ввода в наклонное пикирование и EOL-утилизации.

В некоторых вариантах осуществления, антенна 208 может позиционироваться на узле 200 маневровых реактивных двигателей. В некоторых вариантах осуществления, антенна 208 может позиционироваться на отдельной развертываемой мачте. В некоторых вариантах осуществления, дополнительные солнечные элементы, чтобы вырабатывать мощность, могут размещаться на мачтовом узле 200 маневровых реактивных двигателей.

Гондола 102 может включать в себя силовую и движительную систему 210, включающую в себя один или более источников мощности и ассоциированных компонентов (например, когда, по меньшей мере, часть силовой системы может представлять собой электрическую движительную силовую систему). Например, силовая и движительная система 210 может включать в себя один или более баков для ракетного топлива (например, размещающих ксеноновое ракетное топливо или любое другое подходящее ракетное топливо для электрических или химических движительных систем), маневровых реактивных двигателей (например, электронных маневровых реактивных двигателей) и ассоциированных блоков обработки мощности. Гондола 102 может включать в себя солнечную панель 212 и один или более аккумуляторов 214. В некоторых вариантах осуществления, солнечная панель 212 может жестко соединяться с основным корпусом 201 или прикрепляться к подвижному (например, вращающемуся) соединению с одной или более осей движения (например, к одному или более карданных подвесов 216 или других подвижных колен и мачте 218, обеспечивающих перемещение вокруг одной, двух или более осей), чтобы направлять солнечную панель 212 к солнцу.

В некоторых вариантах осуществления, солнечная панель 212 с карданными

подвесами может предоставлять множество преимуществ по сравнению с аналогичной жесткой панелью. Например, солнечная панель 212 с карданными подвесами обеспечивает возможность извлечения/разнесения солнечной панели 212 от маневровых реактивных двигателей целевого космического аппарата 20 таким образом, что целевой космический аппарат 20 может выполнять поддержание орбиты при минимизации проблем попадания струй из маневровых реактивных двигателей целевого космического аппарата 20 на солнечные панели гондолы 102. Солнечная панель 212 с карданными подвесами дополнительно может разъединять гондолу 102 термически от целевого космического аппарата 20 и увеличивать эффективность солнечной панели 212 за счет обеспечения ей возможности отслеживать Солнце. Увеличение эффективности солнечной панели 212 с карданными подвесами обеспечивает возможность маневровым реактивным двигателям гондолы 102 зажигаться дольше, и оно также обеспечивает возможность использовать менее крупные, более легкие и более недорогие аккумуляторы. Движительная система с более длительным зажиганием может упрощать обслуживание более тяжелого целевого космического аппарата 20. В некоторых вариантах осуществления, солнечная панель 212 с карданными подвесами может артикулироваться таким образом, чтобы сохранять момент движения (например, если результирующий момент движения не прикладывается) на целевом космическом аппарате 20 по орбите.

В некоторых вариантах осуществления, солнечная панель 212 может отслеживать солнце с использованием хранимой логики в гондоле 102 в течение частей с солнечным освещением обслуживания спутника, чтобы максимизировать выработку мощности солнечной панели 212, за счет этого минимизируя размер солнечной панели 212 и аккумуляторов. В некоторых вариантах осуществления, перемещение солнечной панели 212 может быть ограничено, например, чтобы упрощать механическую конструкцию и исключать или минимизировать затенение панелей космического аппарата, бомбардировку струй из маневрового реактивного двигателя на гондолу 102 и/или космический аппарат 20, помехи датчикам или антеннам в гондоле 102 и/или космическом аппарате 20 или другие системные ограничения. В некоторых вариантах осуществления, солнечная панель 212 может включать в себя два отдельных крыла с одной или двумя осями движения. В некоторых вариантах осуществления, солнечная панель 212 с карданными подвесами может включать в себя одну ось перемещения, выполненного с возможностью противодействовать вращению гондолы 102.

Варианты осуществления гондолы 102 могут предоставлять обслуживание космического аппарата при физически относительно небольшой комплектности и небольшой занимаемой площади на летательном аппарате 20 космического аппарата (фиг. 1A) посредством использования маломощных (например, электрических) движительных систем, таких как решетчатые ионные маневровые реактивные двигатели, маневровые реактивные двигатели на эффекте Холла, коллоидные/полевые маневровые реактивные двигатели, электродуговые реактивные двигатели и реактивные двигатели на электросопротивлении. Такая электрическая движительная система может формировать требуемую величину осевой силы за выбранный период времени для одного или более включений двигателя, чтобы регулировать позиционирование космического аппарата 20 (например, включение двигателя два раза за период в двадцать четыре часа), причем каждая осевая сила длится выбранный период времени. В некоторых вариантах осуществления, гондола 102 может позиционироваться на обращенной к зениту (например, против Земли) стороне космического аппарата и солнечной панели 212 гондолы 102, чтобы подвергаться воздействию незатемненного

солнечного света, по меньшей мере, в течение двенадцати часов в день. В некоторых вариантах осуществления, одно включение маневрового реактивного двигателя может возникать в то время, когда солнечная панель 212 гондолы 102 полностью освещается, тогда как второе включение маневрового реактивного двигателя возникает, когда
 5 солнечная панель 212 гондолы 102 полностью затемнена посредством корпуса космического аппарата.

В некоторых вариантах осуществления, каждое включение маневрового реактивного двигателя в течение периода в двадцати четыре часа может иметь часть в то время, когда солнечная панель 212 гондолы 102 затемняется посредством корпуса космического
 10 аппарата 20. В некоторых вариантах осуществления, каждое включение маневрового реактивного двигателя в течение периода в двадцати четыре часа может возникать в то время, когда солнечная панель 202 гондолы 102 полностью освещается. Аккумулятор (например, аккумулятор 214, такой как литий-ионный аккумулятор) может использоваться для того, чтобы накапливать энергию в течение периода солнечного
 15 освещения гондолы 102, и аккумулятор 214 может иметь такой размер, чтобы поддерживать потребляемую мощность шины гондолы 102, а также мощность включения маневрового реактивного двигателя в течение периодов отсутствия солнечного света. В некоторых вариантах осуществления, включения маневрового реактивного двигателя выполняются с химическими маневровыми реактивными
 20 двигателями.

В некоторых вариантах осуществления, ракетное топливо силовой и движительной системы 210 гондолы 102 может включать в себя определенное количество ракетного топлива (например, приблизительно 25 кг, 50 кг, 100 кг, 150 кг или больше), чтобы поддерживать удержание станции на орбите (например, требования по маневрированию
 25 и регулированию момента движения) космического аппарата 20 (фиг. 1А) в течение выбранного периода времени (например, по меньшей мере, определенного числа лет). Гондола 102 может загружаться ракетным топливом до запуска таким образом, что перенос ракетного топлива не требуется при нахождении на орбите. Когда космический аппарат 20 требует перебазирования в другое орбитальное местоположение для
 30 продолжения своего рабочего срока эксплуатации или достигает конца своего рабочего срока эксплуатации, расписание осевой силы гондолы 102 и позиция могут регулироваться, чтобы предоставлять изменение скорости в направлении скорости орбиты космического аппарата 20, чтобы перемещать космический аппарат 20 на другую орбиту, орбитальное местоположение или комбинацию вышеозначенного, для
 35 целей продления рабочего срока эксплуатации или утилизации в конце срока эксплуатации.

В некоторых вариантах осуществления, топливо или ракетное топливо гондолы 102 может использоваться для того, чтобы обслуживать космический аппарат 20 без базирования на одной или более систем космического аппарата 20. Например, только
 40 ракетное топливо гондолы 102 может использоваться для того, чтобы обслуживать космический аппарат 20 (например, маневрирование и/или регулирование, по меньшей мере, одного момента движения, включающего в себя ориентацию, космического аппарата 20).

Ссылаясь на фиг. 1А и 3, в некоторых вариантах осуществления, топливный бак 24
 45 космического аппарата 20 может обходиться (например, не использоваться), чтобы обслуживать космический аппарат 20. Например, ракетное топливо гондолы 102 (например, подаваемое из бака 141 в конфигурации, аналогичной конфигурации, показанной на фиг. 1В, подаваемое из бака движительной системы 210 гондолы 102)

может подаваться (например, непосредственно подаваться) в часть системы 22 ракетного топлива целевого космического аппарата 20 (например, в обход топливного бака 24 космического аппарата 20). В таком варианте осуществления, ракетное топливо гондолы 102 может использоваться для того, чтобы обслуживать космический аппарат 20 без переноса (например, дозаправки) ракетного топлива в бак 24 из космического аппарата 20 (например, через процедуру дозаправки топливом). Например, ракетное топливо гондолы 102 может соединяться (например, соединяться с возможностью обмена текучей средой через соединительный механизм 152, сопряженный адаптер 145 (фиг. 1В) и т.д.) с частью топливной системы космического аппарата 20. В некоторых вариантах осуществления, такое существующее соединение может существовать на космическом аппарате 20. В некоторых вариантах осуществления, одно или более из обслуживающего устройства 100 космического аппарата и гондолы 102 может устанавливать, по меньшей мере, часть соединения на космическом аппарате 20.

