

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **038029**(13) **B1**(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.06.24**

(51) Int. Cl. **B64G 1/00** (2006.01)  
**B64G 1/64** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201792011**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.10.10**

---

**(54) СИСТЕМЫ И СПОСОБЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ**

---

(31) **15/373,166**

(56) **US-A-5411226**  
**US-A-5860624**  
**RU-C1-2428358**  
**RU-C2-2574103**

(32) **2016.12.08**

(33) **US**

(43) **2018.09.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**ЗЕ БОИНГ КОМПАНИ (US)**

(72) Изобретатель:  
**Эстевес Мигель А., Флэтом**  
**Джейсон Д., Лемке Гари И., Накасоне**  
**Деннис Йоити, Волк Кристофер П.,**  
**Сильва Элвис Д. (US)**

(74) Представитель:  
**Нилова М.И. (RU)**

(57) В одном примере система выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя множество космических аппаратов, образующих стопу. Стопа имеет один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе. Система также включает в себя множество смещающих устройств между смежными слоями стопы и контроллер, выполненный с возможностью применительно к каждому слою (i) вызывать открепление слоя от стопы и (ii) после открепления слоя от стопы вызывать открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов в указанном слое друг от друга. Множество смещающих устройств выполнено с возможностью приложения смещающего усилия между смежными слоями, с тем чтобы способствовать отделению каждого слоя от стопы после открепления слоя от стопы, и применительно к каждому слою стопы по меньшей мере одно из множества смещающих устройств выполнено с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к слою по сравнению по меньшей мере с другим из множества смещающих устройств таким образом, что слой выполняет поворот при отделении слоя от стопы.

**B1****038029****038029****B1**

### **Область техники и уровень техники**

Настоящее изобретение относится в целом к системам космических аппаратов и соответствующим способам, а в частности - к системам и способам развертывания множества космических аппаратов из средства выведения. Если в настоящем документе не указано иное, материалы, описанные в этом разделе, не входят в уровень техники в отношении представленной формулы изобретения и не предполагаются считаться уровнем техники путем включения в этот раздел.

Для уменьшения затрат на запуск было разработано множество средств выведения, используемых для вывода полезной нагрузки в космическое пространство, с тем чтобы обеспечить одновременный вывод множества космических аппаратов, таких как, например, спутники. Согласно одному подходу средство выведения включает в себя специальную систему выпуска, которая служит отдельной опорой для каждого космического аппарата во время подъема, а затем по отдельности выпускает каждый космический аппарат на орбите. Один из недостатков такого подхода заключается в том, что система выпуска, как правило, является относительно громоздкой и тяжелой, что приводит к уменьшению используемой полезной нагрузки, которая может быть доставлена на орбиту средством выведения.

### **Сущность изобретения**

Раскрыты способ и система развертывания космических аппаратов из средства выведения. В одном примере система выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя множество космических аппаратов, образующих стопу. Стопа имеет один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата, и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе. Система выпуска космических аппаратов из средства выведения также включает в себя множество смещающих устройств между смежными слоями стопы, контроллер, выполненный с возможностью применительно к каждому слою (i) вызывать открепление слоя от стопы и (ii) после открепления слоя от стопы вызывать открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов в указанном слое друг от друга. Множество смещающих устройств выполнено с возможностью приложения смещающего усилия между смежными слоями, с тем чтобы способствовать отделению каждого слоя от стопы после открепления слоя от стопы, и применительно к каждому слою стопы по меньшей мере одно из множества смещающих устройств выполнено с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к слою по сравнению по меньшей мере с другим из множества смещающих устройств таким образом, что слой выполняет поворот при отделении слоя от стопы.

Еще в одном примере раскрыт способ развертывания множества космических аппаратов из средства выведения. Указанное множество космических аппаратов образуют стопу, имеющую один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе. Способ включает в себя (i) открепление слой за слоем указанных одного или более слоев от стопы, применительно к каждому слою, при откреплении слоя от стопы, отделение указанного слоя от стопы с использованием множества смещающих устройств, прикладывающих смещающее усилие между указанным слоем и стопой, выполнение применительно к каждому слою поворота этого слоя вокруг оси при отделении указанного слоя от стопы, причем указанное множество смещающих устройств выполнено с возможностью приложения первого смещающего усилия к первой части слоя и приложения второго смещающего усилия ко второй части слоя, причем первое смещающее усилие отличается от второго смещающего усилия, и (ii) применительно к каждому слою, после открепления слоя от стопы, открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов слоя друг от друга.

Еще в одном примере раскрыт некратковременный компьютерочитаемый носитель информации, имеющий сохраненные на нем программные инструкции, которые при исполнении их контроллером вызывают выполнение системой выпуска космических аппаратов из средства выведения совокупности действий. Система выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя множество космических аппаратов, образующих стопу, которая имеет один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе. Совокупность действий включает в себя (i) открепление слой за слоем указанных одного или более слоев от стопы и (ii) применительно к каждому слою, после открепления слоя от стопы, открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов слоя друг от друга.

Эти, а также другие аспекты, преимущества и альтернативы станут очевидными для специалистов в данной области техники после прочтения следующего подробного описания со ссылкой на сопроводительные чертежи, где это необходимо. Кроме того, следует понимать, что описание, представленное в разделе "Раскрытие сущности изобретения" и в других местах этого документа, предназначено для иллюстрации заявленного объекта изобретения в качестве примера, а не для ограничения.

### **Краткое описание чертежей**

Признаки иллюстративных примеров, обеспечивающие новизну по сравнению с уровнем техники, изложены в прилагаемой формуле изобретения. При этом иллюстративные примеры, а также предпочтительный режим использования, дополнительные цели и их описание будут лучше поняты со ссылкой на

последующее подробное описание иллюстративного примера раскрытия настоящего изобретения при рассмотрении вместе с сопровождающими чертежами, на которых:

- на фиг. 1 в упрощенном виде изображена схема ракеты согласно примеру;
- на фиг. 2 в упрощенном виде изображена блок-схема системы выпуска космических аппаратов из средства выведения согласно примеру;
- на фиг. 3 изображен перспективный вид системы выпуска космических аппаратов из средства выведения согласно примеру;
- на фиг. 4А изображен перспективный вид космического аппарата согласно примеру;
- на фиг. 4В изображен еще один перспективный вид космического аппарата, показанного на фиг. 4А;
- на фиг. 5 изображен перспективный вид адаптера согласно примеру;
- на фиг. 6А-6Н изображена система выпуска космических аппаратов из средства выведения, развертывающая космические аппараты, согласно примеру;
- на фиг. 7 изображена структурная схема примерного процесса развертывания космических аппаратов согласно примеру;
- на фиг. 8 изображена структурная схема примерного процесса развертывания космических аппаратов согласно примеру;
- на фиг. 9 изображена структурная схема примерного процесса развертывания космических аппаратов согласно примеру;
- на фиг. 10 изображена структурная схема примерного процесса развертывания космических аппаратов согласно примеру;
- на фиг. 11 изображена структурная схема примерного процесса развертывания космических аппаратов согласно примеру;
- на фиг. 12 изображена структурная схема примерного процесса развертывания космических аппаратов согласно примеру.

## **Осуществление изобретения**

### **I. Обзор**

Способы и системы согласно раскрытию настоящего изобретения обеспечивают создание систем космических аппаратов и соответствующих способов развертывания множества космических аппаратов из средства выведения. Космические аппараты могут представлять собой, например, спутники и/или межпланетные зонды. В качестве примера, средство выведения может быть ракетой для выведения полезной нагрузки с поверхности планеты в космическое пространство.

В рамках приведенных примеров система выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя множество космических аппаратов, размещенных с образованием стопы. Стопа имеет один или более слоев, и каждый слой имеет по меньшей мере два космических аппарата. Каждый из космических аппаратов в стопе соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами, которые могут находиться в одном и том же слое с этим космическим аппаратом, в соседнем слое непосредственно над этим космическим аппаратом и/или в соседнем слое непосредственно под этим космическим аппаратом.

Система выпуска космических аппаратов из средства выведения также может включать в себя адаптер, который соединяет стопу космических аппаратов со средством выведения. Адаптер может иметь первый конец, соединенный с возможностью раскрепления с самым нижним слоем стопы, и второй конец, выполненный с возможностью соединения с опорной поверхностью средства выведения. В некоторых примерах опорная поверхность средства выведения одного типа может отличаться от опорной поверхности средства выведения другого типа. Для приспособления системы выпуска космических аппаратов из средства выведения к самым разным средствам выведения может быть использован набор адаптеров, имеющий множество конфигураций второго конца, которые должным образом соответствуют опорным поверхностям средств выведения отличающихся типов. По существу, систему выпуска космических аппаратов из средства выведения можно просто использовать с самыми разными средствами выведения различных типов посредством выбора из набора адаптеров адаптера, соответствующего конкретному типу средства выведения, подлежащего использованию с конкретной системой для запуска.

Система выпуска космических аппаратов из средства выведения может включать в себя множество раскрепляемых крепежных элементов, которые соединяют с возможностью раскрепления космические аппараты с соседними космическими аппаратами и/или адаптером. В целом, каждый раскрепляемый крепежный элемент выполнен с возможностью приведения его в действие для обеспечения механического открепления соответствующих компонентов, соединенных с одним другим раскрепляемым крепежным элементом. Например, каждый раскрепляемый крепежный элемент выполнен с возможностью соединения соответствующих компонентов системы выпуска космических аппаратов из средства выведения друг с другом в первом состоянии раскрепляемого крепежного элемента и открепления указанных соответствующих компонентов друг от друга во втором состоянии раскрепляемого крепежного элемента. Каждый раскрепляемый крепежный элемент выполнен с возможностью выборочного приведения его в действие для перехода между первым состоянием и вторым состоянием по приему сигнала от контроллера.

Согласно одному аспекту контроллер может передавать сигналы на раскрепляемые крепежные эле-

менты и таким образом вызывать открепление слоев космических аппаратов от стопы слой за слоем. Применительно к каждому слою после открепления слоя от стопы контроллер может передавать дополнительные сигналы для вызова открепления космических аппаратов в указанном слое друг от друга. В одном из примеров контроллер вызывает открепление слоев от стопы слой за слоем в порядке от самого верхнего слоя стопы к самому нижнему слою стопы. Еще в одном примере при обнаружении неисправности контроллер может вызывать открепление стопы от адаптера, а затем вызывать открепление слоев слой за слоем в порядке от самого нижнего слоя к самому верхнему слою. Под выражением "самый верхний слой" подразумевается слой в стопе, находящийся дальше всех от средства выведения. Под выражением "самый нижний слой" подразумевается слой в стопе, находящийся ближе всех к средству выведения.

Система выпуска космических аппаратов из средства выведения также может включать в себя множество смещающих устройств, которые могут способствовать отделению слоев от стопы и/или космических аппаратов друг от друга при откреплении контроллером слоев от стопы и/или космических аппаратов друг от друга. Опасность столкновений космических аппаратов может быть уменьшена или сведена к минимуму посредством приложения смещающих сил, с тем чтобы способствовать отделению слоев и/или космических аппаратов друг от друга. Кроме того, использование смещающих устройств для приложения смещающих сил может обеспечить пассивное отделение космических аппаратов, что может способствовать экономии двигателями малой тяги топлива, которое может быть использовано для других целей во время работы космических аппаратов (например, для сохранения космическими аппаратами назначенной орбитальной позиции).

В одном примере смещающие устройства выполнены с возможностью вызывать поворот каждого слоя при отделении слоя от стопы. Например, применительно к каждому слою стопы, по меньшей мере одно из смещающих устройств выполнено с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к слою по сравнению по меньшей мере с другим из смещающих устройств, с тем чтобы вызывать поворот слоя при отделении слоя от стопы. В одном из вариантов осуществления слой выполнен с возможностью поворота вокруг оси, перпендикулярной направлению на Солнце. Посредством поворота слоя вокруг оси, перпендикулярной направлению на Солнце, космические аппараты слоя могут быть более равномерно открыты Солнцу во время каждого поворота. Это может способствовать стабильной конфигурации космических аппаратов с точки зрения тепла и обеспечения питания в указанном слое во время отделения от стопы.

