



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014154127/11, 30.12.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
30.12.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2014

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2521451 C2, 27.06.2014. US 3181821  
A, 04.05.1965. RU 2274784 C1, 20.04.2006.

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для Щеглова  
Г.А., каф. СМ-2

(72) Автор(ы):

Щеглов Георгий Александрович (RU),  
Луковкин Роман Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

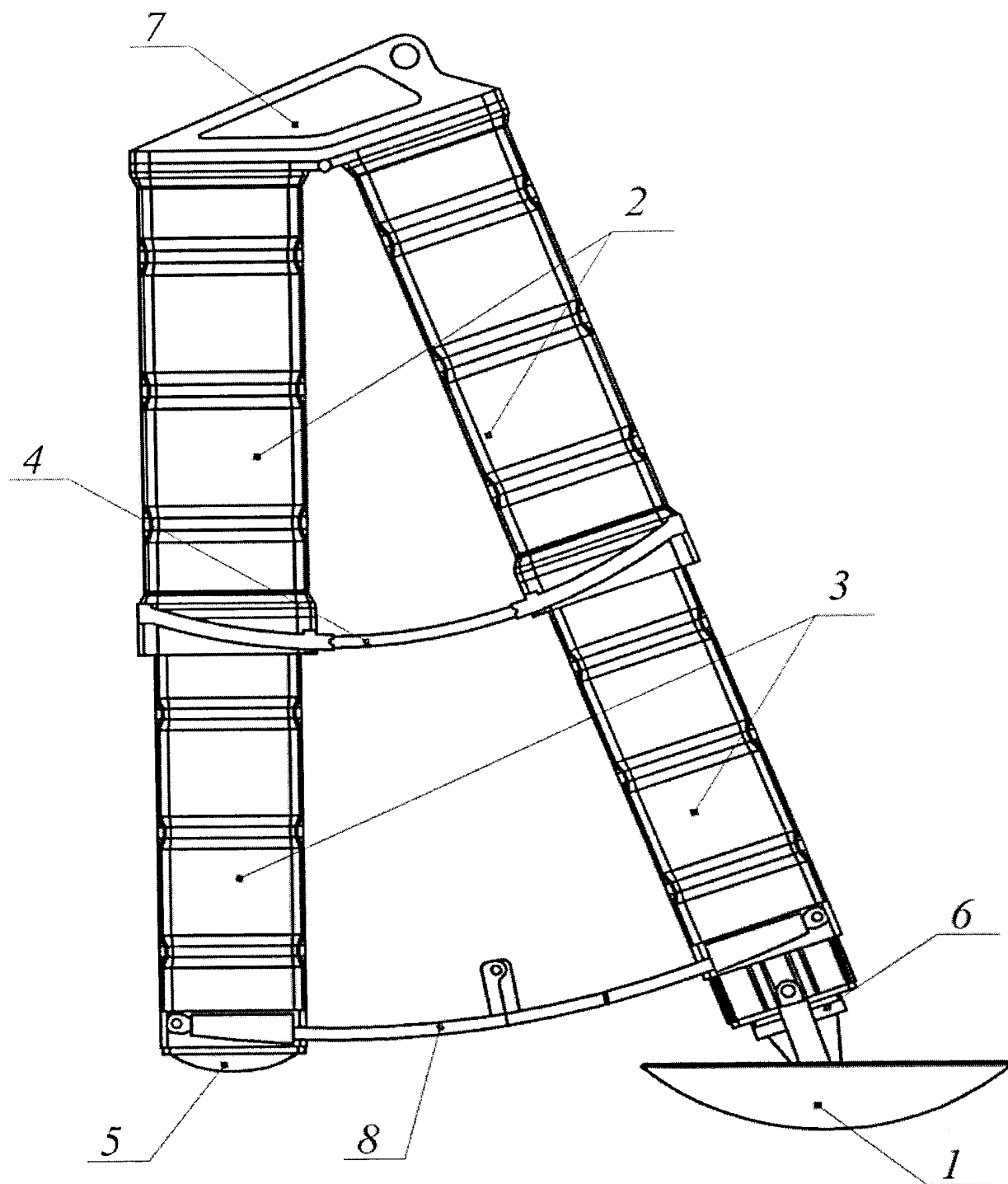
федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
"Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ  
им. Н.Э. Баумана) (RU)