Ракетное топливо из гондолы 102 может переноситься в систему 22 ракетного топлива целевого космического аппарата 20 и использоваться для того, чтобы обслуживать космический аппарат 20 (например, маневрирование и/или регулирование, по меньшей мере, одного момента движения космического аппарата 20) с использованием, например, одного или более маневровых реактивных двигателей системы 22 ракетного топлива.

В некоторых вариантах осуществления, в гондоле 102 может отсутствовать движительное устройство для независимого перемещения гондолы 102.

В некоторых вариантах осуществления, гондола 102 может иметь относительно низкую полную массу, такую как, например, менее 700 килограммов (кг) (например, менее 600 кг, 500 кг, 400 кг, 350 кг, 300 кг или меньше).

В некоторых вариантах осуществления, гондолы 102 выполнены с возможностью оставаться постоянно на космическом аппарате 20 и не восстанавливаются или заменяются. В некоторых вариантах осуществления, гондолы 102 могут открепляться от космического аппарата 20 и использоваться на другом клиентском космическом аппарате. В некоторых вариантах осуществления, гондолы 102 могут открепляться от космического аппарата 20, дозаправляться топливом посредством обслуживающего устройства 100 космического аппарата или устройства 30 для дополнительной подачи и повторно прикрепляться к космическому аппарату 20.

Гондола 102 может включать в себя средства управления мощностью (например, одну схемную плату средств 220 управления мощностью) и средства управления полетом (например, одну схемную плату авиационных средств 222 управления), предоставленные на любом подходящем типе и числе электронных устройств.

Гондола 102 может включать в себя подсистему 224 связи (например, радиочастотную (RF) связь, поддерживающую связь с антенной 208 и приемо-передающим устройством (XCVR)). Подсистема 224 связи гондолы 102 может конструироваться с возможностью работать с предлагаемыми на рынке услугами связи с требованием по периодическому контакту, а не по непрерывному контакту.

В некоторых вариантах осуществления, устройство связи гондолы 102 (например, подсистема 224 связи) может принимать данные, связанные, по меньшей мере, с одним из орбиты или скорости целевого космического аппарата 20 (фиг. 1А) (например, связанные с моментом движения космического аппарата 20). Такие данные могут передаваться или иным образом переноситься в гондолу 102 из местоположения, удаленного от гондолы 102 (например, непосредственно или опосредованно через наземную станцию, спутниковый ретранслятор, прямую передачу и/или электрическое соединение, к примеру, непосредственно из целевого космического аппарата 20). Такие

данные могут включать в себя вычисления для связанного включения двигателя, и/или системы гондолы 102 могут предварительно формировать вычисления для включения двигателя на основе данных. В некоторых вариантах осуществления, телеметрические данные могут предоставляться из целевого космического аппарата 20 в гондолу 102 (например, через линию радиочастотной связи), непосредственно или опосредованно через наземную станцию. В некоторых вариантах осуществления, телеметрические данные могут предоставляться из одного или более из целевого космического аппарата 20, обслуживающего устройства 100 космического аппарата либо из наземной станции в гондолу 102, непосредственно или опосредованно.

Гондола 102 может сохранять телеметрические данные за период времени (например, за период в восемь-двенадцать часов) и возвращать эти данные в сеть связи при опросе с выбранным расписанием (например, два или три раза в день). Полный набор данных может быть относительно небольшим, приводя к относительно небольшому времени контакта, что обеспечивает относительно незначительную занимаемую площадь для работы многочисленных гондол 102 за период в несколько лет. В некоторых вариантах осуществления, гондола 102 может позиционироваться на не обращенной к Земле стороне целевого космического аппарата 20 (фиг. 1А). Чтобы предоставлять линию визирования для антенн наземных станций и/или услуг орбитальной связи, антенна 208 приемо-передающего устройства может позиционироваться на идентичной мачте, переносящей узел 200 маневровых реактивных двигателей, чтобы предоставлять чистую линию визирования. С учетом диапазона геосинхронных орбит и характера с низким уровнем мощности компонентов гондолы 102, наряду с антенной 208 с относительно умеренным усилением, гондола 102 может передавать и возвращать данные на относительно низких скоростях передачи данных (например, менее одного Кбит/с, менее нескольких Кбит/с). Таким образом, гондола 102 допускает прием ограниченного набора команд, чтобы регулировать свое расписание осевой силы и нацеливание мачты, в соответствии с регулировками, указываемыми пилотами космического аппарата для космического аппарата 20 с Земли.

В некоторых вариантах осуществления, одна или более частей системы 10 (фиг. 1А) (например, гондола 102) могут использовать гибкое частотное приемо-передающее устройство, которое может обеспечивать возможность гондоле 102 поддерживать связь с наземной станцией, ассоциированной с космическим аппаратом 20. Посредством использования гибкого частотного приемо-передающего устройства и использования существующей наземной системы для космического аппарата 20, гондола 102 может не требовать дополнительного лицензирования от регулирующих органов или сторонних служб для того, чтобы устанавливать возможности командных и телеметрических соединений между гондолой 102 и наземной станцией для космического аппарата 20. Это может обеспечивать возможность пилоту космического аппарата 20 устанавливать управление (например, полное управление) для гондолы 102 в относительно минимизированные дополнительные инвестиции фактически без необходимости раскрываемых сведений по регулированию или лицензированию. При условии, что рыночная основа для целевого космического аппарата 20 включает в себя относительно большое число космических судов 20 с использованием RF-частот в С-полосе частот и Ku-полосе частот для связи, запущенные гондолы 102 могут быть сконфигурированы с приемо-передающими устройствами в С-полосе частот или Ku-полосе частот. Координация перед запуском позволяет устанавливать соотношение гондол 102 с системами связи в С-полосе частот или Ku-полосе частот, которые должны запускаться либо при начальной грузоподъемности, либо в космическом аппарате для

дополнительной подачи. Если целевой космический аппарат 20 не использует связь в С-полосе частот или Ku-полосе частот, гондолы 102 могут быть выполнены с возможностью реализовывать тип системы связи, который практически совпадает с типом системы связи целевого космического аппарата 20, либо гондола 102 с поддержкой связи в С-полосе частот или Ku-полосе частот по-прежнему может использоваться с целевым космическим аппаратом 20, имеющим отличающийся тип системы связи. В некоторых вариантах осуществления, гондола 102 может сохранять свои телеметрические данные за выбранный период времени (например, восемь-двенадцать часов) и может возвращать эти данные в сеть связи при опросе (например, два или три раза в день).

В некоторых вариантах осуществления, гибкое частотное приемно-передающее устройство может позволять гондоле 102 сопрягаться с множеством целевых космических судов 20, поскольку частоты гибкого частотного приемно-передающего устройства могут модифицироваться на основе целевого космического аппарата 20 на орбите (например, чтобы использовать неиспользуемую часть одной или более полос частот, используемых посредством целевого космического аппарата 20).

В некоторых вариантах осуществления, командная и телеметрическая линия связи "космос-космос" между гондолами 102 и обслуживающим устройством 100 космического аппарата может реализовываться для того, чтобы использовать относительно большее усиление и мощность обслуживающего устройства 100 космического аппарата, чтобы соединять гондолы 102 с наземной системой космического аппарата 20. В некоторых вариантах осуществления, эта технология может использоваться в то время, когда обслуживающее устройство 100 космического аппарата находится в достаточно непосредственной близости с гондолами 102, и/или может имплантироваться для долговременных операций, при которых расписание включений маневрового реактивного двигателя гондол 102 может требовать только случайных регулирований (например, регулирований, выполняемых еженедельно, ежемесячно или через более длительные интервалы).

В некоторых вариантах осуществления, система связи гондол 102 может использовать приемно-передающее устройство, которое конструируется с возможностью использовать преимущество непосредственной близости антенны гондол 102 к антенне восходящей линии связи космического аппарата 20, чтобы подавать телеметрический сигнал с расширенным спектром из гондол 102 в восходящую линию связи космического аппарата 20. Этот сигнал затем принимает повышение уровня с высоким усилением посредством системы связи космического аппарата 20, чтобы отправлять телеметрию из гондолы 102 на землю.

Различные системы связи в гондолах 102, раскрытых в данном документе, могут обеспечивать мониторинг функций и результатов, достигаемых из гондолы 102 практически в реальном времени, с запаздыванием во времени только вследствие скорости света из геосинхронной орбиты на землю. Такие конфигурации могут обеспечивать возможность гондоле 102 выполнять определенное число функций (например, таких как функции, описанные выше), причем эти функции могут возвращать данные рабочих характеристик в наземную станцию. Программное обеспечение в наземной станции, а также в целевом космическом аппарате 20 или гондоле 102 также может использоваться для того, чтобы "закрывать контур" с запаздыванием относительно скорости света таким образом, что данные из гондолы 102 или целевого космического аппарата 20 могут доставляться в программное обеспечение, ассоциированное с целевым космическим аппаратом 20 или гондолой 102, чтобы

управлять целевым космическим аппаратом 20. В некоторых вариантах осуществления, гондола 102, возможно, не должна непосредственно обмениваться данными с космическим аппаратом 20, которое размещает гондолу 102, и может обмениваться данными с космическим аппаратом 20 через запаздывание по времени для полного обхода относительно скорости света через наземную станцию. В таком варианте осуществления, можно "закрывать контур" для сложной функциональности, которая может предоставляться в форме обслуживания космического аппарата за счет гондол 102. Например, эта сложная функциональность может включать в себя способность управлять тремя осями момента движения космического аппарата 20 с узлами 200 маневровых реактивных двигателей гондолы 102 посредством управляющей логики карданного подвеса, резидентной размещаемой в наземном программном обеспечении или в программном обеспечении гондолы, с использованием телеметрических данных из космического аппарата 20.