Система выпуска космических аппаратов из средства выведения согласно раскрытию настоящего изобретения обеспечивает ряд преимуществ по сравнению обычными системами выпуска космических аппаратов. Например, поскольку космические аппараты соединены с возможностью раскрепления друг с другом с образованием стопы, систему выпуска космических аппаратов из средства выведения можно создать без использования громоздких и тяжелых конструкций обычных систем выпуска. По существу, система выпуска космических аппаратов из средства выведения согласно раскрытию настоящего изобретения в течение одного запуска обеспечивает возможность развертывания космических аппаратов в большем количестве, больших размеров и/или имеющих большую массу, чем обычные системы выпуска для данного средства выведения.

## II. Примеры систем

На фиг. 1 изображена ракета 110, включающая в себя систему 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения, согласно примеру раскрытия настоящего изобретения. Как показано на фиг. 1, ракета 110 включает в себя обтекатель 114, соединенный со средством 116 выведения. Средство 116 выведения обеспечивает использование ракетного двигателя для продвижения ракеты 110 во время запуска и/или полета. Например, средство 116 выведения может включать в себя один или более внутренних топливных отсеков, содержащих ракетное топливо (т.е. горючее), камеры сгорания и/или сопла 118 ракетного двигателя. В камере сгорания может происходить сжигание ракетного топлива с получением горячего газа высокого давления, который выпускает из средства 116 выведения сопло 118 ракетного двигателя. Сопло 118 ракетного двигателя может ускорять газ, получаемый из камеры сгорания, с тем чтобы способствовать преобразованию тепловой энергии газа в кинетическую энергию средства 116 выведения. В рамках приведенных примеров средство 116 выведения может включать в себя одну ступень двигателя или множество ступеней двигателя, которые последовательно отделяются и включаются.

Обтекатель 114 соединен со средством 116 выведения и охватывает систему 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения для защиты системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения от аэродинамических сил во время полета через атмосферу. Обтекатель 114 затем может быть отделен от средства 116 выведения после того, как величина аэродинамических сил становится меньше определенного значения и/или средство 116 выведения достигает определенного местоположения. Благодаря отделению обтекателя 114 от средства 116 выведения обеспечивается возможность открытия системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения воздействию внешней среды такой как, например, космическое пространство. После этого система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения может развернуть на орбите множество космических аппаратов таких как, например, спутники и/или межпланетные зонды, как описано ниже.

На фиг. 2 в упрощенном виде изображена схема системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения согласно примеру раскрытия настоящего изобретения. Как показано на фиг. 2, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя множество космических аппаратов 120А-120F, размещенных с образованием стопы 122, которая имеет множество слоев 124А-124С по меньшей мере с двумя космическими аппаратами 120А-120F на один слой 124А-124С. В частности, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя первый слой 124А, содержащий первый космический аппарат 120А и второй космический аппарат 120В, второй слой 124В, содержащий третий космический аппарат 120С и четвертый космический аппарат 120D, и третий слой 124С, содержащий пятый космический аппарат 120Е и шестой космический аппарат 120F. Первый слой 124А является самым верхним слоем стопы 122, а третий слой 124С является самым нижним слоем стопы 122. Как показано на фиг. 2, третий слой 124С соединен с возможностью раскрепления с первым концом 128 адаптера 126. Второй конец 130 адаптера 126 выполнен с возможностью соединения со средством 116 выведения.

Хотя система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя три слоя 124А-124С в примере, изображенном на фиг. 2, в другом примере система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения может включать в себя большее количество слоев 124А-124С или меньшее количество слоев 124А-124С. Следовательно, количество слоев 124А-124С может составлять более трех или не более одного (например, слоя 124С) таким образом, что открепление от адаптера 126 может быть выполнено так, как описано и показано в настоящем документе. Схожим образом, хотя система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя два космических аппарата 120А-120F на один слой 124А-124С в примере, изображенном на фиг. 2, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения может включать в себя более двух космических аппаратов 120А-120F на один слой 124А-124С в другом примере. В рамках приведенных примеров система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения может включать в себя четное или нечетное количество космических аппаратов 120А-120F на один слой 124А-124С.

Кроме того, хотя в каждом слое 124А-124С показано множество космических аппаратов 120А-120F, необязательно, чтобы каждый космический аппарат 120А-120F был таким же или был размещен симметрично с другими космическими аппаратами 120А-120F в одном и том же слое 124А-124С. Наоборот, в некоторых примерах необходимо только, чтобы космические аппараты 120А-120F, собранные вместе в конкретном слое 124А-124С, имели по существу одинаковую высоту и помещались в пределах контуров обтекателя 114 для обеспечения стабильности каждого слоя 124А-124С. Таким образом, космические аппараты 120А-120F отличающихся размеров и объемов могут быть сгруппированы вместе в слое 124А-124С, имеющем одинаковую высоту. Кроме того, таким образом, множество космических аппаратов 120А-120F могут быть размещены с образованием стопы 122, причем стопа 122 имеет один или более слоев 124А-124С и каждый слой 124А-124С включает в себя по меньшей мере два космических аппарата 120А-120F. Каждый космический аппарат 120А-120F в слое 124А-124С может быть соединен с возможностью раскрепления вертикально, а также горизонтально с одним или более соседними космическими аппаратами 120А-120F в стопе 122 в слое 124А-124С. Выражения "вертикально" и "горизонтально" относятся к относительным терминам и не предназначены для передачи абсолютной ориентации.

Кроме того, в рамках приведенных примеров, количество слоев 124А-124С и/или количество космических аппаратов 120А-120F на один слой 124А-124С может быть определено на основании по меньшей мере одного фактора, выбранного из группы факторов, включая тип средства 116 выведения, используемого для транспортировки системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения, тип космических аппаратов 120А-120F, подлежащих развертыванию, общий размер группировки космических аппаратов, количество космических аппаратов на плоскость орбиты и/или высоту, расчетный срок службы и план пополнения группировки космических аппаратов, требования к оценке столкновений при пуске (collision on launch assessment, COLA), фазирование орбит и/или взаимную связь группировки космических аппаратов, конечную высоту орбит космических аппаратов 120А-120F, массу каждого отдельного космического аппарата 120А-120F и/или возможности выбранного средства 116 выведения.

Каждый космический аппарат 120А-120F соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами 120А-120F в стопе 122 и/или адаптером 126. Например, как показано на фиг. 2, первый космический аппарат 120А соединен с возможностью раскрепления со вторым космическим аппаратом 120В и третьим космическим аппаратом 120С. Второй космический аппарат 120В соединен с возможностью раскрепления с первым космическим аппаратом 120А и четвертым космическим аппаратом 120D. Третий космический аппарат 120С соединен с возможностью раскрепления с первым космическим аппаратом 120А, четвертым космическим аппаратом 120D и пятым космическим аппаратом 120Е. Четвертый космический аппарат 120D соединен с возможностью раскрепления со вторым космическим аппаратом 120В, третьим космическим аппаратом 120С и шестым космическим аппаратом 120F. Пятый космический аппарат 120Е соединен с возможностью раскрепления с третьим космическим аппаратом 120С, шестым космическим аппаратом 120F и адаптером 126. Шестой космический аппарат 120F соединен с возможностью раскрепления с четвертым космическим аппаратом 120D,

пятым космическим аппаратом 120Е и адаптером 126.

Для раскрепляемого соединения космических аппаратов 120А-120F друг с другом и/или адаптером 126, как описано выше, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя множество раскрепляемых крепежных элементов 134А-134I. В целом, каждый раскрепляемый крепежный элемент 134А-134I выполнен с возможностью приведения его в действие для обеспечения механического открепления соответствующих компонентов (т.е. космических аппаратов 120А-120I и/или адаптера 126), соединенных с одним другим раскрепляемым крепежным элементом 134А-134I. Например, каждый раскрепляемый крепежный элемент 134А-134I выполнен с возможностью соединения соответствующих компонентов системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения друг с другом в первом состоянии и открепления указанных соответствующих компонентов друг от друга во втором состоянии. Раскрепляемый крепежный элемент 134А-134I выполнен с возможностью выборочного приведения его в действие для перехода между первым состоянием и вторым состоянием по приему сигнала от контроллера 136 (например, посредством проводной и/или беспроводной связи).

Контроллер 136 может быть реализован с использованием аппаратных средств, программного обеспечения и/или прошивки. Например, контроллер 136 может включать в себя один или более процессоров и некратковременный компьютерочитаемый носитель информации (например, энергозависимую и/или энергонезависимую память), на котором сохранены инструкции на машинном языке или другие инструкции, подлежащие исполнению. Эти инструкции при исполнении их указанными одним или более процессорами могут побуждать контроллер 136 выполнять различные операции системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения, описанной в настоящем документе. В рамках приведенных примеров контроллер 136 может находиться на ракете 110 и/или на наземной станции управления.

Как показано на фиг. 2, указанное множество раскрепляемых крепежных элементов 134А-134I включают в себя один или более первых раскрепляемых крепежных элементов 134А, которые соединяют с возможностью раскрепления первый космический аппарат 120А и второй космический аппарат 120В, один или более вторых раскрепляемых крепежных элементов 134В, которые соединяют с возможностью раскрепления первый космический аппарат 120А и третий космический аппарат 120С, один или более третьих раскрепляемых крепежных элементов 134С, которые соединяют с возможностью раскрепления второй космический аппарат 120В и четвертый космический аппарат 120D, один или более четвертых раскрепляемых крепежных элементов 134D, которые соединяют с возможностью раскрепления третий космический аппарат 120С и четвертый космический аппарат 120D, один или более пятых раскрепляемых крепежных элементов 134Е, которые соединяют с возможностью раскрепления третий космический аппарат 120С и пятый космический аппарат 120Е, один или более шестых раскрепляемых крепежных элементов 134F, которые соединяют с возможностью раскрепления четвертый космический аппарат 120D и шестой космический аппарат 120F, один или более седьмых раскрепляемых крепежных элементов 134G, которые соединяют с возможностью раскрепления пятый космический аппарат 120Е и шестой космический аппарат 120F, один или более восьмых раскрепляемых крепежных элементов 134H, которые соединяют с возможностью раскрепления пятый космический аппарат 120Е и адаптер 126, и один или более девятых раскрепляемых крепежных элементов 134I, которые соединяют с возможностью раскрепления шестой космический аппарат 120F и адаптер 126.

В качестве одних примеров, раскрепляемые крепежные элементы 134А-134I могут включать в себя ленты для хомутов типа Марман, муфты отделения, хрупкие муфты, разделительные болты, устройства для перерезания болтов, устройства для перерезания проволоки, устройства для перерезания кабелей, устройства с раздельной катушкой (например, плавкие провода и/или провода из сплава с памятью формы), муфты с электромагнитным управлением, штыревые толкатели и/или механизмы отвода фиксаторов. В качестве других примеров, в некоторых вариантах реализации каждый раскрепляемый крепежный элемент 134А-134I может включать в себя пиротехнический заряд, который может быть активирован удаленно контроллером 136, с тем чтобы вызвать разрушение на кусочки пиротехническим зарядом раскрепляемого крепежного элемента 134А-134I и открепление таким образом компонентов, соединенных с раскрепляемым крепежным элементом 134А-134I. В других вариантах реализации раскрепляемый крепежный элемент 134А-134I может включать в себя невзрывной приводной механизм, который может быть активирован удаленно контроллером 136. Тип раскрепляемых крепежных элементов 134А-134I, использованных в системе 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения, может быть определен на основании одного или более факторов, включая, например, восприимчивость к электромагнитным помехам, время отклика на команду раскрепления, ударную нагрузку для раскрепления, способность выдерживать стартовые нагрузки, способность выдерживать предварительные нагрузки, потребляемую мощность для приведения в действие, вес, размер, чувствительность к температуре и/или надежность раскрепления.