**(54) ПОСАДОЧНОЕ УСТРОЙСТВО С КРАШ-ОПОРАМИ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области космической техники. Посадочное устройство содержит, по крайней мере, одну посадочную опору, включающую в себя центральную телескопическую стойку. Стойка снабжена узлом крепления к корпусу космического аппарата. На конце телескопического штока закреплена опорная тарель. В узле крепления к корпусу космического аппарата шарнирно с центральной телескопической стойкой прикреплена, по крайней мере, одна дополнительная телескопическая стойка с тарелью. Корпусы и

выдвижные элементы телескопических стоек выполнены в виде оболочечных конструкций коробчатого типа с переменным профилем поперечного сечения из пластически деформируемого материала. Корпусы стоек и выдвижные элементы стоек связаны друг с другом с помощью двух замковых механизмов, выполненных в виде двух пар шарнирно соединенных пластин с механизмами фиксации при полном раскрытии стоек. Техническим результатом изобретения является повышение эффективности энергопоглощения. 3 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21)(22) Application: **2014154127/11, 30.12.2014**(24) Effective date for property rights:  
**30.12.2014**

Priority:

(22) Date of filing: **30.12.2014**(45) Date of publication: **10.04.2016** Bull. № 10

Mail address:

105005, Moskva, ul. 2-ja Baumanskaja, 5, str. 1,  
MGТУ im. N.E. Baumana, TSZIS, dlja SHCHeglova  
G.A., kaf. SM-2

(72) Inventor(s):

**SHCHeglov Georgij Aleksandrovich (RU),  
Lukovkin Roman Olegovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe bjudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
professionalnogo obrazovaniya "Moskovskij  
gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet imeni  
N.E. Baumana" (MGТУ im. N.E. Baumana)  
(RU)**

(54) **LANDING GEAR WITH CRUSH SUPPORTS FOR SPACECRAFT**

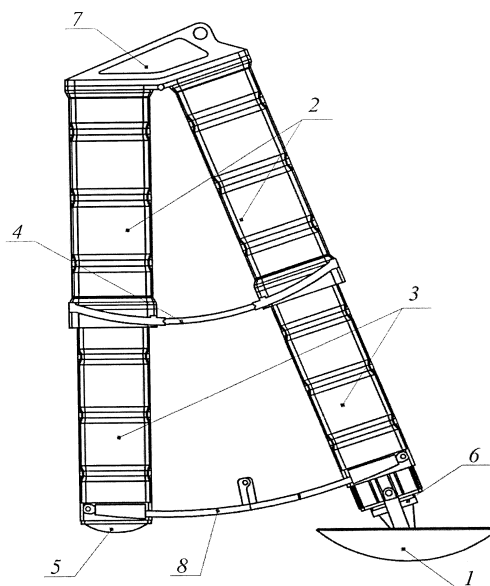
(57) Abstract:

FIELD: astronautics.

SUBSTANCE: locating device comprises at least one mounting support including central telescopic post. Post is equipped with attachment assembly to the housing of the spacecraft. At the end of telescopic rod a support plate is fixed. In the spacecraft mounting unit there is at least one additional telescopic post with support plate is installed pivotally with central telescopic post. Housings and extending elements of telescopic posts are made of plastically deformable material in the form of shell structures of box type with variable cross-section. Housings of posts and extending elements of posts are connected to each other by means of two locking mechanisms made up of two pairs of hinged plates with completely opened posts.

EFFECT: high efficiency of energy absorption.

1 cl, 3 dwg



Фиг. 1

## Область техники

Изобретение относится к области космической техники и служит для осуществления мягкой посадки космического аппарата (КА) на поверхность небесного тела и может быть использовано в тех областях, где необходимо осуществить гашение остаточной

5 кинетической энергии объекта.

## Уровень техники

Известен спускаемый аппарат с посадочным устройством (патент RU 2057689, опубликован 10.04.1996), содержащим для гашения кинетической энергии оболочки с наддувом перед посадкой, а также эластичное сминаемое торообразное устройство,

10 соединенное с системой наддува.

Однако применение пневматических элементов носит весьма ограниченный характер.

Известно энергопоглощающее устройство (патент RU 2274784, опубл. 20.04.2006), содержащее корпус, выполненный в виде замкнутой камеры, заполненной пластически деформируемыми элементами в виде совокупности пустотелых незамкнутых элементов

15 (пивные алюминиевые банки). Однако применение таких устройств на КА нецелесообразно ввиду низкой эффективности энергопоглощения.