Чтобы развертывать и прикреплять гондолу 102 к другому космическому аппарату 20 (фиг. 1А), гондола 102 может включать в себя крепежный признак (например, соединительный механизм 226, выполненный с возможностью одного или более из стыковки, причаливания, прикрепления, удерживания или комбинаций вышеозначенного относительно целевого космического аппарата 20), выполненный с возможностью прикрепляться к космическому аппарату 20 и/или к одному или более соединительных признаков (например, к захватному механизму 228), которые могут зацепляться посредством признака обслуживающего устройства 100 космического аппарата (фиг. 2А) (например, роботизированной руки 122). Соединительный механизм 226 может монтироваться с возможностью перемещения на основном корпусе 201 (например, с карданным подвесом 230).

В некоторых вариантах осуществления, узел 200 маневровых реактивных двигателей гондолы 102 может позиционироваться на многоосной системе актуаторов (например, заданной посредством числа карданных подвесов и/или других устройств перемещения в пространстве или вращения). Например, карданный подвес 204 может быть выполнен с возможностью перемещать узел 200 маневровых реактивных двигателей в первой оси направления, и карданный подвес 205 может быть выполнен с возможностью перемещать узел 200 маневровых реактивных двигателей во второй оси направления, которая является поперечной относительно первой оси направления. В некоторых вариантах осуществления, карданные подвесы 204, 205 могут совместно размещаться в узле 200 маневровых реактивных двигателей. В некоторых вариантах осуществления, карданные подвесы 204, 205 могут быть отделены посредством мачты. Гондола 102 может включать в себя третий карданный подвес 230 (например, для вращения основного корпуса 201 относительно космического аппарата 20 (фиг. 1А)) для позиционирования карданных подвесов 204, 205 относительно корпуса космического аппарата. В некоторых вариантах осуществления, гондола 102 может включать в себя третий карданный подвес 230 рядом с карданным подвесом 204 (например, между основным корпусом 201 и мачтой 206). Такой третий карданный подвес 230 может действовать совместно с карданными подвесами 204, 205 с возможностью создавать три степени свободы (например, три вращательных степени свободы).

В некоторых вариантах осуществления, захватный механизм 228 может быть разнесен от основного корпуса 201 с помощью одной или более конструкций 232, чтобы упрощать соединение с роботизированными руками 122 обслуживающего устройства 100 космического аппарата (фиг. 2А).

Гондола 102 может включать в себя механизм, используемый для того, чтобы

закреплять гондолу 102 на обслуживающем устройстве 100 космического аппарата (фиг. 2А). Например, гондола 102 может включать в себя укладочный механизм 234 (например, который может быть разнесен от основного корпуса 201 за счет конструкции 232), который соединяется с частью обслуживающего устройства 100 космического аппарата. В других вариантах осуществления, один или более вышеуказанных существующих признаков (например, соединительный механизм 226 и/или захватный механизм 228) или другой признак может использоваться для того, чтобы закреплять гондолу 102 на обслуживающем устройстве 100 космического аппарата.

Как пояснено выше, гондола 102 может быть выполнена с возможностью предоставлять изменение орбитальной скорости (например, удержание станции на орбите, перебазирование, EOL-утилизация) для космического аппарата 20 (фиг. 1А), например, с разделением от (например, без поддержания связи с) систем управления космического аппарата 20. Другими словами, гондола 102 непосредственно может изменять траекторию (например, орбиту) космического аппарата 20 при прикреплении к космическому аппарату 20, но без поддержания связи с системами управления космического аппарата 20. Изменение скорости может предоставляться из маневровых реактивных двигателей 202 (например, ионного маневрового реактивного двигателя, холловского маневрового реактивного двигателя, решетчатого ионного маневрового реактивного двигателя, маневрового реактивного двигателя на эффекте Холла либо любого другого подходящего типа электрического или химического маневрового реактивного двигателя, который формирует любой подходящий уровень осевой силы).

В некоторых вариантах осуществления, как пояснено выше, гондола 102 может функционировать, по меньшей мере, частично, в качестве дополнительного топливного бака (например, бака с ксеноном высокого давления, гидразином, гелием, тетроксидом азота (NTO), зеленым ракетным топливом, комбинациями вышеозначенного или с любым другим подходящим топливом), который соединяется с космическим аппаратом 20 (например, фиг. 1А) (например, с наружной частью космического аппарата 20). Например, гондола 102 может включать в себя один или более таких баков в силовой и движительной системе 210. В других вариантах осуществления, как пояснено ниже, гондола 102 может содержать только топливный бак наряду с ассоциированными компонентами, выполненными с возможностью прикрепляться и размещать бак, сообщающийся с космическим аппаратом 20.

В некоторых вариантах осуществления, гондола 102 может по существу содержать только систему вспомогательного бака и может не включать в себя большинство или все из вышеописанных компонентов. Такая гондола 102 с системой вспомогательного бака может включать в себя обслуживающий клапан, чтобы первоначально создавать повышенное давление в системе, механические опоры для оборудования и крепление к космическому аппарату, захватные выступающие блоки и/или пассивную терморегуляцию. В некоторых вариантах осуществления, раздвигающее устройство (например, роботизированная рука) может использоваться для того, чтобы размещать гондолу 102 вспомогательного бака в месте назначения, причем это место назначения может совместно конструироваться с возможностью размещать или не размещать бак. Целевой космический аппарат 20 для этой гондолы 102 с промежуточным баком либо может иметь совместно сконструированные интерфейсы для переноса газа и текучей среды, либо, когда в космическом аппарате 20 отсутствуют такие интерфейсы, гондола 102 вспомогательного бака может включать в себя интерфейс, выполненный с возможностью адаптироваться к варьирующимся размерам и конфигурациям патрубков на таком космическом аппарате 20.

Фиг. 4 является упрощенным схематичным видом гондолы 102, прикрепленной к космическому аппарату 20 в первой конфигурации 300 с первой ориентацией 301 вектора осевой силы и во второй конфигурации 302 со второй ориентацией 303 вектора осевой силы. Ссылаясь на фиг. 3 и 4, карданные подвесы 204, 205, 230 могут предоставлять
 5 выбранное число степеней свободы (например, две степени свободы, три степени свободы) для нацеливания вектора осевой силы через центр масс космического аппарата 20. Осевая сила может формироваться по команде (например, из удаленной наземной станции) и/или по расписанию (например, по заранее установленному расписанию и/или расписанию, активно передаваемому в гондолу 102) на основе начальной позиции
 10 космического аппарата 20 на орбите, и может уменьшать или даже исключать нагрузку по удержанию станции на орбите и разгрузке момента движения из движительной подсистемы космического аппарата 20. В некоторых вариантах осуществления, определенное число векторов осевой силы может передаваться в гондолу 102 через линию связи с гондолой 102 с любым требуемым расписанием.

Как показано в первой конфигурации 300 карданных подвесов 204, 205, 230 (например, три вращательных степени свободы), которые предоставляют первую ориентацию 301 вектора осевой силы, осевая сила может прикладываться в преимущественно южном направлении либо в антинормальном направлении относительно орбитального направления космического аппарата. Аналогично, как
 20 показано во второй конфигурации 302 карданных подвесов 204, 205, 230, которые предоставляют вторую ориентацию 303 вектора осевой силы, осевая сила может прикладываться в преимущественно северном направлении либо в нормальном направлении относительно орбитального направления космического аппарата. Как показано на фиг. 4, каждая конфигурация может включать в себя компонент вектора осевой силы в положительном или отрицательном направлении орбитальной скорости.
 25 Как показано на фиг. 5, вектор осевой силы в каждой конфигурации (например, на юг и на север) также имеет крупноразмерный компонент в радиальном орбитальном направлении космического аппарата. Небольшие варьирования в векторе маневрового реактивного двигателя и длительности включения двигателя по команде (например,
 30 из удаленной наземной станции) и/или по расписанию (например, по заранее установленному расписанию и/или расписанию, активно передаваемому в гондолу 102) используются для того, чтобы выполнять удержание станции на орбите космического аппарата 20, а также регулирования момента движения, как пояснено ниже. В некоторых вариантах осуществления, вектор осевой силы может применяться в различных
 35 местоположениях вокруг космического аппарата и в различные моменты времени на орбите, чтобы оптимизировать управление орбитальными элементами космического аппарата и управление моментом движения космического аппарата.

Эта дополнительная осевая сила из гондолы 102 может уменьшать темп расхода ракетного топлива из космического аппарата 20, например, на 90% или выше, вплоть
 40 до 100%, и в силу этого действует с возможностью продлевать срок эксплуатации для выполнения миссии космического аппарата 20.