Как отмечено выше, контроллер 136 может передать сигналы для выборочного приведения в действие одного или более раскрепляемых крепежных элементов 134А-134I в одно время. Согласно одному аспекту раскрытия настоящего изобретения контроллер 136 выполнен с возможностью вызывать открепление слоев 124А-124С космических аппаратов 120А-120F слой за слоем от стопы 122 и адаптера 126. В одном из примеров контроллер 136 выполнен с возможностью вызывать открепление слоев 124А-124С в

порядке от самого верхнего слоя 124А в стопе 122 к самому нижнему слою 124С в стопе 122. Например, контроллер 136 может передать первый сигнал для приведения в действие второго раскрепляемого крепежного элемента (вторых раскрепляемых крепежных элементов) 134В и третьего раскрепляемого крепежного элемента (третьих раскрепляемых крепежных элементов) 134С и таким образом открепления первого слоя 124А от стопы 122. Контроллер 136 затем может передать второй сигнал для приведения в действие пятого раскрепляемого крепежного элемента (пятых раскрепляемых крепежных элементов) 134Е и шестого раскрепляемого крепежного элемента (шестых раскрепляемых крепежных элементов) 134F и таким образом открепления второго слоя 124В от стопы 122. Контроллер 136 затем может передать третий сигнал для приведения в действие восьмого раскрепляемого крепежного элемента (восьмых раскрепляемых крепежных элементов) 134Н и девятого раскрепляемого крепежного элемента (девярых раскрепляемых крепежных элементов) 134I для открепления третьего слоя 124С от адаптера 126.

Когда каждый слой 124А-124С откреплён от стопы 122 и/или адаптера 126, космические аппараты 120А-120F в пределах слоя 124А-124С соединены друг с другом. Применительно к каждому слою 124А-124С контроллер 136 может передать дополнительный сигнал для вызова открепления космических аппаратов 120А-120F в указанном слое 124А-124С друг от друга после открепления слоя 124А-124С от стопы 122 и/или адаптера 126. Например, после открепления первого слоя 124А от стопы 122 контроллер 136 может передать сигнал для приведения в действие первого раскрепляемого крепежного элемента (первых раскрепляемых крепежных элементов) 134А и вызова таким образом открепления первого космического аппарата 120А и второго космического аппарата 120В друг от друга. Схожим образом, после открепления второго слоя 124В от стопы 122 контроллер 136 может передать сигнал для приведения в действие четвертого раскрепляемого крепежного элемента (четвертых раскрепляемых крепежных элементов) 134D и вызова таким образом открепления третьего космического аппарата 120С и четвертого космического аппарата 120D друг от друга. После открепления третьего слоя 124С от адаптера 126 контроллер 136 может передать сигнал для приведения в действие седьмого раскрепляемого крепежного элемента (седьмых раскрепляемых крепежных элементов) 134G и вызова таким образом открепления пятого космического аппарата 120Е и шестого космического аппарата 120F друг от друга.

Как также показано на фиг. 2, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения может включать в себя множество смещающих устройств 138А-138I между соответствующими компонентами системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения, например, между соседними космическими аппаратами 120А-120F и/или между космическими аппаратами 120Е-120F самого нижнего слоя 124С и адаптером 126. Смещающие устройства 138А-138I прикладывают смещающие усилия между соответствующими компонентами системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения для отжатия указанных соответствующих компонентов друг от друга. По существу, когда раскрепляемые крепежные элементы 134А-134I соединяют соответствующие компоненты в первом состоянии, смещающие усилия, прикладываемые смещающими устройствами 138А-138I, предварительно нагружают раскрепляемые крепежные элементы 134А-134I. Затем, после приведения в действие контроллером 136 раскрепляемых крепежных элементов 134А-134I с переходом из первого состояния во второе состояние, смещающие усилия, прикладываемые к соответствующим компонентам смещающими устройствами 138А-138I, вызывают отделение компонентов друг от друга.

Как показано на фиг. 2, смещающие устройства 138А-138I включают в себя первый набор межслойных смещающих устройств 138А-138F и второй набор внутрислойных смещающих устройств 138G-138I. Первый набор межслойных смещающих устройств 138А-138F находятся между смежными слоями 124А-124С стопы 122 и между самым нижним слоем 124С и адаптером 126. Например, как показано на фиг. 2, первый набор межслойных смещающих устройств 138А-138F включают в себя одно или более первых смещающих устройств 138А между первым космическим аппаратом 120А и третьим космическим аппаратом 120С, одно или более вторых смещающих устройств 138В между вторым космическим аппаратом 120В и четвертым космическим аппаратом 120D, одно или более третьих смещающих устройств 138С между третьим космическим аппаратом 120С и пятым космическим аппаратом 120Е, одно или более четвертых смещающих устройств 138D между четвертым космическим аппаратом 120D и шестым космическим аппаратом 120F, одно или более пятых смещающих устройств 138Е между пятым космическим аппаратом 120Е и адаптером 126 и одно или более шестых смещающих устройств 138F между шестым космическим аппаратом 120F и адаптером 126. Первый набор межслойных смещающих устройств 138А-138F может таким образом прикладывать смещающие усилия к слоям 124А-124С, с тем чтобы способствовать отделению каждого слоя 124А-124С от стопы 122 после открепления слоя 124А-124С от стопы 122.

В одном из вариантов осуществления первый набор межслойных смещающих устройств 138А-138F выполнен с возможностью вызывать поворот каждого слоя 124А-124С при отделении слоя 124А-124С от стопы 122 и/или адаптера 126. Например, применительно к каждому слою 124А-124С стопы 122, по меньшей мере одно из смещающих устройств 138А-138F выполнено с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к слою 124А-124С по сравнению по меньшей мере с другим из смещающих устройств 138А-138F таким образом, что слой 124А-124С выполняет поворот при отделении слоя 124А-124С от стопы 122.

Как показано на фиг. 2, например, первое смещающее устройство (первые смещающие устройства) 138A выполнено (выполнены) с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к первому слою 124A по сравнению с третьим смещающим устройством (третьими смещающими устройствами) 138C, с тем чтобы вызывать поворот первого слоя 124A при отделении первого слоя 124A от стопы 122. Кроме того, третье смещающее устройство (третьи смещающие устройства) 138C выполнено (выполнены) с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к второму слою 124B по сравнению с четвертым смещающим устройством (четвертыми смещающими устройствами) 138D, с тем чтобы вызывать поворот второго слоя 124B при отделении второго слоя 124B от стопы 122. Схожим образом, пятое смещающее устройство (пятые смещающие устройства) 138E выполнено (выполнены) с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к третьему слою 124C по сравнению с шестым смещающим устройством (шестыми смещающими устройствами) 138F, с тем чтобы вызывать поворот третьего слоя 124C при отделении третьего слоя 124C от адаптера 126.

В одном из примеров указанное множество смещающих устройств 138A-138F может включать в себя множество пружин. Применительно к каждому слою 124A-124C стопы 122 по меньшей мере одна из пружин может иметь отличающиеся характеристики по сравнению по меньшей мере с другой из пружин таким образом, что слой 124A-124C выполняет поворот при отделении слоя 124A-124C от стопы 122. Например, по меньшей мере одна из пружин может иметь отличающийся коэффициент жесткости по сравнению с указанной по меньшей мере другой из пружин, и/или по меньшей мере одна из пружин может иметь отличающуюся длину по сравнению по меньшей мере с другой из пружин. Еще в одном примере пружины могут быть выполнены в отличающемся количестве и/или иметь иное местоположение по отношению к слою 124A-124C, с тем чтобы вызывать поворот слоя 124A-124C при отделении слоя 124A-124C от стопы 122.

Второй набор внутрислойных смещающих устройств 138G-138I находится между соседними космическими аппаратами 120A-120F в одном и том же слое 124A-124C, что и другие. Например, как показано на фиг. 2, второй набор внутрислойных смещающих устройств 138G-138I включает в себя одно или более седьмых смещающих устройств 138G между первым космическим аппаратом 120A и вторым космическим аппаратом 120B в первом слое 124A, одно или более восьмых смещающих устройств 138H между третьим космическим аппаратом 120C и четвертым космическим аппаратом 120D во втором слое 124B и одно или более девярых смещающих устройств 138I между пятым космическим аппаратом 120E и шестым космическим аппаратом 120F в третьем слое 124C. Второй набор внутрислойных смещающих устройств 138G-138I может таким образом прикладывать смещающие усилия между соседними космическими аппаратами 120A-120F, с тем чтобы способствовать отделению соседних космических аппаратов 120A-120F друг от друга после открепления (i) слоя 124A-124C, содержащего соседние космические аппараты 120A-120F, и его отделения от стопы 122, и открепления (ii) соседних космических аппаратов 120A-120F в указанном слое 124A-124C друг от друга.

На фиг. 3 изображен перспективный вид системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения согласно примеру. Как показано на фиг. 3, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя указанное множество космических аппаратов 120A-120F, размещенных в стопе 122, которая имеет множество слоев 124A-124C, и каждый слой 124A-124C содержит по меньшей мере два из космических аппаратов 120A-120F. Кроме того, как показано на фиг. 3, каждый из космических аппаратов 120A-120F соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами 120A-120F, а адаптер 126 соединен с возможностью раскрепления с самым нижним слоем 124C стопы 122, как описано выше в отношении фиг. 2.

В примере, показанном на фиг. 3, соседние космические аппараты 120A-120F и/или адаптер 126 соединены друг с другом множеством раскрепляемых крепежных элементов (например, раскрепляемых крепежных устройств) в виде муфт 234 отделения; однако в других примерах могут быть использованы дополнительные или альтернативные раскрепляемые крепежные элементы. Соответственно, как описано выше, муфты 234 отделения (i) соединяют соседние космические аппараты 120A-120F и/или адаптер 126 друг с другом в первом состоянии и (ii) открепляют соседние космические аппараты 120A-120F и/или адаптер 126 друг от друга во втором состоянии. Также, как описано выше, муфты 234 отделения выполнены с возможностью приведения их в действие для перехода между первым состоянием и вторым состоянием по приему сигналов от контроллера 136. Момент времени одновременного или почти одновременного открепления каждой из указанного множества муфт 234 отделения не является важным, если это не влияет по существу на описанный процесс отделения.

В целях дополнительной иллюстрации муфт 234 отделения на фиг. 4 изображен перспективный вид спереди и перспективный вид сзади третьего космического аппарата 120C согласно примеру. Как показано на фиг. 4, третий космический аппарат 120C включает в себя множество верхних муфт 234A отделения на верхней поверхности 140 космического аппарата 120C, множество нижних муфт 234B отделения на нижней поверхности 142 космического аппарата 120C и множество боковых муфт 234C отделения на боковой поверхности 144 космического аппарата 120C. Верхние муфты 234A отделения выполнены с возможностью раскрепляемого соединения космических аппаратов 120C с соседним космическим аппаратом 120A в указанном слое 124A над космическим аппаратом 120C. Нижние муфты 234B отделения

выполнены с возможностью раскрепляемого соединения космического аппарата 120D с соседним космическим аппаратом 120E в указанном слое 124C под космическим аппаратом 120C. Боковые муфты 234C отделения выполнены с возможностью раскрепляемого соединения космического аппарата 120C с соседним космическим аппаратом 120D в одном и том же слое 124B, что и космические аппараты 120C.