Наиболее близким техническим решением является посадочное устройство (ПУ) стержневого типа (патент RU 2521451, опубликован 27.06.2014). Посадочные опоры, каждая из которых включает в себя центральную стойку, состоящую из главного

20 цилиндра с сотовым энергопоглотителем, телескопического штока, расположенного внутри него механизма выдвижения телескопического штока, и снабженную узлом крепления к корпусу КА. Опорная тарель связана с телескопическим штоком. Откидная рама крепится к корпусу КА при помощи кронштейнов. При ударе опорной тарели о грунт при посадке КА усилие удара через телескопический шток передается на

25 подвижный поршень, который сминает сотовый энергопоглотитель, осуществляя гашение энергии посадочного удара.

Недостатком данного устройства является недостаточная эффективность энергопоглощения вследствие наличия большого количества элементов, не участвующих в процессе гашения энергии (стойки, штоки, подкосы, рамы) и передающих часть потока

30 нагрузки в обход энергопоглотителей (сотовый наполнитель) на узлы крепления опор, что может приводить к местному повреждению корпуса и увеличению уровня пиковых перегрузок.

## Раскрытие изобретения

Техническим результатом изобретения является повышение эффективности

35 энергопоглощения и, вследствие этого, ограничение уровня нагрузок, передаваемых на узлы крепления опор.

Технический результат достигается за счет того, что предложено ПУ с краш-опорами для космического аппарата. ПУ содержит, по крайней мере, одну посадочную опору, которая включает в себя центральную телескопическую стойку. Внутри нее имеется

40 механизм выдвижения выдвижного элемента телескопической стойки. Стойка снабжена узлом крепления к корпусу космического аппарата. На конце телескопического штока закреплена опорная тарель. В узле крепления к корпусу космического аппарата шарнирно с центральной телескопической стойкой прикреплен, по крайней мере, одна дополнительная стойка. Она также выполнена телескопической с дополнительной

45 тарелью на конце. Корпусы и выдвижные элементы телескопических стоек выполнены в виде оболочечных конструкций коробчатого типа с переменным профилем поперечного сечения из пластически деформируемого материала. Корпусы стоек и выдвижные элементы стоек связаны друг с другом с помощью двух замковых

механизмов, выполненных в виде двух пар шарнирно соединенных пластин с механизмами фиксации при полном раскрытии стоек.

Перечень чертежей

На фиг. 1 представлен общий вид конструкции опоры ПУ КА.

5 На фиг. 2 показаны стадии процесса раскрытия опоры из транспортного положения в рабочее.

На фиг. 3 показаны результаты моделирования в виде стадий деформирования посадочной опоры при посадке КА.

Осуществление изобретения

10 Функцию энергопоглощения выполняют основные элементы конструкции посадочной опоры - телескопические стойки, представляющие собой пластически деформируемые энергопоглотители одноразового применения. Энергопоглотители представляют собой тонкостенные конструкции переменного профиля сечения, закон изменения которого, например толщины стенки, обеспечивает программируемую (ожидаемую) деформацию, 15 аналогичные применяемым в автомобилестроении (краш-боксы, лонжероны, усилители крыльев и т.д.). В зависимости от потребной энергоемкости энергопоглотителя возможно использование различных штампуемых легких по плотности сплавов для их изготовления, например, на основе алюминия или титана.

Форма, размеры и взаимное размещение энергопоглотителей таково, что условие 20 их нагружения близко к продольному удару, что повышает эффективность энергопоглощения. Для увеличения энергоемкости ПУ энергопоглотители могут быть расположены параллельно. Такое расположение назовем ветвями энергопоглотителей. Для того чтобы увеличить диапазон углов ориентации амортизируемого объекта, вводят несколько ветвей энергопоглотителей, располагая их таким образом, чтобы 25 количество поглощенной энергии было максимальным и поток нагрузки на узлы крепления не мог передаваться в обход энергопоглощающих элементов.