При условии, что осевая сила, в общем, не может предоставляться для того, чтобы полностью исключать дрейф орбитальных элементов космического аппарата 20 в течение одного периода активации (т.е. включения двигателя), гондола 102 может
 45 вызывать небольшую направленную скорость на космическом аппарате 20 в одном или более орбитальных направлений (например, в радиальном орбитальном, в нормальном, в антинормальном, в плоскости орбиты) для каждого периода активации маневрового реактивного двигателя и через комбинацию нескольких периодов активации

с тем, чтобы достигать управления всеми орбитальными элементами космического аппарата 20. Например, расписание осевой силы гондолы 102 может быть запланировано для выбранных интервалов за один орбитальный оборот (например, для двух периодов времени в двенадцать часов за день) и для различных орбитальных оборотов за период в неделю, две недели, три недели, один месяц или дольше. Такое расписание может предоставлять спаренные включения маневрового реактивного двигателя и ассоциированные углы отклонения карданного подвеса, которые создают изменения скорости, которые управляют некоторыми или всеми орбитальными элементами и регулируют момент движения космического аппарата параллельно с изменениями скорости или отдельно от изменений скорости.

Фиг. 5 предоставляет другой упрощенный схематичный вид гондолы 102 (например, вращаемый 90 градусов относительно вида на фиг. 4), прикрепленной к космическому аппарату 20 в первой конфигурации 304 с первой ориентацией 305 вектора осевой силы и во второй конфигурации 306 со второй ориентацией 307 вектора осевой силы. Ссылаясь на фиг. 3 и 5, карданные подвесы 204, 205 могут предоставлять две степени свободы для нацеливания векторов 305, 307 осевой силы через центр масс 158 из космического аппарата 20. Как проиллюстрировано, расписание осевой силы гондолы 102 может быть запланировано два периода времени на двенадцати интервалах часа за день (или любой интервал, который предоставляет требуемый результат для целевого космического аппарата 20). Такое расписание может предоставлять спаренные включения 305, 307 маневрового реактивного двигателя, которые создают изменения скорости, которые могут компенсировать друг друга или использоваться для того, чтобы управлять эксцентриситетом орбиты космического корабля.

В некоторых вариантах осуществления, команда создания тяги и/или расписание могут разрабатываться и передаваться в гондолу 102, чтобы предоставлять требуемую орбиту, позицию и/или скорость космического аппарата 20, по меньшей мере, частично на основе характеристик космического аппарата 20.

В некоторых вариантах осуществления, соединительная часть 310 гондолы 102 (например, включающая в себя стыковочный механизм, такой как раздвижной стыковочный механизм 160, поясненный выше), может включать в себя подвижное (например, вращающееся) колено. Например, вращающаяся соединительная часть 310 может закреплять гондолу 102 на целевом космическом аппарате 20 (например, посредством прижатия части двигателя 314 целевого космического аппарата) при обеспечении возможности гондоле 102 вращаться относительно целевого космического аппарата 20. Такая конфигурация может обеспечивать степень свободы мачты 312 стрелы маневровых реактивных двигателей (например, исключая необходимость в отдельном подвижном колене, таком как третий карданный подвес 230 (фиг. 3)) и исключая необходимость в двух или более узлов карданных подвесов маневрового реактивного двигателя.

Фиг. 6 является упрощенным схематичным видом устройства для дополнительной подачи обслуживающей системы космического аппарата (например, устройства 30 для дополнительной подачи обслуживающей системы 10 космического аппарата (фиг. 1А)). Как показано на фиг. 6, устройство 30 для дополнительной подачи может включать в себя определенное число гондол 102, прикрепленных и/или содержащихся в конструкции 400 (например, ESPA-кольце). В некоторых вариантах осуществления, каждая гондола 102 может включать в себя соответствующий крепежный механизм 401 для соединения с конструкцией 400. Конструкция 400 может включать в себя определенное число соединений. Например, первое и второе соединение 402, 404 для соединения с одним

из полезной нагрузки ракеты-носителя и/или самой ракеты-носителя. Конструкция 400 может включать в себя шину 406, содержащую одну или более систем космического аппарата для управления, мониторинга, снабжения мощностью и т.д. устройства 30 для дополнительной подачи. Конструкция 400 может включать в себя захватный признак 408, выполненный с возможностью соединения с другой частью системы 10 (фиг. 1А) (например, с обслуживающим устройством 100 космического аппарата (фиг. 2А)). Например, захватный признак 408 может содержать конструкцию, с которой может соединяться роботизированная рука 122 обслуживающего устройства 100 космического аппарата (см. фиг. 2А). В некоторых вариантах осуществления, конструкция устройства 30 для дополнительной подачи может включать в себя моделированные признаки (например, конструкции аналогичной формы и/или конфигурации) разъемного кольца и/или двигателя космического аппарата, так что обслуживающее устройство 100 космического аппарата может состыковываться с ним.

Фиг. 7-10 иллюстрируют различные варианты осуществления обслуживающих устройств космического аппарата, включающих в себя определенное число гондол, соединенных с обслуживающим устройством космического аппарата согласно одному или более вариантов осуществления настоящего изобретения. Как показано на фиг. 7, обслуживающее устройство 500 космического аппарата может задаваться посредством одной или более кольцевых конструкций 502 (например, двух ESPA-колец, аксиально уложенных поверх друг друга). Гондолы 102 могут соединяться (например, вокруг в батарее, по меньшей мере, из двух гондол 102) относительно кольцевых конструкций 502. Например, гондола 102 может соединяться с каждым портом, заданным вокруг кольцевых конструкций 502. Инструмент (например, роботизированная рука 506) может соединяться с одной из кольцевых конструкций 502 (например, с радиально проходящей поверхностью на одной стороне кольцевой конструкции 502).

Как показано на фиг. 8, обслуживающее устройство 500 космического аппарата может иметь отличающуюся конфигурацию гондол 102, соединенных относительно кольцевых конструкций 502. Например, гондолы 102 могут соединяться с каждым портом, заданным вокруг кольцевых конструкций 502. Второй ряд гондол 102 может соединяться с соответствующей гондолой 102, которая позиционируется около (например, рядом и/или соединяется) кольцевой конструкции 502. Другой набор гондол 102 может позиционироваться (например, соединяться) между наборами из двух гондол 102, выдвигающихся из кольцевой конструкции 502. В некоторых вариантах осуществления, выбранное значение зазора (например, в том числе отсутствие зазора) может предоставляться между гондолами 102. В некоторых вариантах осуществления, крайние внешние гондолы 102 могут быть выполнены с возможностью позиционироваться внутри, выдвигаться в/выдвигаться за пределы диаметра части ракеты-носителя (например, для придания плавности полезной нагрузке).

Как показано на фиг. 9, обслуживающее устройство 500 космического аппарата может иметь отличающуюся конфигурацию гондол 102, соединенных относительно кольцевых конструкций 502. Например, гондолы 102 могут соединяться, но разноситься от каждого порта, заданного вокруг кольцевых конструкций 502. Второй ряд гондол 102 может позиционироваться рядом (например, соединяться) с соответствующей гондолой 102, которая позиционируется рядом с кольцевой конструкцией 502. Другой набор гондол 102 может позиционироваться (например, соединяться) между наборами из двух гондол 102, выдвигающихся из кольцевой конструкции 502.

Как показано на фиг. 10, обслуживающее устройство 500 космического аппарата может иметь отличающуюся конфигурацию гондол 102, соединенных относительно

кольцевых конструкций 502. Например, выбранное количество гондол 102 (например, три гондолы 102) могут соединяться с каждым портом, заданным вокруг кольцевых конструкций 502. Второй ряд гондол 102 может позиционироваться рядом (например, соединяться) с соответствующей гондолой 102, которая позиционируется около кольцевой конструкции 502. Другой набор гондол 102 может позиционироваться (например, соединяться) по обе стороны от каждой соответствующей гондолы 102, которая позиционируется около кольцевой конструкции 502.

Дополнительные неограничивающие варианты осуществления изобретения включают в себя:

Вариант 1 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата, содержащая: обслуживающее устройство космического аппарата; и, по меньшей мере, одну гондолу, содержащую, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата, причем, по меньшей мере, одна гондолой переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический аппарат с использованием тяги обслуживающей системы космического аппарата, чтобы обслуживать целевой космический аппарат, по меньшей мере, с помощью одного обслуживающего компонента космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы, и при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью оставаться, по меньшей мере, в частичном контакте, по меньшей мере, с одной гондолой до тех пор, пока, по меньшей мере, одна гондолой не закрепляется на целевом космическом аппарате.

Вариант 2 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по варианту 1 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический аппарат только с использованием тяги обслуживающей системы космического аппарата.

Вариант 3 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по вариантам 1 или 2 осуществления, в которой, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы содержит узел маневровых реактивных двигателей, выполненный с возможностью изменять, по меньшей мере, одно из орбиты или скорости целевого космического аппарата.

Вариант 4 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-3 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата содержит движительную систему, выполненную с возможностью перемещать обслуживающее устройство космического аппарата в шести осях перемещения.