Хотя муфты 234A-234C отделения размещены в периферийных углах верхней поверхности 140, нижней поверхности 142 и боковой поверхности 144 на фиг. 4, в другом примере муфты 234A-234C отделения могут иметь отличающиеся местоположения на верхней поверхности 140, нижней поверхности 142 и/или боковой поверхности 144. Кроме того, еще в одном примере верхняя поверхность 140, нижняя поверхность 142 и/или боковая поверхность 144 могут включать в себя большее или меньшее количество муфт 234A-234C отделения, чем количество муфт 234A-234C отделения, изображенных на фиг. 4.

Как показано на фиг. 3, первый конец 128 адаптера 126 соединен с самым нижним слоем 124C стопы 122, а второй конец 130 адаптера 126 выполнен с возможностью соединения с опорной поверхностью 132 (показано на фиг. 1) средства 116 выведения. На фиг. 5 изображен перспективный вид адаптера 126 согласно примеру раскрытия настоящего изобретения. Как показано на фиг. 5, первый конец 128 может быть выполнен согласно конфигурации самого нижнего слоя 124C. Например, первый конец 128 может включать в себя множество муфт 234 отделения, которые соединяются с соответствующими конструкциями на космических аппаратах 120E-120F самого нижнего слоя 124C стопы 122. Кроме того, например, первый конец 128 может включать в себя множество смещающих устройств 138, которые прикладывают смещающие усилия между первым концом 128 адаптера 126 и самым нижним слоем 124C стопы 122. Как описано выше, смещающие устройства 138 могут таким образом способствовать отделению самого нижнего слоя 124C стопы 122 от адаптера 126 в ответ на приведение их в действие муфтами 234 отделения с переходом из первого состояния во второе состояние.

Второй конец 130 адаптера 126 может иметь конфигурацию, соответствующую опорной поверхности 132 средства 116 выведения. В качестве одного примера, второй конец 130 может иметь размер и/или форму, которые соответствуют размеру и/или форме элемента на опорной поверхности 132, например, соединительного механизма и/или приемной емкости на опорной поверхности 132 для приема второго конца 130.

В некоторых примерах опорная поверхность 132 средства 116 выведения одного типа может отличаться от опорной поверхности 132 средства 116 выведения другого типа. Для приспособления системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения к самым различным средствам 116 выведения может быть использован набор адаптеров 126, имеющий множество конфигураций второго конца 130, которые должным образом соответствуют опорным поверхностям 132 средств 116 выведения отличающихся типов. По существу, систему 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения можно простым образом развернуть с использованием различных средств 116 выведения отличающихся типов посредством выбора из набора адаптеров 126 адаптера 126, соответствующего конкретному типу средства 116 выведения, подлежащего использованию с конкретной системой для запуска системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения.

Как отмечено выше, космические аппараты 120A-120F могут включать в себя спутники и/или межпланетные зонды. В примере, изображенном на фиг. 3-4, космические аппараты 120A-120F включают в себя, среди прочих систем и компонентов, одну или более силовых установок 148, панелей 150 солнечных батарей и/или антенн 152. Силовые установки 148 обеспечивают возможность перемещения космических аппаратов 120A-120F в конкретное местоположение и/или сохранения космическими аппаратами 120A-120F конкретного местоположения на орбите. Например, силовая установка 148 может включать в себя электрический ракетный двигатель (например, ионный ракетный двигатель малой тяги), химический ракетный двигатель и/или гибридный электрический/химический ракетный двигатель. Панели 150 солнечных батарей могут быть частью системы питания, выполненной с возможностью подачи питания на электрические компоненты космических аппаратов 120A-120F. Например, панели 150 солнечных батарей могут генерировать электрическую энергию от Солнца, которая затем может быть использована для питания космических аппаратов 120A-120F и/или сохранена в одной или более аккумуляторных батареях для последующего использования. Антенны 152 могут способствовать передаче и/или приему сигналов для связи между космическими аппаратами 120A-120F и другими космическими аппаратами и/или наземной станцией.

В дополнение к элементам, показанным на фиг. 1, ракета 110 может включать в себя дополнительные или альтернативные элементы, такие как, например, одна или более навигационных систем и/или систем наведения (например, спутниковую навигационную систему и/или инерциальную навигационную систему) и/или стабилизирующие устройства (например, одно или более ребер, корректирующие двигатели, карданные шарниры и/или гироскопы).

### III. Примеры работы

При работе средство 116 выведения выводит на орбиту. После того, как обтекатель 114 окажется на орбите, он может быть отделен от средства 116 выведения или открыт иным образом, чтобы обнажить систему 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения воздействию внешней среды (например, космическому пространству). Контроллер 136 выполнен с возможностью вызывать открепление

слоев 124А-124С от стопы 122 слой за слоем. Например, контроллер 136 может передавать сигналы на раскрепляемые крепежные элементы 134А-134І и по приему сигналов раскрепляемые крепежные элементы 134А-134І могут быть приведены в действие с переходом из первого состояния во второе состояние для открепления слоев 124А-124С слой за слоем от стопы 122.

В одном примере контроллер 136 может ждать в течение некоторого времени между передачами сигналов, чтобы обеспечить перемещение средства 116 выведения на заданное расстояние между откреплением слоев 124А-124С. Указанное может способствовать разворачиванию космических аппаратов 120А-120F из средства 116 выведения в относительно близких орбитальных позициях, назначенных космическим аппаратам 120А-120F.

Применительно к каждому слою 124А-124С после открепления слоя 124А-124С от стопы 122 одно или более смещающих устройств 138А-138І прикладывают смещающие усилия к слою 124А-124С, с тем чтобы способствовать отделению слоя 124А-124С от стопы 122. Посредством приложения смещающих сил, с тем чтобы способствовать отделению слоя 124А-124С от стопы 122, опасность столкновения слоев 124А-124С со стопой 122 может быть уменьшена или сведена к минимуму.

Кроме того, как описано выше, смещающие устройства 138А-138І выполнены с возможностью вызывать открепление слоя 124А-124С от стопы 122 при отделении слоя 124А-124С от стопы 122. В рамках приведенных примеров каждый слой 124А-124С выполнен с возможностью поворота вокруг оси, перпендикулярной направлению на Солнце. Благодаря повороту слоя 124А-124С вокруг оси, перпендикулярной направлению на Солнце, обеспечивается возможность более равномерного открытия космических аппаратов 120А-120F слоя 124А-124С Солнцу. Это может способствовать стабильной конфигурации космических аппаратов 120А-120F с точки зрения теплового режима и обеспечения питания указанного слоя 124А-124С во время отделения от стопы 122.

Применительно к каждому слою 124А-124С, после открепления слоя 124А-124С от стопы 122 и/или адаптера 126, контроллер 136 может вызывать открепление космических аппаратов 120А-120F в указанном слое 124А-124С друг от друга. Например, после открепления каждого слоя 124А-124С от стопы 122 и/или адаптера 126 контроллер 136 может ждать в течение некоторого времени и затем передавать сигнал на раскрепляемый крепежный элемент (раскрепляемые крепежные элементы) 134А-134І, соединяющий (соединяющие) космические аппараты 120А-120F слоя 124А-124С. По приему сигналов раскрепляемые крепежные элементы 134А-134І могут быть приведены в действие с переходом из первого состояния во второе состояние для открепления космических аппаратов 120А-120F слоя 124А-124С друг от друга.

Когда космические аппараты 120А-120F слоя 124А-124С открепляются друг от друга, смещающее устройство (смещающие устройства) 138G-138І между космическими аппаратами 120А-120F слоя 124А-124С способствуют отделению космических аппаратов 120А-120F друг от друга. По существу, смещающее устройство (смещающие устройства) 138G-138І может (могут) способствовать уменьшению или сведению к минимуму опасности столкновения космических аппаратов 120А-120F.

В одном из примеров контроллер 136 вызывает открепление слоев 124А-124С слой за слоем в порядке от самого верхнего слоя стопы 122 к самому нижнему слою стопы 122. На фиг. 6А-6І изображена система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения, разворачивающая космические аппараты 120А-120F согласно варианту осуществления этого примера. На фиг. 6А изображен вид сбоку системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения согласно примеру.

Для открепления первого слоя 124А от стопы 122 контроллер 136 приводит в действие второй раскрепляемый крепежный элемент (вторые раскрепляемые крепежные элементы) 134В и третий раскрепляемый крепежный элемент (третьи раскрепляемые крепежные элементы) 134С. На фиг. 6В изображена система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения после открепления первого слоя 124А от стопы 122. Как показано на фиг. 6В, при откреплении первого слоя 124А от стопы 122 первое смещающее устройство (первые смещающие устройства) 138А и второе смещающее устройство (вторые смещающие устройства) 138В прикладывают смещающие усилия к первому слою 124А, с тем чтобы способствовать отделению первого слоя 124А от стопы 122 в направлении, обозначенном стрелкой 654. Смещающие усилия, прикладываемые к первому слою первым смещающим устройством (первыми смещающими устройствами) 138А и вторым смещающим устройством (вторыми смещающими устройствами) 138В, также вызывают поворот первого слоя 124А в направлении, обозначенном стрелкой 656.

На фиг. 6С дополнительно проиллюстрирован первый космический аппарат 120А и второй космический аппарат 120В первого слоя 124А, выполняющие поворот в направлении, обозначенном стрелкой 656. Как показано на фиг. 6С, первый слой 124А выполняет поворот вокруг оси 658, которая перпендикулярна направлению на Солнце. Направление на Солнце обозначено стрелкой 660 на фиг. 6С.

После открепления первого слоя 124А от стопы 122 контроллер 136 приводит в действие первый раскрепляемый крепежный элемент (первые раскрепляемые крепежные элементы) 134А для открепления первого космического аппарата 120А и второго космического аппарата 120В друг от друга, как показано на фиг. 6D. При откреплении первого космического аппарата 120А и второго космического аппарата 120В друг от друга, седьмое смещающее устройство (седьмые смещающие устройства) 138G прикладывает (прикладывают) смещающее усилие к первому космическому аппарату 120А и второму космиче-

скому аппарату 120В, с тем чтобы способствовать отделению первого космического аппарата 120А и второго космического аппарата 120В друг от друга, как обозначено стрелкой 662 на фиг. 6D.

После открепления первого слоя 124А от стопы 122 и/или открепления первого и второго космического аппарата 120А-120В друг от друга контроллер 136 приводит в действие пятый раскрепляемый крепежный элемент (пятые раскрепляемые крепежные элементы) 134Е и шестой раскрепляемый крепежный элемент (шестые раскрепляемые крепежные элементы) 134F для открепления второго слоя 124В от стопы 122. На фиг. 6Е изображена система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения после открепления второго слоя 124В от стопы 122. При откреплении второго слоя 124В от стопы 122 третье смещающее устройство (третьи смещающие устройства) 138С и четвертое смещающее устройство (четвертые смещающие устройства) 138D прикладывают смещающие усилия к второму слою 124В, с тем чтобы способствовать отделению второго слоя 124В от стопы 122 и повороту второго слоя 124В вокруг оси, перпендикулярной направлению на Солнце, как обозначено стрелкой 664.

После открепления второго слоя 124В от стопы 122 контроллер 136 приводит в действие четвертый раскрепляемый крепежный элемент (четвертые раскрепляемые крепежные элементы) 134D для открепления третьего космического аппарата 120С и четвертого космического аппарата 120D друг от друга, как показано на фиг. 6F. При откреплении третьего космического аппарата 120С и четвертого космического аппарата 120D друг от друга восьмое смещающее устройство (восьмые смещающие устройства) 138Н прикладывают смещающее усилие к третьему космическому аппарату 120С и четвертому космическому аппарату 120D, с тем чтобы способствовать отделению третьего космического аппарата 120С и четвертого космического аппарата 120D друг от друга, как обозначено стрелкой 666 на фиг. 6F.