В посадочной опоре (фиг. 1) используются две энергопоглощающие ветви, состоящие из верхних и нижних энергопоглотителей 2, 3, являющихся соответственно корпусами и выдвижными элементами телескопических стоек, например, прямоугольного 30 поперечного сечения. Стойки соединены раскладными пассивными шарнирно связанными пластинами 4, 8 и образуют треугольник, в вершине которого располагается кронштейн 7 для крепления к КА. Одна из стоек, в нашем случае это дополнительная стойка, в раскрытом состоянии располагается вертикально к посадочной поверхности. На ее конце установлена тарель 5, предназначенная для контакта с грунтом. На 35 наклонной ветви установлена контактирующая с поверхностью тарель 1, которая передает усилия на деформируемые элементы через кронштейн 6. Выдвижная пластина 4 и поворотные пластины 8 снабжены замковым механизмом для фиксации углового положения стоек-энергопоглотителей. Кронштейн 7 жестко закреплен с наклонной стойкой, для соединения с вертикальной ветвью используется замковый механизм 40 цангового типа (на схемах не показано). Эффективность процесса деформирования обеспечивается граничными геометрическими условиями, близкими к направлению продольного удара и созданными за счет пластин 4 и 8.

ПУ работает следующим образом. В транспортном состоянии обе стойки (основная и дополнительная) сведены вместе, выдвижные элементы 3 находятся внутри корпусов 45 2 стоек (фиг. 2а). Перед посадкой КА шарнирно соединенные корпуса 2 стоек раздвигаются на требуемый угол, который фиксируется фиксирующим механизмом пары пластин 4 (фиг. 2б). После этого выдвигаются выдвижные элементы штоков 3 (фиг. 2в). После полного выдвижения выдвижных элементов пара шарнирно связанных

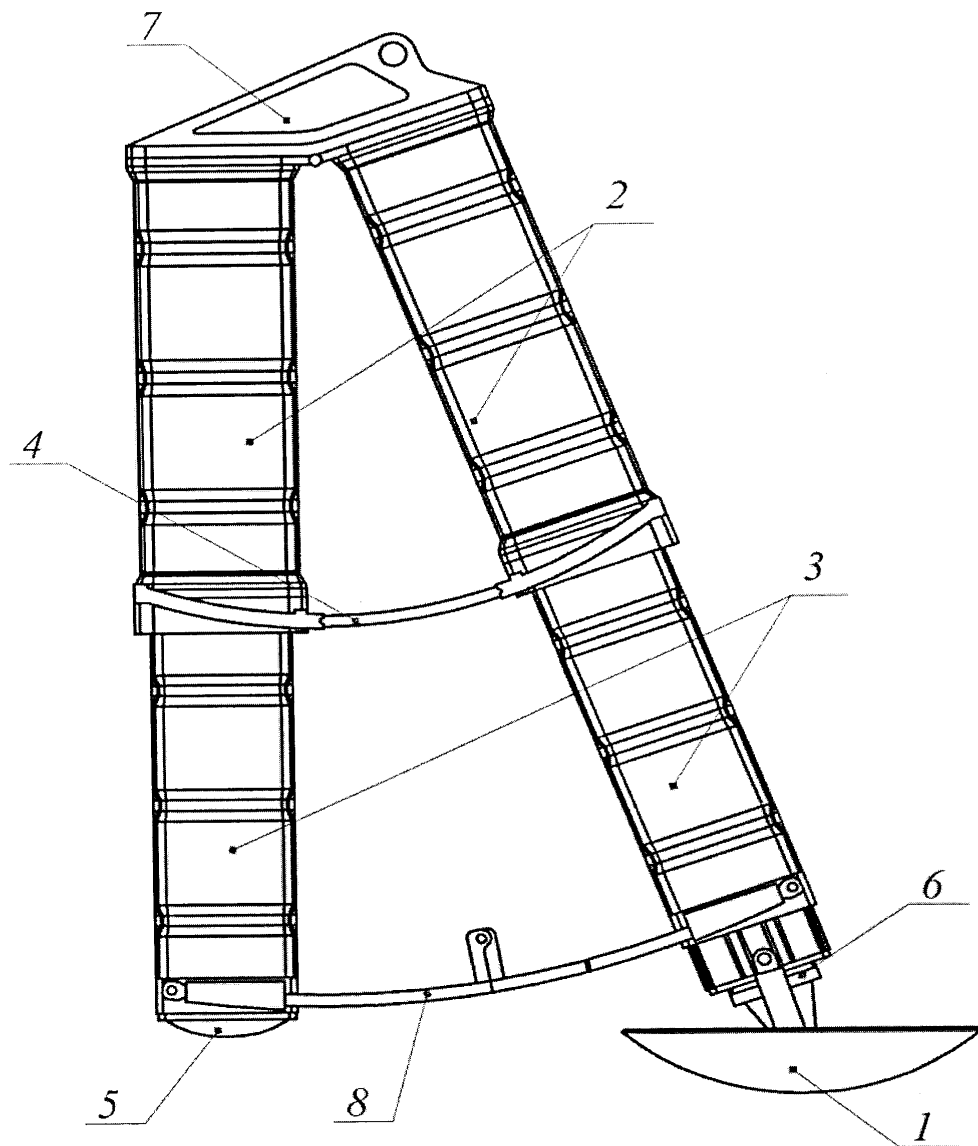
пластин 8 фиксируется замковым механизмом, т.е. этим заканчивается раскрытие стоек ПУ (фиг. 2г) перед посадкой КА.