Вариант 5 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-4 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата содержит, по меньшей мере, один датчик, выполненный с возможностью обнаруживать характеристику части целевого космического аппарата.

Вариант 6 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-5 осуществления, в которой, по меньшей мере, один датчик выполнен с возможностью обнаруживать характеристику, связанную со стыковочной конструкцией целевого космического аппарата.

Вариант 7 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-6 осуществления, в которой, по меньшей мере, один датчик

выполнен с возможностью упрощать, по меньшей мере, одну из операций сближения или операций приближения относительно целевого космического аппарата, чтобы выполнять, по меньшей мере, одну операцию из развертывания, установки или вынимания, по меньшей мере, одной гондолы.

5 Вариант 8 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-7 осуществления, в которой, по меньшей мере, одна гондола содержит множество гондол.

10 Вариант 9 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-8 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью хранить и развертывать множество гондол, причем каждая из них предназначена для одного из множества целевых космических аппаратов.

15 Вариант 10 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-9 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата содержит, по меньшей мере, один подвижный механизм, выполненный с возможностью развертывать множество гондол на целевом космическом аппарате.

20 Вариант 11 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-10 осуществления, в которой, по меньшей мере, один подвижный механизм содержит роботизированную руку, выполненную с возможностью развертывать множество гондол на целевом космическом аппарате.

25 Вариант 12 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-11 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью извлекать и/или дозаправлять топливом, по меньшей мере, одну гондолу из целевого космического аппарата.

Вариант 13 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-12 осуществления, дополнительно содержащая устройство для дополнительной подачи, выполненное с возможностью подавать, по меньшей мере, другую гондолу в обслуживающее устройство космического аппарата.

30 Вариант 14 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 1-13 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью позиционировать, по меньшей мере, одну гондолу в позиции рядом с целевым космическим аппаратом, и при этом, по меньшей мере, одна гондола содержит соединительный механизм, выполненный с
35 возможностью зацепляться с целевым космическим аппаратом в позиции рядом с целевым космическим аппаратом, чтобы закреплять, по меньшей мере, одну гондолу на целевом космическом аппарате.

Вариант 15 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата, содержащая: обслуживающее устройство космического аппарата; и, по меньшей мере,
40 одну гондолу, содержащую, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата, причем, по меньшей мере, одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью
45 перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический аппарат, чтобы обслуживать целевой космический аппарат, по меньшей мере, с помощью одного обслуживающего компонента космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы.

Вариант 16 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по варианту 15 осуществления, при этом обслуживающая система космического аппарата

выполнена с возможностью перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический аппарат только с использованием тяги обслуживающей системы космического аппарата.

5 Вариант 17 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по вариантам 15 или 16 осуществления, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью позиционировать, по меньшей мере, одну гондолу в позиции рядом с целевым космическим аппаратом, и при этом, по меньшей мере, одна гондола содержит соединительный механизм, выполненный с возможностью зацепляться с целевым космическим аппаратом в позиции рядом с целевым космическим аппаратом, 10 чтобы закреплять, по меньшей мере, одну гондолу на целевом космическом аппарате.

Вариант 18 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 15-17 осуществления, в которой, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата выполнен с возможностью выполнять, по меньшей мере, одно из удержания станции на орбите, подъема орбиты, 15 балансировки момента движения, управления ориентацией, перебазирования, ухода с орбиты, дозаправки топливом, замены компонентов, добавления или ремонта компонентов для целевого космического аппарата.

Вариант 19 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата, содержащая: обслуживающее устройство космического аппарата, содержащее, по 20 меньшей мере, один датчик; и, по меньшей мере, одну гондолу, содержащую, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата, причем, по меньшей мере, одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью перебрасывать, по меньшей мере, одну гондолу в целевой космический 25 аппарат, чтобы обслуживать целевой космический аппарат, по меньшей мере, с помощью одного обслуживающего компонента космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы, и при этом, по меньшей мере, один датчик выполнен с возможностью обнаруживать характеристику части целевого космического аппарата, связанную с переброской, по меньшей мере, одной гондолы в целевой космический аппарат.

30 Вариант 20 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по варианту 19 осуществления, в которой, по меньшей мере, один датчик выполнен с возможностью обнаруживать характеристику, связанную со стыковочной конструкцией целевого космического аппарата.

Вариант 21 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по 35 любому из вариантов 19 или 20 осуществления, в которой, по меньшей мере, один датчик выполнен с возможностью упрощать, по меньшей мере, одну из операций сближения или операций приближения относительно целевого космического аппарата, чтобы выполнять, по меньшей мере, одну операцию из развертывания, установки или вынимания, по меньшей мере, одной гондолы.

40 Вариант 22 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата по любому из вариантов 19-21 осуществления, дополнительно содержащая движительную систему, выполненную с возможностью перемещать обслуживающее устройство космического аппарата в шести осях перемещения.

Вариант 23 осуществления: Обслуживающая система космического аппарата, 45 содержащая обслуживающее устройство космического аппарата и множество гондол, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью выполнять, по меньшей мере, две из установки, повторного наполнения, дозаправки топливом, отсоединения, переустановки или многократного использования

множества гондол.

Вариант 24 осуществления: Способ обслуживания космического аппарата, при этом способ содержит: позиционирование обслуживающего устройства космического аппарата около космического аппарата; и переброску, по меньшей мере, одной гондолы из множества гондол, содержащих, по меньшей мере, один обслуживающий компонент космического аппарата, в космический аппарат, в то время как, по меньшей мере, одна гондола находится в контакте с обслуживающим устройством космического аппарата.

Вариант 25 осуществления: Способ по варианту 24 осуществления, дополнительно содержащий обслуживание космического аппарата, по меньшей мере, с помощью одного обслуживающего компонента космического аппарата, по меньшей мере, одной гондолы.

Вариант 26 осуществления: Способ по вариантам 24 или 25 осуществления, дополнительно содержащий подачу другого множества гондол в обслуживающее устройство космического аппарата с помощью космического аппарата для дополнительной подачи после того, как обслуживающее устройство космического аппарата перебрасывает выбранное количество из множества гондол в несколько космических аппаратов.

Варианты осуществления изобретения, описанные выше и проиллюстрированные на прилагаемых чертежах, не ограничивают объем изобретения, поскольку эти варианты осуществления представляют собой просто примеры вариантов осуществления изобретения, которое задается посредством прилагаемой формулы изобретения и ее допустимых эквивалентов. Все эквивалентные варианты осуществления имеют намерение находиться в пределах объема этого изобретения. Фактически, различные модификации настоящего изобретения, в дополнение к модификациям, показанным и описанным в данном документе, такие как альтернативные полезные комбинации описанных элементов, могут становиться очевидными для специалистов в данной области техники из описания. Такие модификации и варианты осуществления также имеют намерение попадать в пределы объема прилагаемой формулы изобретения и ее допустимых эквивалентов.

(57) Формула изобретения

1. Обслуживающая система космического аппарата, содержащая:
обслуживающее устройство космического аппарата и
по меньшей мере одну гондолу, содержащую по меньшей мере один обслуживающий компонент космического аппарата, причем по меньшей мере одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью передачи по меньшей мере одной гондолы к целевому космическому аппарату с использованием тяги обслуживающей системы космического аппарата, чтобы обслуживать целевой космический аппарат с помощью по меньшей мере одного обслуживающего компонента космического аппарата по меньшей мере одной гондолы, причем обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью оставаться в по меньшей мере частичном физическом контакте с по меньшей мере одной гондолой до тех пор, пока по меньшей мере одна гондола не закрепится на целевом космическом аппарате, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью прекращения физического контакта с по меньшей мере одной гондолой после того, как по меньшей мере одна гондола закрепится на целевом космическом аппарате.

2. Обслуживающая система космического аппарата по п.1, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью передачи по меньшей мере одной гондолы к целевому космическому аппарату с использованием только тяги обслуживающей системы космического аппарата.

5 3. Обслуживающая система космического аппарата по п.1, в которой по меньшей мере один обслуживающий компонент космического аппарата по меньшей мере одной гондолы содержит узел маневровых реактивных двигателей, выполненный с возможностью изменения по меньшей мере одной из характеристик: орбиты или скорости целевого космического аппарата.

10 4. Обслуживающая система космического аппарата по п.1, в которой обслуживающее устройство космического аппарата содержит движительную систему, выполненную с возможностью перемещения обслуживающего устройства космического аппарата по шести степеням свободы.

15 5. Обслуживающая система космического аппарата по любому из пп.1-4, в которой обслуживающее устройство космического аппарата содержит по меньшей мере один датчик, выполненный с возможностью обнаружения характеристики части целевого космического аппарата.

20 6. Обслуживающая система космического аппарата по п.5, в которой по меньшей мере один датчик выполнен с возможностью обнаружения характеристики, связанной со стыковочной конструкцией целевого космического аппарата.

25 7. Обслуживающая система космического аппарата по п.5, в которой по меньшей мере один датчик выполнен для облегчения по меньшей мере одной из операций: сближения или операций вблизи целевого космического аппарата, чтобы выполнять по меньшей мере одну операцию из списка: развертывание, установка или удаление по меньшей мере одной гондолы.