После открепления второго слоя 124В от стопы 122 и/или открепления третьего и четвертого космических аппаратов 120С-120D друг от друга контроллер 136 приводит в действие восьмой раскрепляемый крепежный элемент (восьмые раскрепляемые крепежные элементы) 134Н и девятый раскрепляемый крепежный элемент (девятые раскрепляемые крепежные элементы) 134I для открепления третьего слоя 124С от адаптера 126. На фиг. 6G изображена система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения после открепления третьего слоя 124С от адаптера 126. При откреплении третьего слоя 124С от адаптера 126 пятое смещающее устройство (пятые смещающие устройства) 138Е и шестое смещающее устройство (шестые смещающие устройства) 138F прикладывают смещающие усилия к третьему слою 124С, с тем чтобы способствовать отделению третьего слоя 124С от адаптера 126 и повороту третьего слоя 124С вокруг оси, перпендикулярной направлению на Солнце, как обозначено стрелкой 668.

После открепления третьего слоя 124С от адаптера 126 контроллер 136 приводит в действие девятый раскрепляемый крепежный элемент (девятые раскрепляемые крепежные элементы) 134I для открепления пятого космического аппарата 120Е и шестого космического аппарата 120F друг от друга, как показано на фиг. 6H. При откреплении пятого космического аппарата 120Е и шестого космического аппарата 120F друг от друга девятое смещающее устройство (девятые смещающие устройства) 138I прикладывает (прикладывают) смещающее усилие к пятому космическому аппарату 120Е и шестому космическому аппарату 120F, с тем чтобы способствовать отделению пятого космического аппарата 120Е и шестого космического аппарата 120F друг от друга, как обозначено стрелкой 670 на фиг. 6H.

В примере, описанном выше и изображенном на фиг. 6А-6Н, контроллер 136 вызывает открепление слоев 124А-124С в порядке от самого верхнего слоя 124А к самому нижнему слою 124С. Еще в одном примере контроллер 136 выполнен с возможностью вызывать открепление стопы 122 от средства 116 выведения до того, как контроллер 136 вызовет открепление по меньшей мере одного из слоев 124А-124В от стопы 122.

Например, контроллер 136 может быть выполнен с возможностью определения возникновения неисправности во время процесса открепления, описанного выше (т.е. открепления в порядке от самого верхнего слоя к самому нижнему слою). В качестве одного примера, контроллер 136 может определить возникновение неисправности, когда слой 124А-124С не открепляется при передаче контроллером 136 сигнала для инициирования открепления слоя 124А-124С. После определения контроллером 136 возникновения неисправности контроллер 136 может вызвать открепление стопы 122 от адаптера 126 и затем вызвать открепление слоев 124А-124С в порядке от самого нижнего слоя к самому верхнему слою. Как описано выше, после открепления каждого слоя 124А-124С от стопы в этом порядке контроллер 136 вызывает открепление космических аппаратов в указанном слое 124А-124С друг от друга.

Как описано выше, каждый из слоев 124А-124С выполнен с возможностью поворота вокруг оси, проходящей перпендикулярно направлению на Солнце, при откреплении от стопы 122 и/или адаптера 126. В одном примере указанное может быть достигнуто, по меньшей мере частично, контроллером 136, выполняющим открепление слоя 124А-124С, когда средство 116 выведения ориентировано таким образом, что продольная ось системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения параллельна направлению на Солнце. Кроме того, в одном примере контроллер 136 может вызывать открепление слоев 124А-124С системы 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения на заднем конце средства 116 выведения относительно направления перемещения средства 116 выведения. Указанное может дополнительно способствовать уменьшению опасности столкновения открепленного слоя 124А-124С со стопой 122.

На фиг. 7 изображена структурная схема процесса 700 развертывания множества космических аппаратов из средства выведения согласно примеру. Указанное множество космических аппаратов образуют стопу, содержащую один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе. Как показано на фиг. 7, процесс 700 включает в себя открепление слоев за слоем указанных одного или более слоев от стопы в блоке 710. Применительно к каждому слою процесс 700 также включает в себя, после открепления слоя от стопы, открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов слоя друг от друга в блоке 712.

На фиг. 8-12 изображены дополнительные аспекты процесса 700 согласно дополнительным примерам. Как показано на фиг. 8, в блоке 714 процесс 700 может включать применительно к каждому слою, при откреплении слоя от стопы в блоке 712, отделение этого слоя от стопы с использованием множества смещающих устройств, прикладывающих смещающее усилие между слоем и стопой. Как показано на фиг. 9, в блоке 716 процесс 700 может включать применительно к каждому слою поворот этого слоя вокруг оси при его отделении от стопы. В одном примере ось перпендикулярна направлению на Солнце. Как показано на фиг. 10, для поворота слоя вокруг оси в блоке 716 процесс 700 может включать приложение первого смещающего усилия к первой части слоя и приложение второго смещающего усилия к второй части слоя на этапе 718. Первое смещающее усилие может отличаться от второго смещающего усилия.

Как показано на фиг. 11, в блоке 720 процесс 700 может включать, при откреплении указанных по меньшей мере двух космических аппаратов слоя друг от друга в блоке 712, их отделение друг от друга с использованием смещающего устройства, которое прикладывает смещающее усилие между по меньшей мере двумя соседними космическими аппаратами. В одном примере отделение слоя от стопы в блоке 712 и отделение указанных по меньшей мере двух космических аппаратов друг от друга в блоке 720 может быть выполнено полностью пассивно (например, без использования двигателей малой тяги космических аппаратов). Как показано на фиг. 12, процесс 700 может включать, перед откреплением по меньшей мере одного из указанных одного или более слоев, открепление стопы от средства выведения в блоке 722.

#### IV. Примеры модификаций

В примере, изображенном на фиг. 2-6Н, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя стопу 122, содержащую три слоя 124А-124С с двумя космическими аппаратами 120А-120F на один слой 124А-124С. Как описано выше, система 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения может включать в себя большее или меньшее количество слоев 124А-124С и/или большее или меньшее количество космических аппаратов 120А-120F на один слой 124А-124С в других примерах. В целом, система выпуска космических аппаратов из средства выведения может включать в себя стопу, содержащую N слоев и M космических аппаратов на один слой, где N и M - целые числа, N больше или равно одному, а M больше или равно двум.

Кроме того, в примерной системе 112 выпуска космических аппаратов из средства выведения, изображенной на фиг. 2-6Н, каждый из третьего космического аппарата 120С и четвертого космического аппарата 120D соединен с тремя соседними космическими аппаратами 120А-120F. Однако еще в одном примере третий 120С и/или четвертый космический аппарат 120D может быть соединен с двумя космическими аппаратами 120А-120F или одним космическим аппаратом 120А-120F. Таким образом, хотя каждый космический аппарат 120А-120F может быть соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами 120А-120F, в некоторых примерах космический аппарат 120А-120F не нуждается в соединении с каждым соседним космическим аппаратом 120А-120F.

Кроме того, как отмечено выше, смещающие устройства 138А-138I могут способствовать пассивному отделению слоев 124А-124С и/или космических аппаратов 120А-120F друг от друга. В одном из вариантов осуществления применительно к каждому слою 124А-124С отделение слоя 124А-124С от стопы 122 и/или отделение космических аппаратов 120А-120F в слое 124А-124С друг от друга может быть полностью пассивным. Таким образом, смещающие устройства 138А-138I могут способствовать отделению компонентов без использования силовых установок 148 на космических аппаратах 120А-120F. Еще в одном варианте реализации космические аппараты 120А-120F могут дополнительно или альтернативно использовать силовые установки 148, с тем чтобы способствовать отделению слоев 124А-124С от стопы 122 и/или отделению космических аппаратов 120А-120F друг от друга.

Кроме того, раскрытие настоящего изобретения содержит примеры согласно следующим пунктам:

Пункт 1. Система выпуска космических аппаратов из средства выведения, содержащая:

множество космических аппаратов, образующих стопу, которая имеет один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата, и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе;

множество смещающих устройств между смежными слоями стопы; и

контроллер, выполненный с возможностью применительно к каждому слою: вызывать открепление слоя от стопы и после открепления слоя от стопы вызывать открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов в указанном слое друг от друга,

причем указанное множество смещающих устройств выполнено с возможностью приложения смещающего усилия между смежными слоями, с тем чтобы способствовать отделению каждого слоя от стопы после открепления слоя от стопы, и применительно к каждому слою стопы по меньшей мере одно из множества смещающих устройств выполнено с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к слою по сравнению по меньшей мере с другим из множества смещающих устройств таким образом, что слой выполняет поворот при отделении слоя от стопы.

Пункт 2. Система по п.1, в которой контроллер выполнен с возможностью вызывать открепление каждого слоя от стопы таким образом, что указанное множество смещающих устройств вызывают поворот этого слоя вокруг оси, перпендикулярной направлению на Солнце.

Пункт 3. Система по п.1, в которой указанное множество смещающих устройств содержит множество пружин, причем указанное по меньшей мере одно из множества смещающих устройств имеет отличающийся коэффициент жесткости по сравнению с указанным по меньшей мере другим из множества смещающих устройств.

Пункт 4. Система по п.1, также содержащая множество смещающих устройств между указанными по меньшей мере двумя космическими аппаратами каждого слоя, причем указанное множество смещающих устройств выполнены с возможностью приложения смещающего усилия между указанными по меньшей мере двумя космическими аппаратами, которое способствует отделению указанных по меньшей мере двух космических аппаратов друг от друга после их открепления друг от друга.

Пункт 5. Система по п.1, в которой контроллер выполнен с возможностью вызывать открепление стопы от средства выведения до того, как контроллер вызовет открепление от стопы по меньшей мере одного из указанных одного или более слоев.

Пункт 6. Система по п.1, в которой контроллер выполнен с возможностью открепления указанных одного или более слоев слой за слоем в порядке от самого верхнего слоя стопы к самому нижнему слою стопы.

Пункт 7. Система по п.6, также содержащая адаптер, имеющий первый конец, соединенный с самым нижним слоем стопы, и второй конец, выполненный с возможностью соединения со средством выведения.

Пункт 8. Система по п.1, в которой указанное множество космических аппаратов включают в себя первый космический аппарат, второй космический аппарат и третий космический аппарат, при этом первый космический аппарат и второй космический аппарат находятся в первом слое указанных одного или более слоев стопы,

третий космический аппарат находится во втором слое указанных одного или более слоев стопы, и первый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления со вторым космическим аппаратом и третьим космическим аппаратом.

Пункт 9. Система по п.8, также содержащая муфту, соединяющую с возможностью раскрепления первый космический аппарат со вторым космическим аппаратом и выполненную с возможностью приведения ее в действие контроллером для перехода между первым состоянием и вторым состоянием, причем в первом состоянии муфта выполнена с возможностью соединения первого космического аппарата со вторым космическим аппаратом, а

во втором состоянии муфта выполнена с возможностью открепления первого космического аппарата и второго космического аппарата друг от друга.

Пункт 10. Способ выпуска множества космических аппаратов из средства выведения, согласно которому указанное множество космических аппаратов образуют стопу, имеющую один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата, и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе, а способ включает:

открепление слой за слоем указанных одного или более слоев от стопы,

применительно к каждому слою, при откреплении слоя от стопы, отделение указанного слоя от стопы с использованием множества смещающих устройств, прикладывающих смещающее усилие между указанным слоем и стопой, выполнение применительно к каждому слою поворота этого слоя вокруг оси при отделении указанного слоя от стопы, причем указанное множество смещающих устройств выполнено с возможностью приложения первого смещающего усилия к первой части слоя и приложения второго смещающего усилия ко второй части слоя, причем первое смещающее усилие отличается от второго смещающего усилия, и

применительно к каждому слою, после открепления слоя от стопы, открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов слоя друг от друга.

Пункт 11. Способ по п.10, согласно которому ось перпендикулярна направлению на Солнце.

Пункт 12. Способ по п.10, также включающий, при откреплении указанных по меньшей мере двух космических аппаратов слоя друг от друга, их отделение друг от друга с использованием смещающего устройства, которое прикладывает смещающее усилие между указанными одним или более соседними космическими аппаратами.