Подтверждением эффективности заявленного технического решения являются результаты численного моделирования процесса деформирования посадочной опоры в сертифицированном и широко используемом в аэрокосмической отрасли конечно-элементном программном пакете MSC Dytran. Результаты моделирования в виде последовательных стадий деформирования посадочной опоры показаны на фиг. 3а, 3б, 3в, 3г. Здесь видно, что сначала деформируются выдвижные элементы телескопических стоек (фиг. 3а), поскольку их поперечное сечение рассчитано на меньшие усилия деформирования, чем вышерасположенные участки. Затем после полного сминания по крайней мере одного выдвижного элемента (фиг. 3б) начинается деформация корпусов стоек (фиг. 3в) до их полного сминания (фиг. 3г). Следовательно, по всей своей длине стойки работают как энергопоглотители. Как видно из иллюстраций, деформирование начинается снизу и постепенно продолжается по всей длине стойки. Это достигается за счет того, что толщина стенки выдвижного элемента и корпуса постепенно возрастает по мере удаления от тарелей. Таким образом, изменяя профиль поперечного сечения, можно заранее определять характер деформирования стоек.

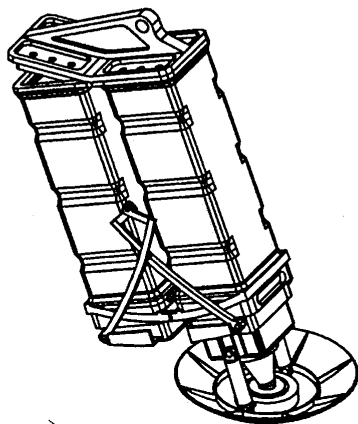
Благодаря данному техническому решению возможно уменьшение массы опоры ПУ и соответственно возможно увеличение массы доставляемого в КА полезного груза. При этом уровень нагрузок на узлы крепления в целом понижается, что в случае использования многоразовых систем уменьшает сложность и стоимость контроля перед повторным запуском КА с подобными устройствами.

#### Формула изобретения

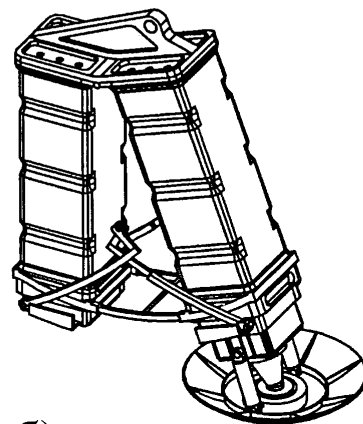
Посадочное устройство с краш-опорами для космического аппарата, содержащее, по крайней мере, одну посадочную опору, которая включает в себя центральную телескопическую стойку с расположенным внутри нее механизмом выдвижения выдвижного элемента стойки, снабженную узлом крепления к корпусу космического аппарата, а также опорную тарель, жестко закрепленную на конце телескопической стойки, отличающееся тем, что в узле крепления к корпусу космического аппарата шарнирно с центральной телескопической стойкой прикреплена, по крайней мере, одна дополнительная телескопическая стойка с дополнительной тарелью на конце, причем корпуса и выдвижные элементы телескопических стоек выполнены в виде оболочечных конструкций коробчатого типа с переменным профилем поперечного сечения из пластически деформируемого материала, а корпуса стоек и выдвижные элементы стоек связаны друг с другом с помощью двух замковых механизмов, выполненных в виде двух пар шарнирно соединенных пластин с механизмами фиксации при полном раскрытии стоек.