8. Обслуживающая система космического аппарата по любому из пп.1-4, в которой по меньшей мере одна гондола содержит множество гондол.

30 9. Обслуживающая система космического аппарата по п.8, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью хранения и развертывания множества гондол, причем каждая гондола предназначена для одного из множества целевых космических аппаратов.

35 10. Обслуживающая система космического аппарата по любому из пп.1-4, в которой обслуживающее устройство космического аппарата содержит по меньшей мере один подвижный механизм, выполненный с возможностью развертывания по меньшей мере одной гондолы на целевом космическом аппарате.

11. Обслуживающая система космического аппарата по п.10, в которой по меньшей мере один подвижный механизм содержит роботизированную руку, выполненную с возможностью развертывания множества гондол на целевом космическом аппарате.

40 12. Обслуживающая система космического аппарата по любому из пп.1-4, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью извлечения и/или дозаправки топливом по меньшей мере одной гондолы из целевого космического аппарата.

45 13. Обслуживающая система космического аппарата по любому из пп.1-4, дополнительно содержащая устройство для дополнительной подачи, выполненное с возможностью подачи по меньшей мере другой гондолы в обслуживающее устройство космического аппарата.

14. Обслуживающая система космического аппарата по любому из пп.1-4, в которой обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью

позиционирования по меньшей мере одной гондолы в положении рядом с целевым космическим аппаратом, при этом по меньшей мере одна гондола содержит соединительный механизм, выполненный с возможностью зацепления с целевым космическим аппаратом в положении рядом с целевым космическим аппаратом, чтобы

5 закреплять по меньшей мере одну гондолу на целевом космическом аппарате.

15. Обслуживающая система космического аппарата по любому из пп. 1-4, в которой по меньшей мере один обслуживающий компонент космического аппарата выполнен с возможностью выполнения по меньшей мере одного действия: удержания станции на орбите, подъема орбиты, стабилизации кинетического момента, управления

10 ориентацией, перебазирования, схода с орбиты, дозаправки топливом, замены компонентов, добавления или ремонта компонентов для целевого космического аппарата.

16. Обслуживающая система космического аппарата, содержащая:

обслуживающее устройство космического аппарата, содержащее по меньшей мере

15 один датчик, и

по меньшей мере одну гондолу, содержащую по меньшей мере один обслуживающий компонент космического аппарата, причем по меньшей мере одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата, при этом

обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью

20 передачи по меньшей мере одной гондолы к целевому космическому аппарату, чтобы обслуживать целевой космический аппарат с помощью по меньшей мере одного обслуживающего компонента космического аппарата по меньшей мере одной гондолы, причем по меньшей мере один датчик выполнен с возможностью обнаружения характеристики части целевого космического аппарата, связанной с передачей по

25 меньшей мере одной гондолы к целевому космическому аппарату.

17. Способ обслуживания космического аппарата, при котором:

позиционируют обслуживающее устройство космического аппарата около космического аппарата,

передают по меньшей мере одну гондолу из множества гондол, содержащих по

30 меньшей мере один обслуживающий компонент космического аппарата, к космическому аппарату, в то время как по меньшей мере одна гондола находится в физическом контакте с обслуживающим устройством космического аппарата, и

прекращают физический контакт с по меньшей мере одной гондолой после того как по меньшей мере одна гондола закрепится на космическом аппарате.

35 18. Способ по п. 17, при котором дополнительно обслуживают космический аппарат с помощью по меньшей мере одного обслуживающего компонента космического аппарата по меньшей мере одной гондолы.

19. Способ по п. 17, при котором дополнительно подают другое множество гондол в обслуживающее устройство космического аппарата с помощью космического аппарата

40 для дополнительной подачи после того, как обслуживающее устройство космического аппарата передает выбранное количество из множества гондол в несколько космических аппаратов.

20. Обслуживающая система космического аппарата, содержащая:

обслуживающее устройство космического аппарата и

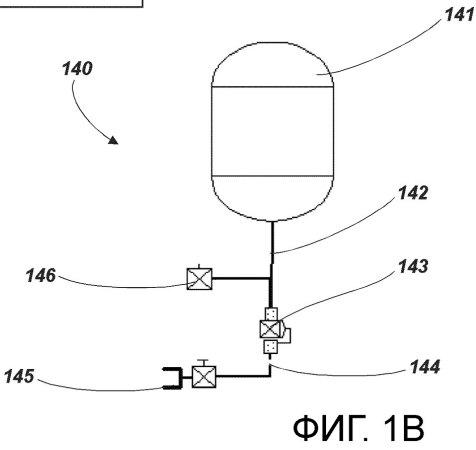
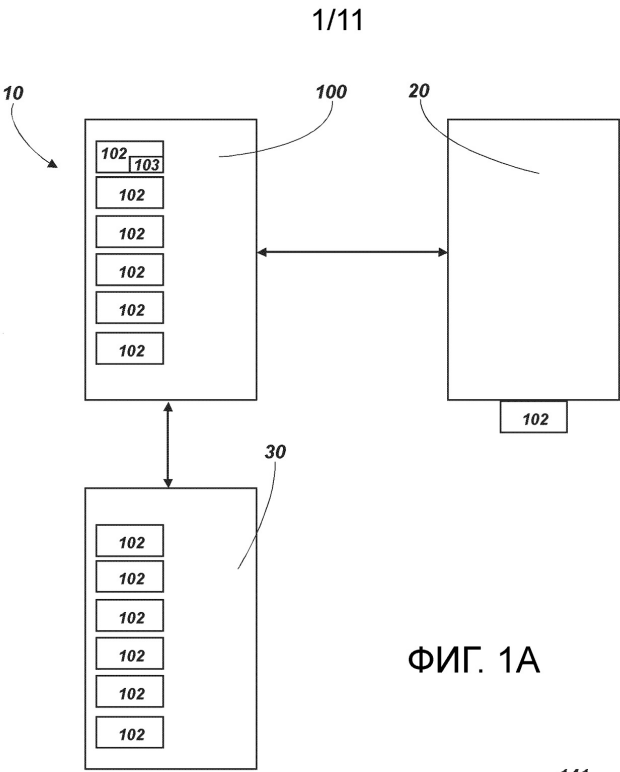
45 по меньшей мере одну гондолу, содержащую по меньшей мере один обслуживающий компонент космического аппарата, причем по меньшей мере одна гондола переносится посредством обслуживающего устройства космического аппарата, при этом обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью

передачи по меньшей мере одной гондолы к целевому космическому аппарату с использованием тяги обслуживающей системы космического аппарата, чтобы обслуживать целевой космический аппарат с помощью по меньшей мере одного обслуживающего компонента по меньшей мере одной гондолы для обслуживания целевого космического аппарата с помощью по меньшей мере одного обслуживающего компонента по меньшей мере одной гондолы космического аппарата, причем по меньшей мере одна гондола дополнительно содержит соединительный механизм для закрепления по меньшей мере одной гондолы на целевом космическом аппарате, причем соединительный механизм выполнен с возможностью такого взаимодействия с наружной частью целевого космического аппарата, что по меньшей мере одна гондола остается расположенной в местоположении снаружи целевого космического аппарата.

21. Обслуживающая система космического аппарата по п.20, выполненная с возможностью передачи по меньшей мере одной гондолы к целевому космическому аппарату с использованием только тяги обслуживающей системы космического аппарата.

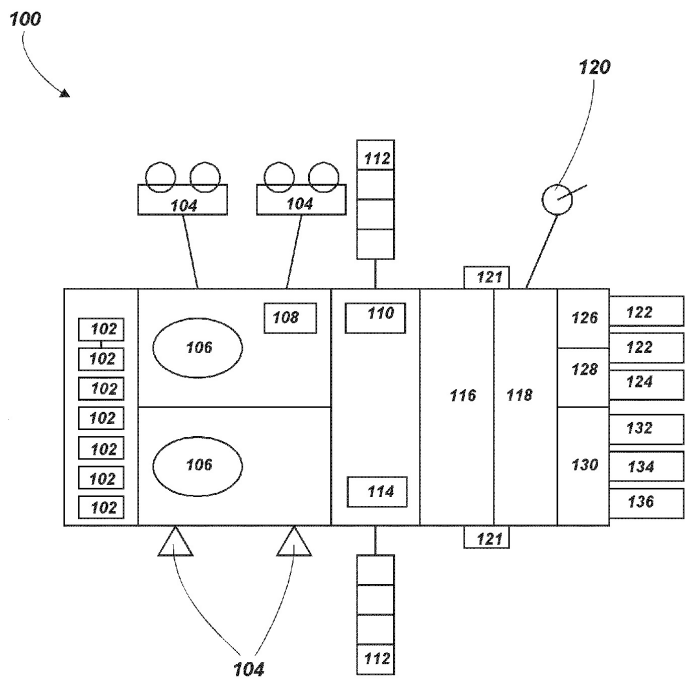
22. Обслуживающая система космического аппарата, содержащая обслуживающее устройство космического аппарата и множество гондол, причем обслуживающее устройство космического аппарата выполнено с возможностью установки по меньшей мере одной гондолы из множества гондол на участок двигательной установки целевого космического аппарата и дополнительно выполнено с возможностью выполнения по меньшей мере двух из следующих операций: отсоединения по меньшей мере одной гондолы из множества гондол от участка двигательной установки целевого космического аппарата, повторной установки по меньшей мере одной гондолы из множества гондол на участке двигательной установки целевого космического аппарата, повторной установки по меньшей мере одной гондолы из множества гондол на участке двигательной установки другого целевого космического аппарата или пополнения и повторного использования по меньшей мере одной гондолы из множества гондол.