Пункт 13. Способ по п.12, согласно которому отделение слоя от стопы и отделение указанных по

меньшей мере двух космических аппаратов друг от друга является полностью пассивным.

Пункт 14. Способ по п.10, также включающий перед откреплением по меньшей мере одного из указанных одного или более слоев открепление стопы от средства выведения.

Пункт 15. Некратковременный компьютерочитаемый носитель информации, имеющий сохраненные на нем программные инструкции, которые при исполнении их контроллером вызывают выполнение системой выпуска космических аппаратов из средства выведения совокупности действий, причем

система выпуска космических аппаратов из средства выведения включает в себя множество космических аппаратов, образующих стопу, которая имеет один или более слоев, при этом каждый слой включает в себя по меньшей мере два космических аппарата, и каждый космический аппарат соединен с возможностью раскрепления с одним или более соседними космическими аппаратами в стопе, а

совокупность действий включает: открепление слой за слоем указанных одного или более слоев от стопы и применительно к каждому слою, после открепления слоя от стопы, открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов слоя друг от друга.

Примерные аспекты были описаны выше. После изучения конфигураций, примеров и компоновок, описанных в настоящем документе, специалист в данной области техники может понять, что в настоящее изобретение могут быть внесены изменения и модификации без отхода от настоящего объема формулы и идей раскрытия настоящего изобретения. Описание различных аспектов, обеспечивающих преимущества, было представлено в целях иллюстрации и описания, и не предназначено для какого-либо ограничения раскрытыми здесь формами. После рассмотрения данного раскрытия настоящего изобретения специалисту в данной области техники могут стать очевидными множество модификаций и вариантов.

Кроме того, различные аспекты, обеспечивающие преимущества, могут обеспечивать различные преимущества по сравнению с другими аспектами. Примеры аспектов выбраны и описаны в целях объяснения принципов раскрытия настоящего изобретения, их конкретного применения и обеспечения возможности для специалистов в данной области техники понять раскрытие настоящего изобретения с различными его модификациями, которые являются подходящими для конкретных применений.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Система (112) выпуска космических аппаратов из средства выведения, содержащая:

множество космических аппаратов (120A-120F), образующих стопу (122), которая имеет множество слоев (124A-124C), при этом каждый слой (124A-124C) включает в себя по меньшей мере два космических аппарата (120A-120F) указанного множества космических аппаратов (120A-120F), и каждый космический аппарат (120A-120F) соединен с возможностью раскрепления с двумя или более соседними космическими аппаратами (120A-120F) указанного множества космических аппаратов (120A-120F) в стопе (122);

множество смещающих устройств (138A-138I) между смежными слоями (124A-124C) стопы (122);

и

контроллер (136), выполненный с возможностью применительно к каждому слою (124A-124C):

вызывать открепление слоя (124A-124C) от стопы (122) и

после открепления слоя (124A-124C) от стопы (122) вызывать открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов (120A-120F) указанного слоя (124A-124C) друг от друга,

причем указанное множество смещающих устройств (138A-138I) выполнено с возможностью приложения смещающего усилия между смежными слоями (124A-124C), с тем чтобы способствовать отделению каждого слоя (124A-124C) от стопы (122) после открепления слоя (124A-124C) от стопы (122), и

применительно к каждому слою (124A-124C) стопы (122) по меньшей мере одно из указанного множества смещающих устройств (138A-138I) выполнено с возможностью приложения отличающегося смещающего усилия к этому слою (124A-124C) по сравнению по меньшей мере с другим из указанного множества смещающих устройств (138A-138I) таким образом, что слой (124A-124C) выполняет поворот при отделении этого слоя (124A-124C) от стопы (122).

2. Система (112) по п.1, в которой:

контроллер (136) выполнен с возможностью вызывать открепление каждого слоя (124A-124C) от стопы (122) таким образом, что множество смещающих устройств (138A-138I) вызывают поворот этого слоя (124A-124C) вокруг оси (658, 664, 668), перпендикулярной направлению на Солнце; и/или

множество смещающих устройств (138A-138I) содержит множество пружин, причем указанное по меньшей мере одно из множества смещающих устройств (138A-138I) имеет отличающийся коэффициент жесткости по сравнению с указанным по меньшей мере другим из множества смещающих устройств (138A-138I).

3. Система (112) по п.1, также содержащая множество смещающих устройств (138A-138I) между указанными по меньшей мере двумя космическими аппаратами (120A-120F) каждого слоя (124A-124C), причем указанное множество смещающих устройств (138A-138I) выполнены с возможностью приложения смещающего усилия между указанными по меньшей мере двумя космическими аппаратами (120A-120F), которое способствует отделению указанных по меньшей мере двух космических аппаратов (120A-

120F) друг от друга после их (120A-120F) открепления друг от друга.

4. Система (112) по п.1, в которой контроллер (136) выполнен с возможностью вызывать открепление стопы (122) от средства (116) выведения до того, как контроллер (136) вызовет открепление от стопы (122) по меньшей мере одного из указанного множества слоев (124A-124C).

5. Система (112) по п.1, в которой контроллер (136) выполнен с возможностью открепления указанного множества слоев (124A-124C) слой (124A-124C) за слоем (124A-124C) в порядке от самого верхнего слоя (124A) стопы (122) к самому нижнему слою (124C) стопы (122), а также содержащая адаптер (126), имеющий первый конец (128), соединенный с самым нижним слоем (124C) стопы (122), и второй конец (130), выполненный с возможностью соединения со средством (116) выведения.

6. Система (112) по п.1, в которой указанное множество космических аппаратов (120A-120F) включает в себя первый космический аппарат (120A-120F), второй космический аппарат (120A-120F) и третий космический аппарат (120A-120F), при этом

первый космический аппарат (120A-120F) и второй космический аппарат (120A-120F) находятся в первом слое (124A-124C) указанного множества слоев (124A-124C) стопы (122),

третий космический аппарат (120A-120F) находится во втором слое (124A-124C) указанного множества слоев (124A-124C) стопы (122), и

первый космический аппарат (120A-120F) соединен с возможностью раскрепления со вторым космическим аппаратом (120A-120F) и третьим космическим аппаратом (120A-120F),

а также содержащая

муфту (238), соединяющую с возможностью раскрепления первый космический аппарат (120A-120F) со вторым космическим аппаратом (120A-120F) и выполненную с возможностью приведения ее в действие контроллером (136) для перехода между первым состоянием и вторым состоянием,

причем в первом состоянии муфта (238) выполнена с возможностью соединения первого космического аппарата (120A-120F) со вторым космическим аппаратом (120A-120F), а

во втором состоянии муфта (238) выполнена с возможностью открепления первого космического аппарата (120A-120F) и второго космического аппарата (120A-120F) друг от друга.

7. Способ выпуска множества космических аппаратов (120A-120F) из средства (116) выведения, причём указанное множество космических аппаратов (120A-120F) находятся в стопе (122), имеющей множество слоев (124A-124C), при этом каждый слой (124A-124C) включает в себя по меньшей мере два космических аппарата (120A-120F) указанного множества космических аппаратов (120A-120F) и каждый космический аппарат (120A-120F) соединен с возможностью раскрепления с двумя или более соседними космическими аппаратами (120A-120F) указанного множества космических аппаратов (120A-120F) стопы (122), а способ включает:

открепление слой (124A-124C) за слоем (124A-124C) указанного множества слоев (124A-124C) от стопы (122);

применительно к каждому слою (124A-124C), при откреплении слоя (124A-124C) от стопы (122), отделение указанного слоя (124A-124C) от стопы (122) с использованием множества смещающих устройств (138A-138I), прикладывающих смещающее усилие между указанным слоем (124A-124C) и стопой (122),

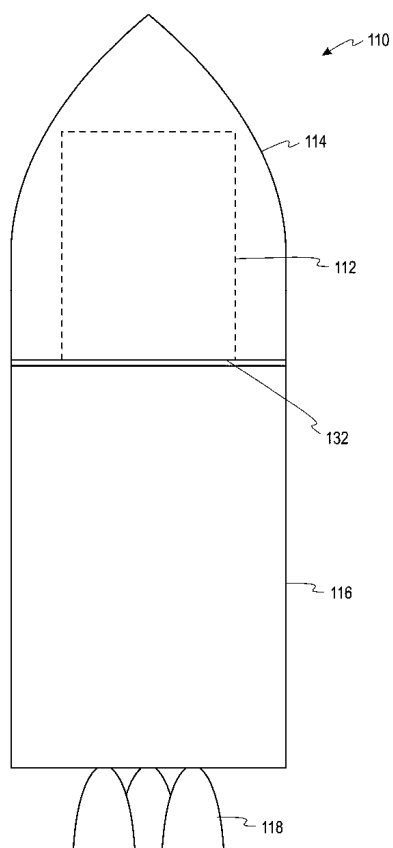
выполнение применительно к каждому слою (124A-124C) поворота этого слоя (124A-124C) вокруг оси (658, 664, 668) при отделении указанного слоя (124A-124C) от стопы (122), причем указанное множество смещающих устройств выполнено с возможностью приложения первого смещающего усилия к первой части слоя (124A-124C) и приложения второго смещающего усилия ко второй части слоя (124A-124C), причем первое смещающее усилие отличается от второго смещающего усилия,

применительно к каждому слою (124A-124C), после открепления слоя (124A-124C) от стопы (122), открепление указанных по меньшей мере двух космических аппаратов (120A-120F) слоя (124A-124C) друг от друга.

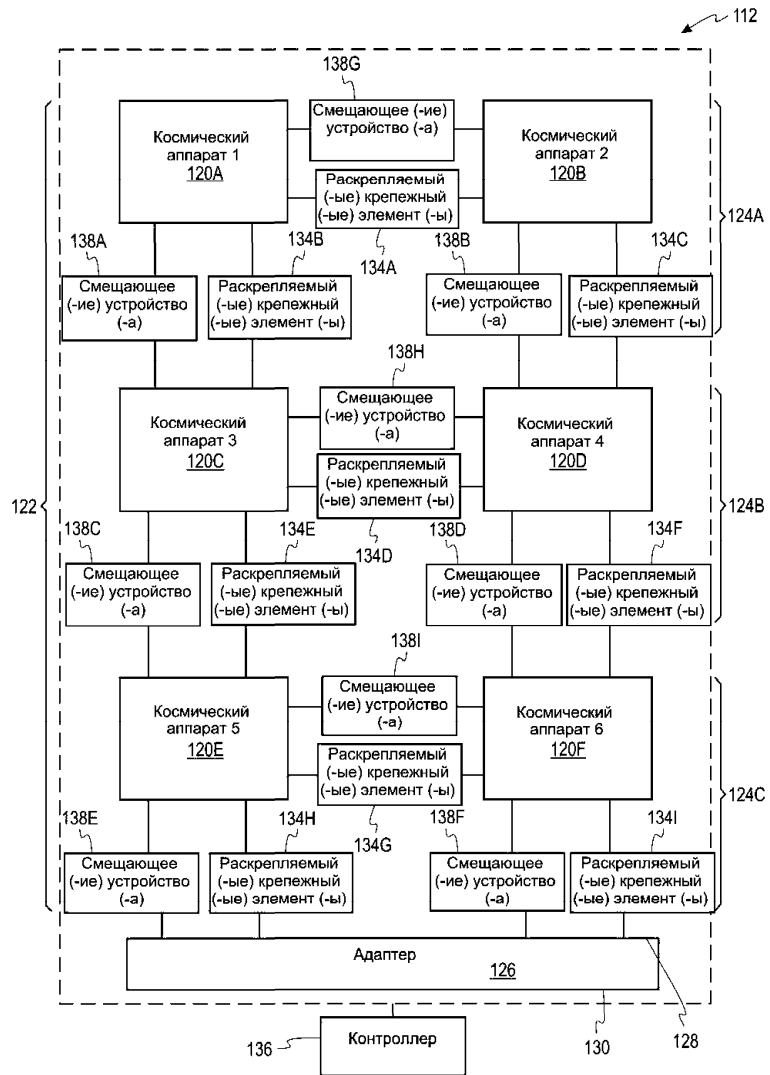
8. Способ по п.7, согласно которому ось (658, 664, 668) перпендикулярна направлению на Солнце.

