

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B64G 1/52 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018133505, 21.09.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.09.2018Дата регистрации:
11.01.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.09.2018

(45) Опубликовано: 11.01.2019 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, для Майоровой
В.И. (МКЦ)

(72) Автор(ы):

Просунцов Павел Викторович (RU),
Резник Сергей Васильевич (RU),
Михайловский Константин Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2573684 C2, 27.01.2016. RU
2623782 C1, 29.09.2017. US 9694919 B2,
04.04.2017. US 6298765 B1, 09.10.2001.

(54) Трансформируемый экран из гибкого композиционного материала для защиты космического аппарата от малого космического мусора

(57) Реферат:

Техническое решение устройства относится к трансформируемым космическим структурам, конкретно к трансформируемым экранам для защиты космического аппарата (КА) от малого космического мусора (МКМ). Совокупный технический результат - обеспечение экранной защиты КА от МКМ и малых метеороидов за счет применения всего лишь двухслойного гибкого тканного композитного экрана, что обеспечивает требуемое снижение веса; рациональным обратным углом наклона центральной оси симметрии экрана относительно направления (вектора скорости) полета КА и одновременной рационализацией габаритов экрана в рабочем и походном (транспортном) положениях за счет принципа и схемы трансформации экрана. Технический результат обеспечивается трансформируемым экраном для защиты космического аппарата от малого космического мусора, который имеет центрально

осесимметричный силовой каркас, состоящий из силового элемента для крепления на корпусе защищаемого космического аппарата, композитной базы для установки системы из четырех основных и четырех телескопических сетчатых стержней с возможностью их выдвижения из основных сетчатых стержней. В сложенном состоянии телескопические сетчатые стержни убраны внутрь основных стержней, при этом во внутренней полости силового каркаса уложен внутренний гибкий композитный экран, а на внешней поверхности уложен внешний гибкий композитный экран. В раскрытом состоянии экран по площади закрывает мидель (как правило, это торец) защищаемого космического аппарата и имеет рациональный обратный угол (от 30 до 60 угловых градусов) наклона своей центральной оси симметрии относительно вектора скорости полета защищаемого космического аппарата. Внешний

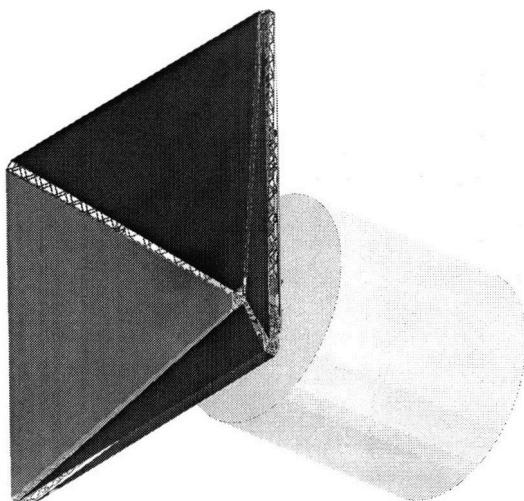
1
U
3
8
1
8
6
1
8
3

R
U
1
8
6
1
8
3

U
1R
U
1
8
6
1
8
3

и внутренний гибкие экраны изготовлены из тканевого композиционного материала и в раскрытом состоянии отстоят друг от друга, при этом раскрытый экран имеет форму четырехгранной пирамиды, ориентированной в направлении полета аппарата своим открытым основанием и вершиной в сторону аппарата. Каждая из четырех двухслойных композитных секций экрана своей вершиной прикреплена к композитной базе, а двумя другими углами к вершинам телескопически выдвигающихся стержней, при этом внешний и внутренний экраны

прикреплены к противолежащим телескопическим стержням, образующим грани пирамиды. В качестве гибкого композиционного материала использованы арамидные ткани на основе волокон таких марок, как СВМ, «Кевлар», «Армос», а для создания силового каркаса использованы сетчатые конструкции из высокопрочного и высокомодульного углепластика из высокопрочных углеродных волокон и эпоксидного связующего. 2 з.п. ф-лы, 12 ил.



Фиг.1

RU 186183 U1

Область техники

Техническое решение устройства относится к трансформируемым космическим структурам, конкретно к трансформируемым экранам для защиты космического аппарата (КА) от малого космического мусора (МКМ).

5 Уровень техники

В процессе патентного поиска были отобраны ряд технических решений, касающихся экранов защиты КА или спутников от МКМ и метеороидов. При этом надо отметить, что в ряде решений основной упор сделан на новых материалах для экранов защиты, а в ряде решений -на конструктивных решениях трансформируемых устройств экранов, 10 при этом найдено мало решений, где эти средства защиты (материалы и трансформируемые конструкции экранов) подробно рассматриваются совместно.