1



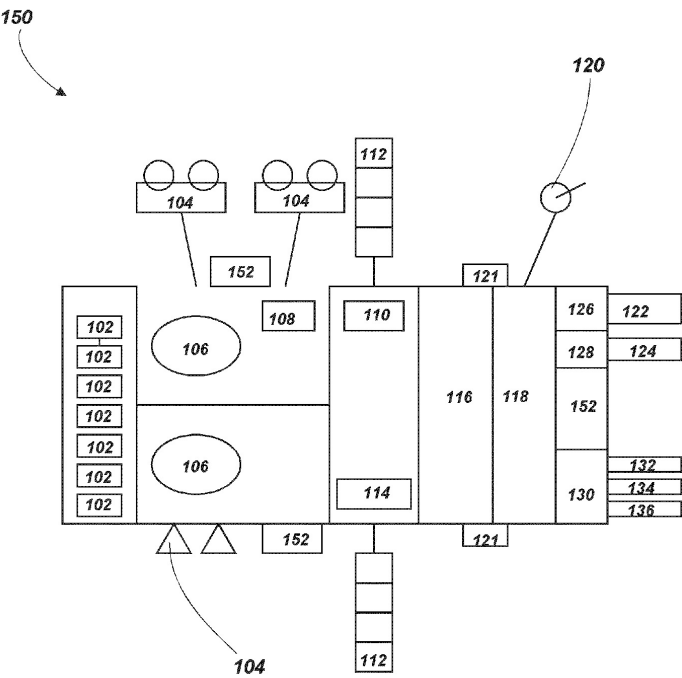
2

2/11



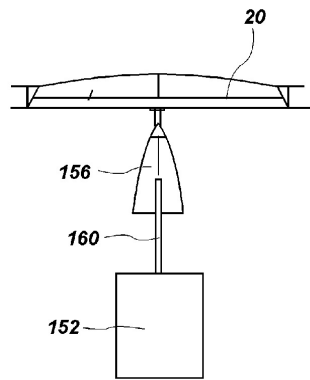
ФИГ. 2А

3/11

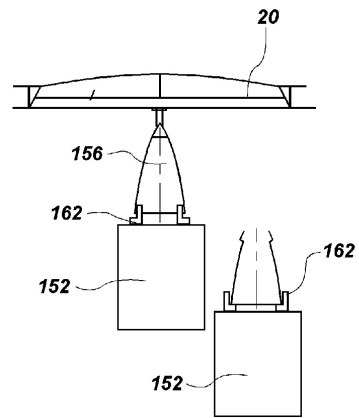


ФИГ. 2В

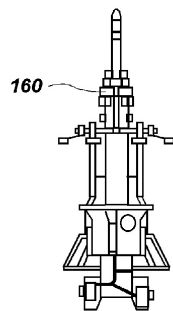
4/11



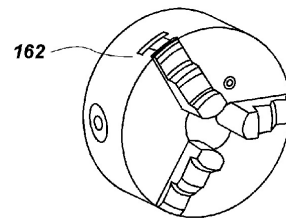
ФИГ. 2С



ФИГ. 2Е

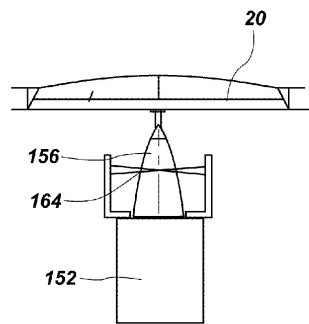


ФИГ. 2D

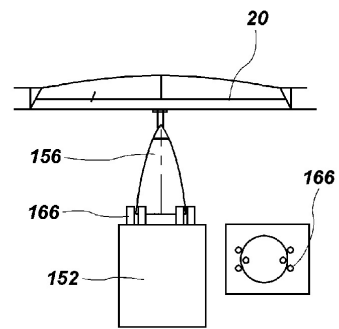


ФИГ. 2F

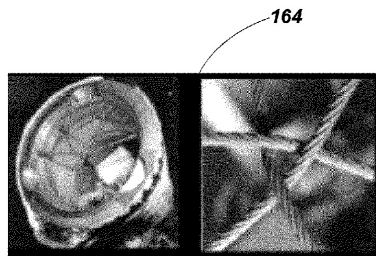
5/11



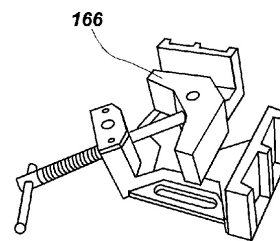
ФИГ. 2Г



ФИГ. 2И

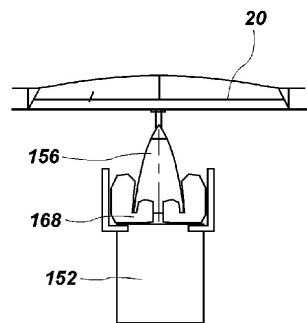