9. Способ по п.7, также включающий, при откреплении указанных по меньшей мере двух космических аппаратов (120A-120F) слоя (124A-124C) друг от друга, их отделение друг от друга с использованием смещающего устройства (138A-138I), которое прикладывает смещающее усилие между двумя или более соседними космическими аппаратами (120A-120F), причем отделение слоя (124A-124C) от стопы (122) и отделение указанных по меньшей мере двух космических аппаратов (120A-120F) друг от друга является полностью пассивным.

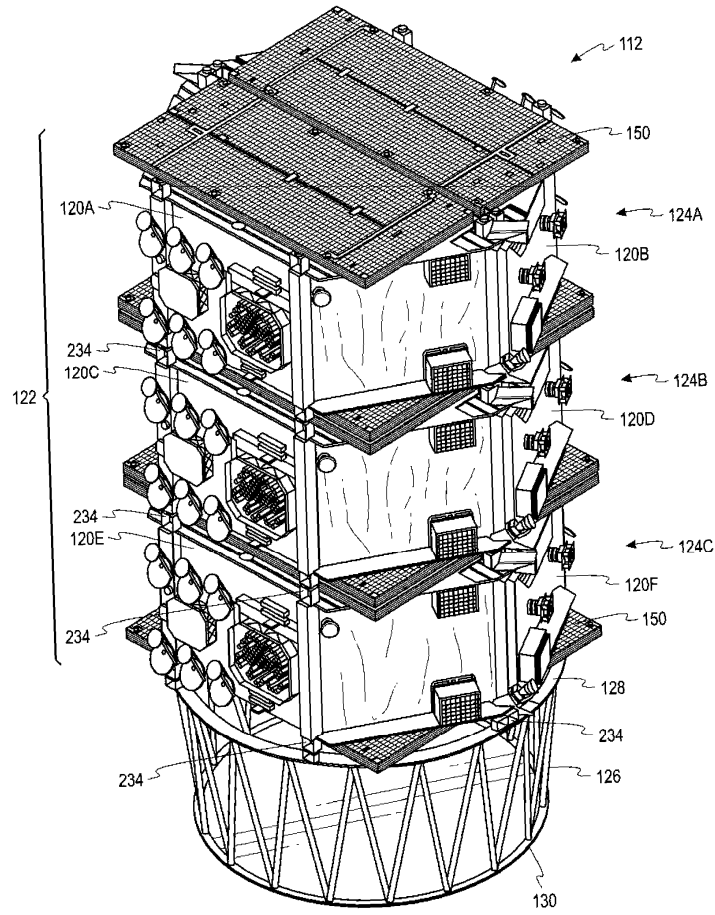
10. Способ по п.7, также включающий, перед откреплением по меньшей мере одного из указанного множества слоев (124A-124C), открепление стопы (122) от средства (116) выведения.



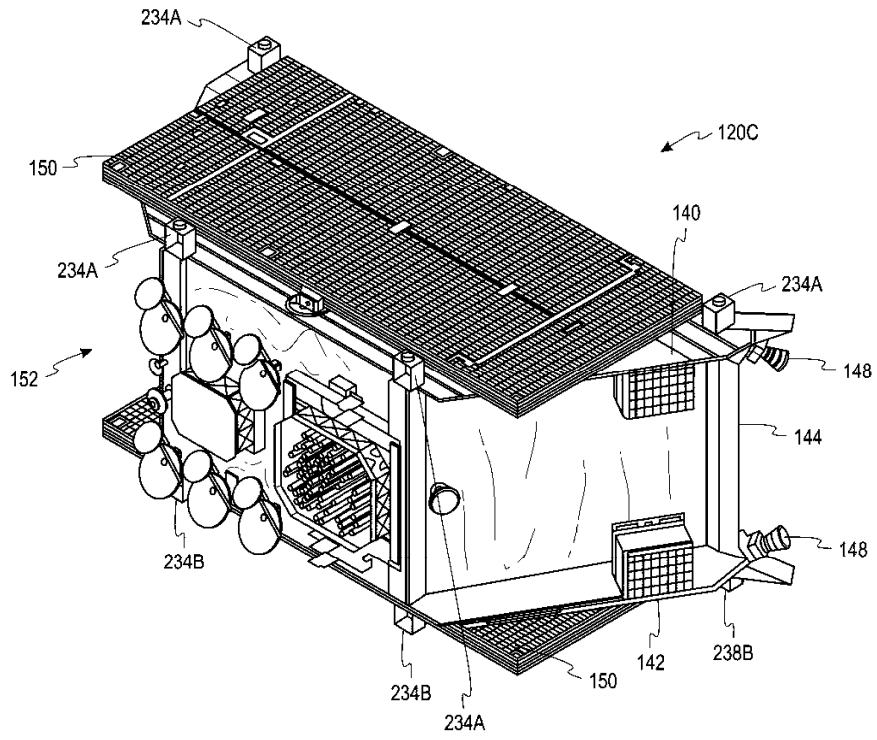
Фиг. 1



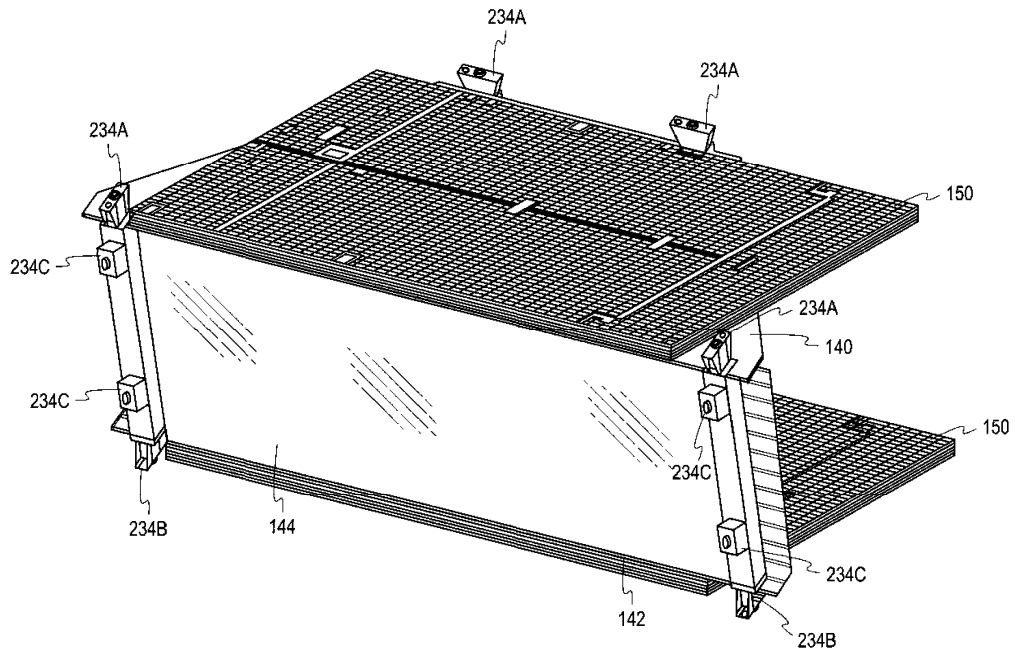
Фиг. 2



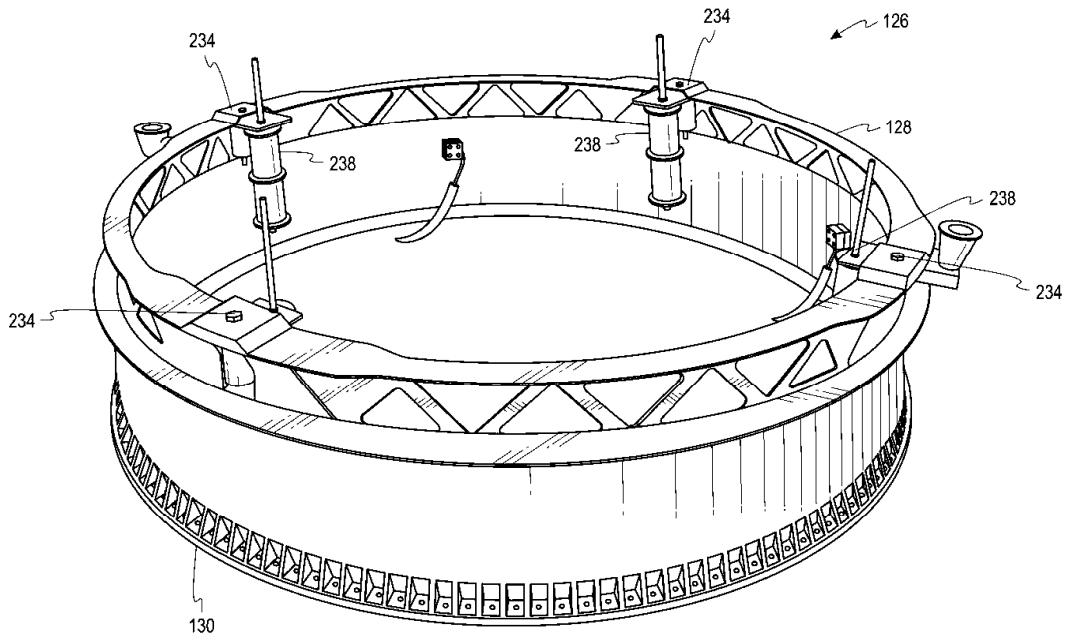
Фиг. 3



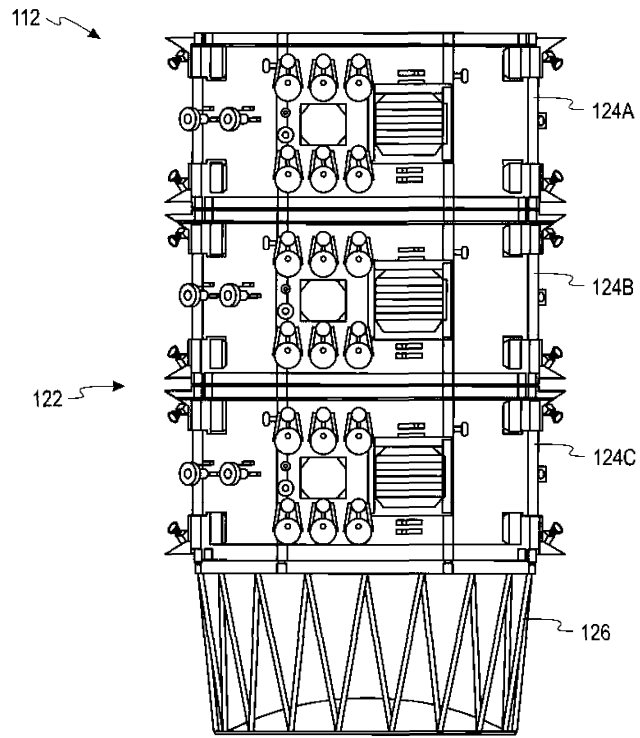
Фиг. 4А



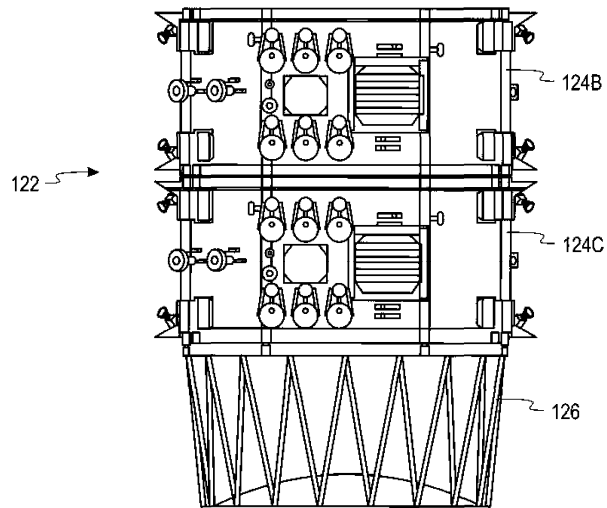
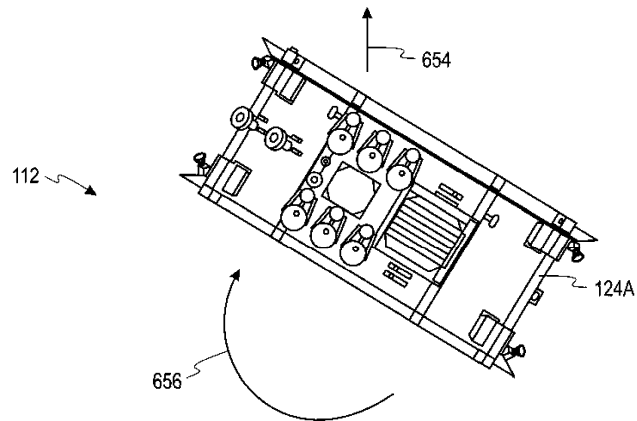
Фиг. 4В