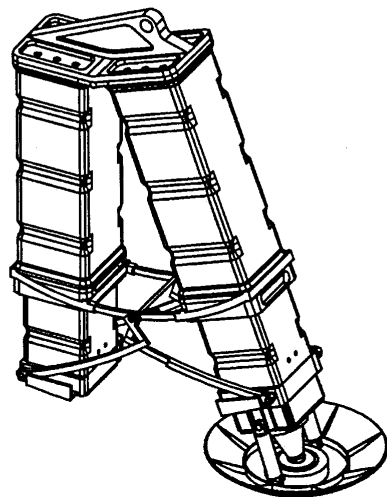
Фиг. 1



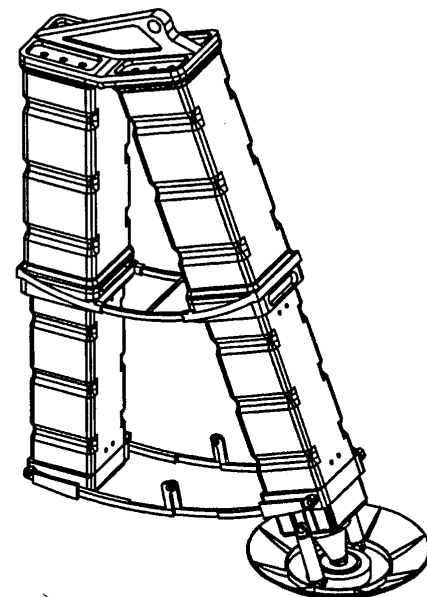
а)



б)



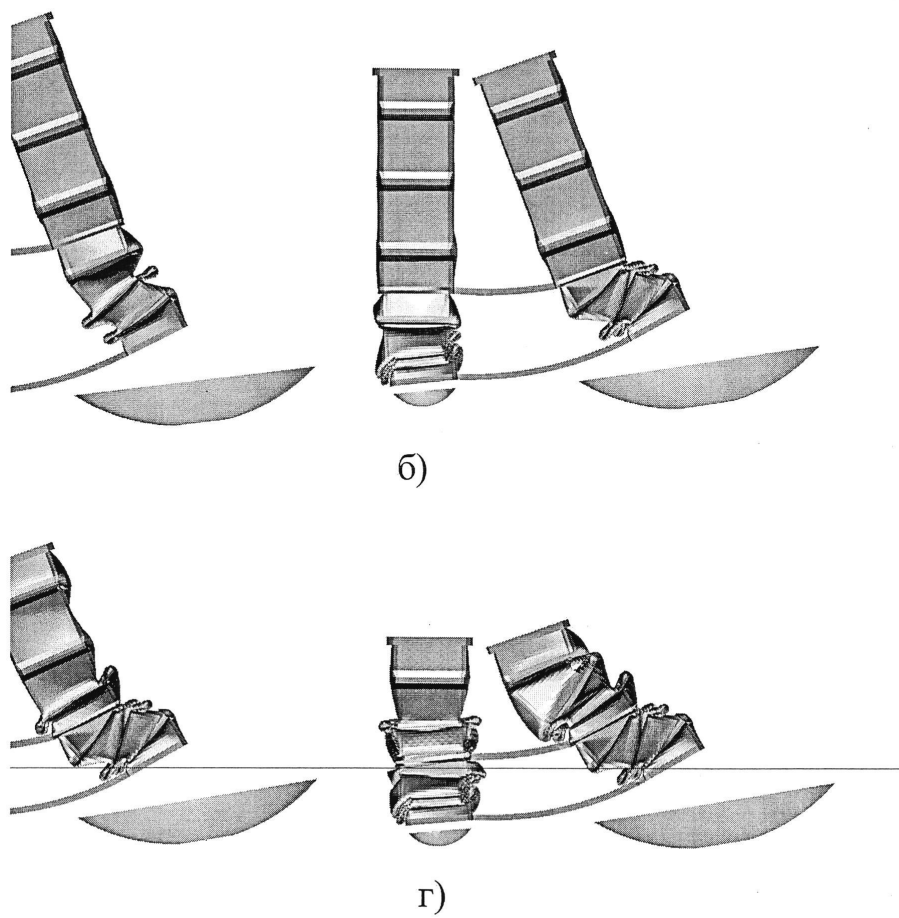
в)



г)

Фиг. 2





Фиг. 3