ФИГ. 2Н

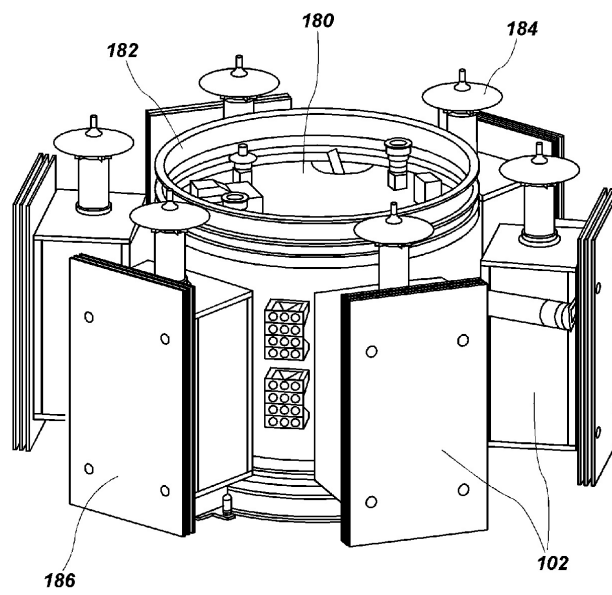


ФИГ. 2И

6/11

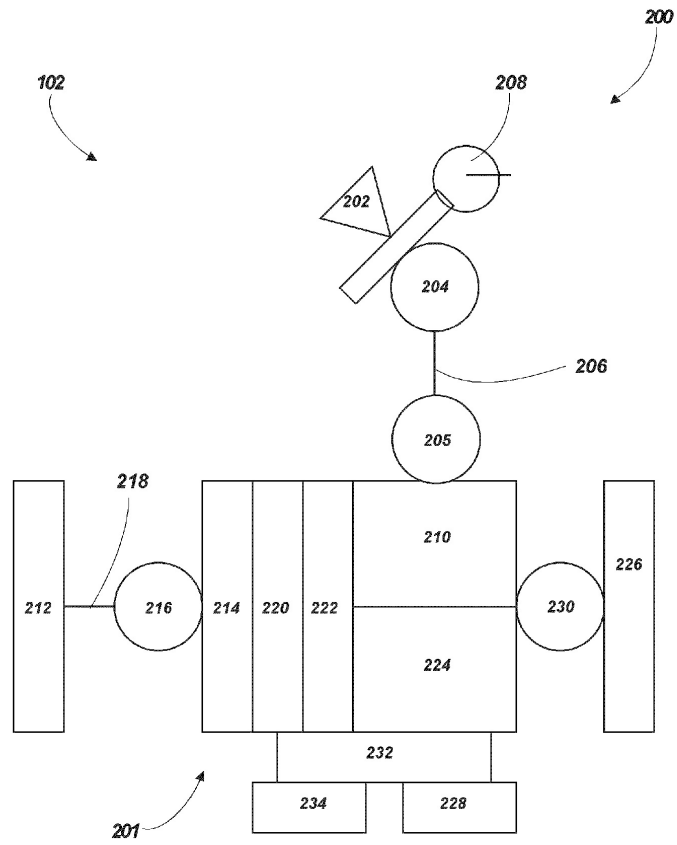


ФИГ. 2К



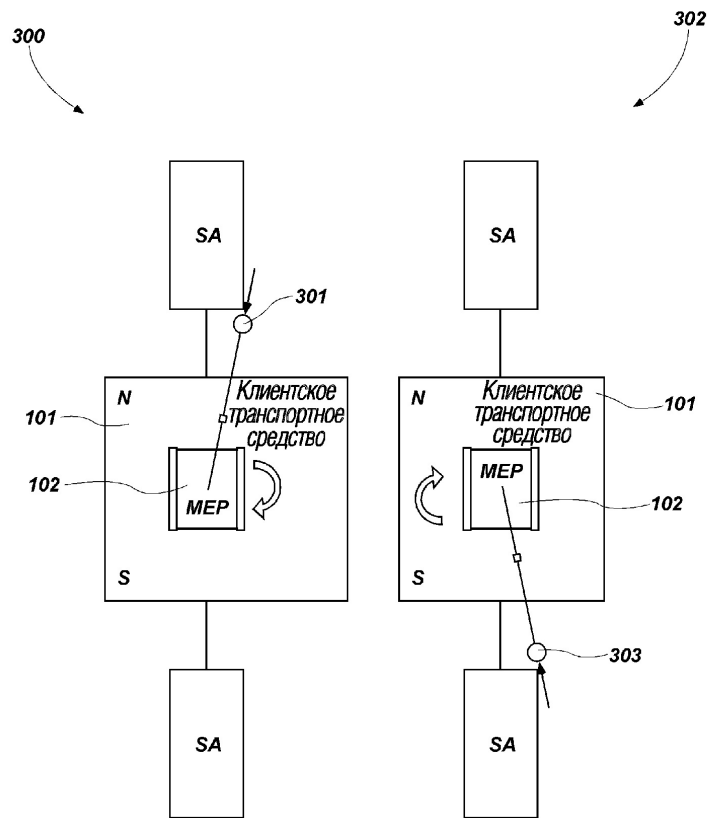
ФИГ. 2Л

7/11



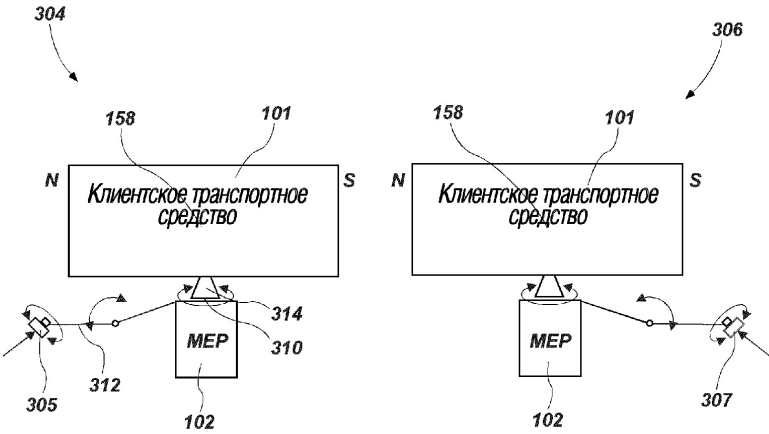
ФИГ. 3

8/11

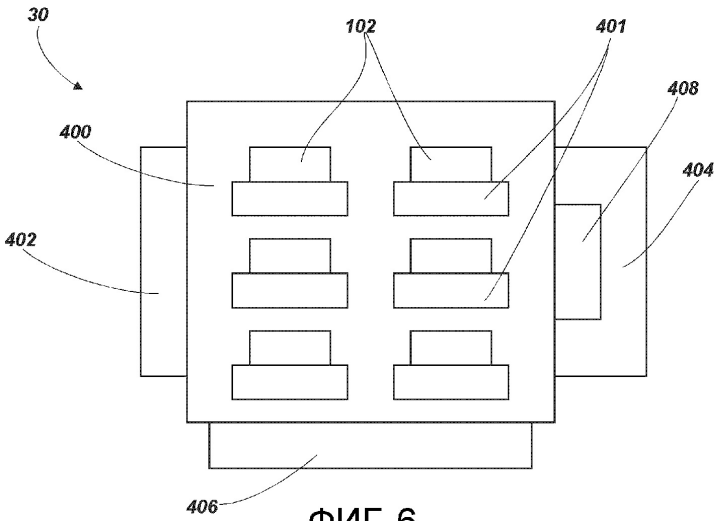


ФИГ. 4

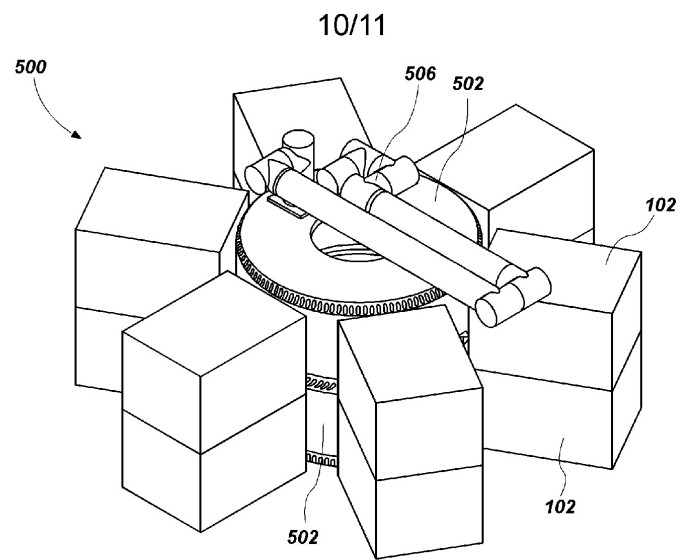
9/11



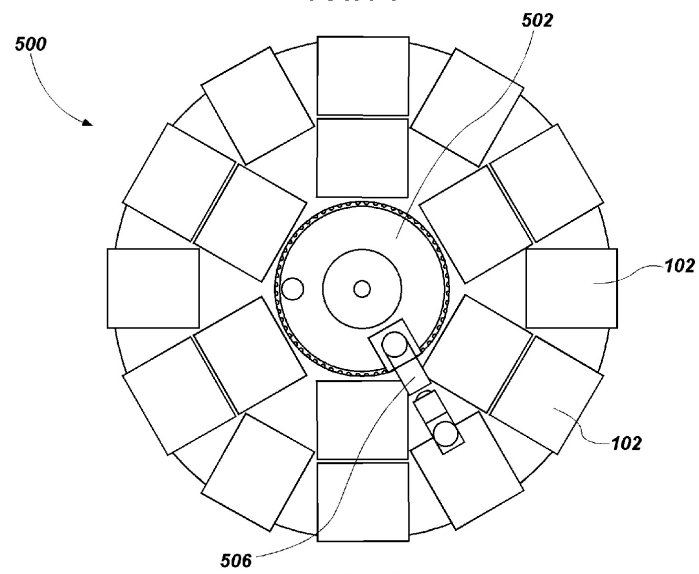
ФИГ. 5



ФИГ. 6

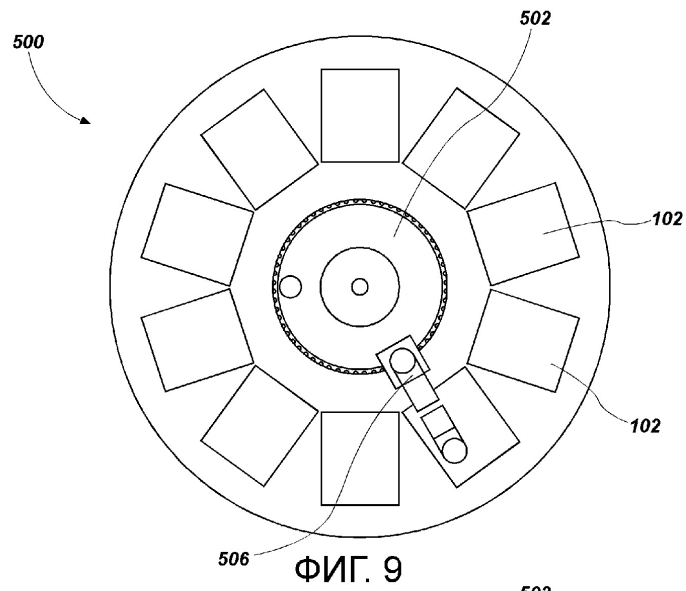


ФИГ. 7

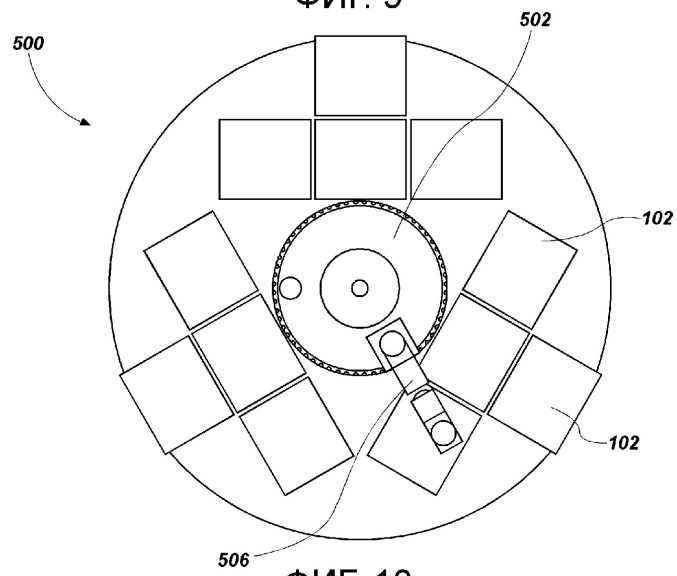


ФИГ. 8

11/11



ФИГ. 9



ФИГ. 10