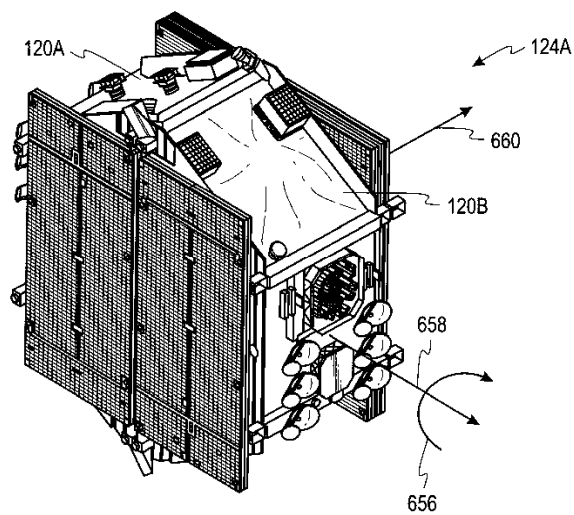
Фиг. 5



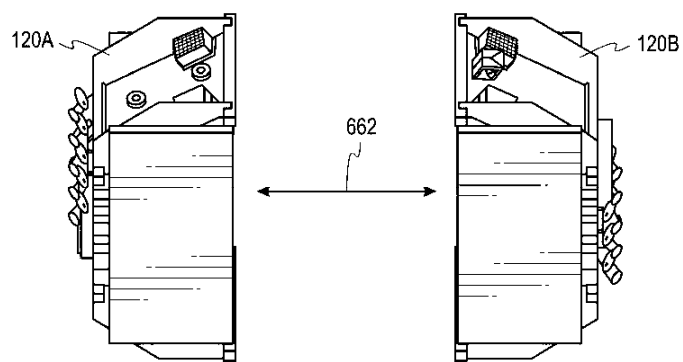
Фиг. 6А



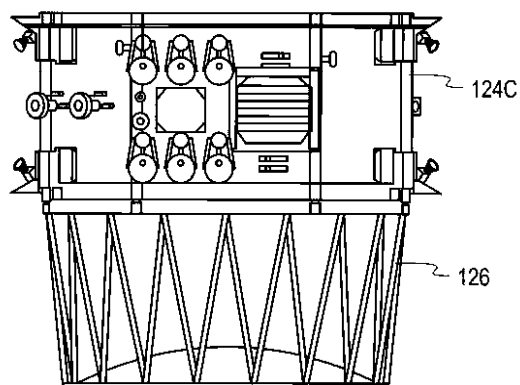
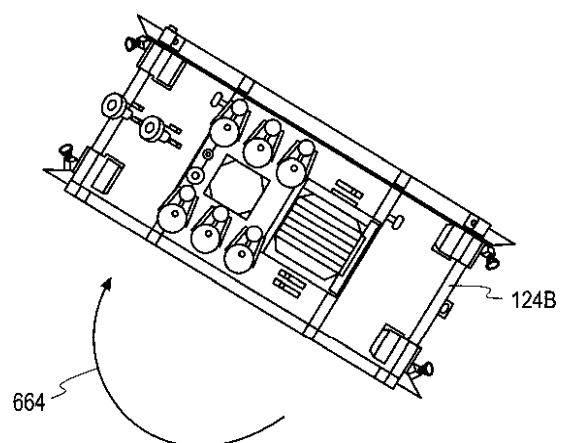
Фиг. 6В



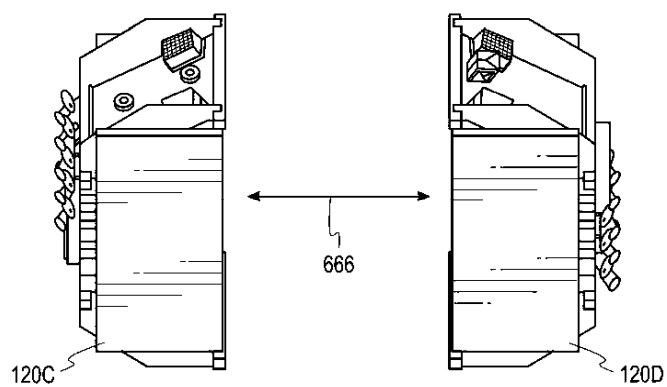
Фиг. 6С



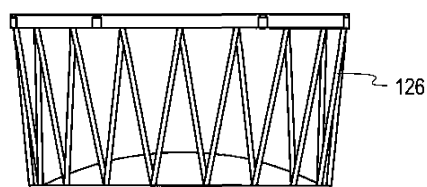
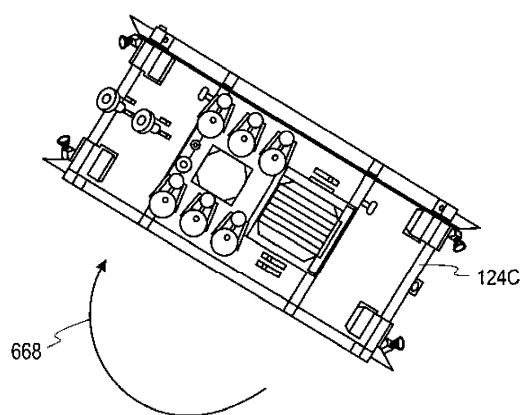
Фиг. 6D



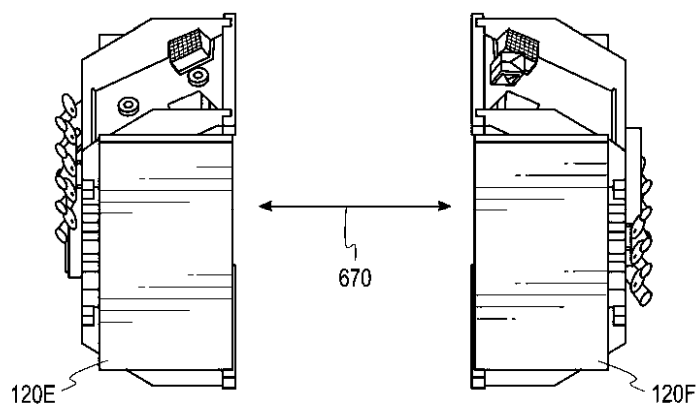
Фиг. 6Е



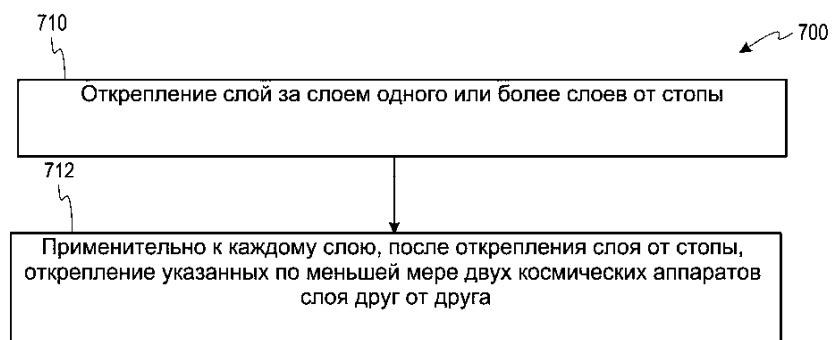
Фиг. 6F



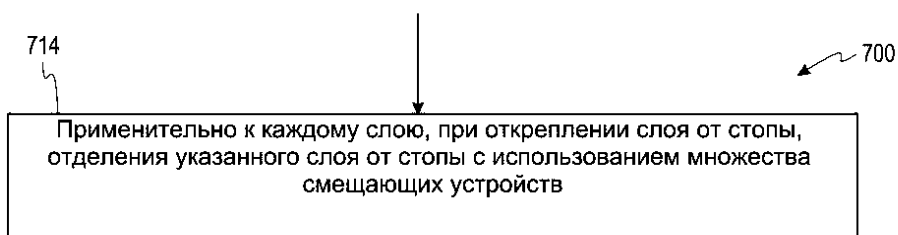
Фиг. 6G



Фиг. 6H



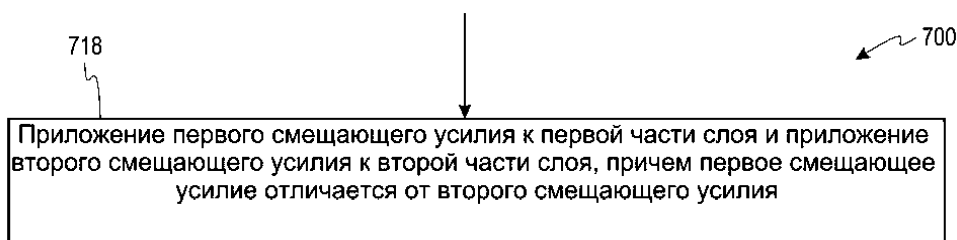
Фиг. 7



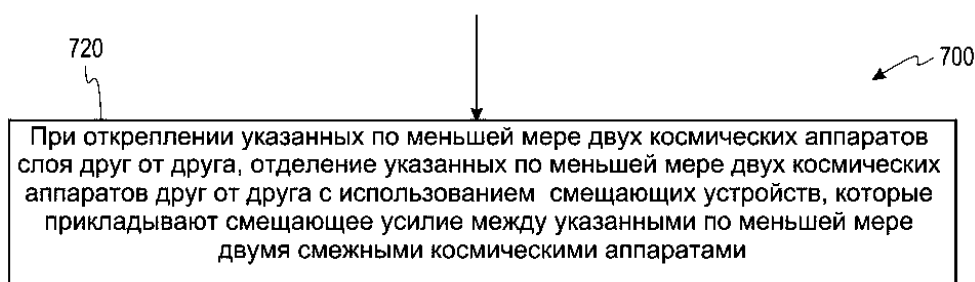
Фиг. 8



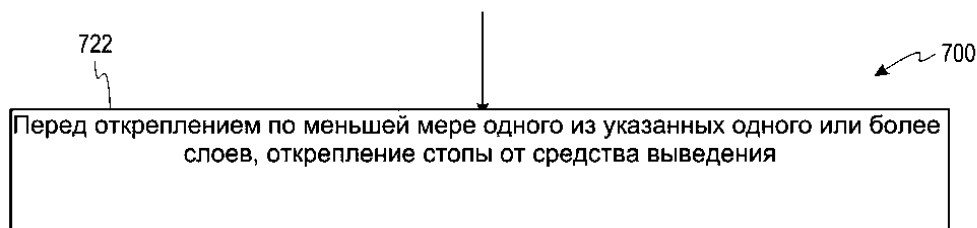
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12