Решения по различным многослойным, в том числе композитным, материалам для экранов защиты КА, но без конкретики трансформируемых конструкций экранов, представлены в следующих патентных документах: китайских патентах CN105109709

- 15 (A) THERMAL INSULATION/PROTECTION INTEGRATED SPACE DEBRIS PROTECTION STRUCTURE AND APPLICATION THEREOF (опубликовано 2015-12-02); CN 206416595 (U) A HETEROGENEOUS INTERCALATION COMPOSITE CONSTRUCTION BOARD FOR PROTECTION OF HYPERVELOCITY PIECE (опубликовано 2017-08-18); южнокорейском патенте KR 20150136172(A) COMPOSITE SHIELDING STRUCTURE FOR SPACECRAFT 20 (опубликовано 2015-12-07); российских патентах RU 2457160 ЭКРАН ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ОТ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МЕТЕОРОИДОВ (Опубликовано: 27.07.2012 Бюл. №21); RU 2623782 ЭКРАН ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ОТ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО УДАРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЧАСТИЦ КОСМИЧЕСКОЙ 25 СРЕДЫ (Опубликовано: 29.06.2017 Бюл. №19).

Решения по трансформируемым конструкциям защитных экранов КА с малой конкретикой (или даже полным отсутствием информации) по материалам экранов представлены в следующих патентных документах: китайском патенте CN 101342947

- (A) SPACE FRAGMENT AND MICROMETEOROID IMPACT RESISTANT PROTECTION 30 MECHANISM CAPABLE OF INFLATING AND EXPANDING ON RAILS (опубликовано 2009-01-14); английском патенте GB 2475926 (B) DEBRIS IMPACT MITIGATION APPARATUS FOR SPACECRAFT (опубликовано 2011-10-19); корейской патентной заявке в США US 2018127115 SPACECRAFT FOR SPACE DEBRIS REMOVAL (опубликовано 2018-05-10).

- 35 И, наконец, были найдены три технических решения, где рассматриваются с различной степенью подробности и конструкции и материалы трансформируемых экранов.

В японском патенте JPH 07277298 PROTECTIVE DEVICE FOR SPACECRAFT (опубликовано 1995-10-24) упор сделан на конструкцию, материал на втором плане. Для избегания столкновений с малыми объектами, движущимися в космическом

- 40 пространстве (космическим мусором), размещают защитный экран (из металлической фольги или композитного материала) противоположно направлению движения защищаемого космического аппарата, при этом экран со множеством параллельных отверстий (в сотовой форме), проходящих в направлении космического аппарата, чтобы защитить переднюю часть корпуса аппарата и захватить любой предмет за счет его

- 45 замедления при его столкновении и разрушении стенок отверстий. После этого заторможенный объект совсем останавливается задней стенкой экрана и таким образом предотвращается его столкновение с основным корпусом защищаемого космического аппарата. Экран расположен так, чтобы свободно складываться и разворачиваться

радиально через опорную конструкцию. Может быть множество таких экранов в сложном сочетании на одном защищаемом аппарате.

Более подробная конструктивная и материаловедческая информация отсутствует в описании патента, то есть патентовался сам принцип защиты космического аппарата от движущихся малых космических объектов. Недостатком данного технического решения можно признать жесткую форму защитного экрана, что ограничивает размер защищаемой области значением 4 м (диаметр обтекателя современных ракет-носителей).

В китайском патенте CN 107697319 (A) HIGH-PERFORMANCE FIBER FABRIC AND FOAM BASED FLEXIBLE PROTECTION STRUCTURE (опубликовано 2018-02-16) описаны высокоэффективная волоконная ткань и гибкая защитная структура на основе пены. Гибкая защитная структура включает в себя буферный экран, пену, заполняющую экран, и заднюю стенку; буферный экран используется для разрушения космического мусора; пена используется для регулирования количества сжатия или количества набухания защитной структуры; заполняемые пеной экраны используются для разложения облаков космического мусора; задняя стенка используется для захвата облака космического мусора. Буферный экран, пена, заполняющие сите и задняя стенка последовательно склеиваются. Гибкая структура защиты может складываться и сжиматься через заполняющие экраны и может компенсировать низкую надежность обычных защитных конструкций; значительно повышена защитная способность гибкой защитной структуры. Этой развернутой в космосе защитной структурой покрывают сам космический аппарат. Помимо пены в качестве материалов используются базальтовые волокна (буферный первый экран тканый из базальтового волокна, количество слоев буферного экрана не менее трех), арамидные или кевларовые волокна для внутреннего второго экрана (два слоя плетения), пена из полиуретана и другие материалы, доступные для китайской космической промышленности. Сжимаемая или расширяемая защитная структура является складной, имеет компактную конструкцию, подходит для различных условий работы, имеет длительный срок службы и может работать хорошо в сложных условиях работы и имеет широкий диапазон применения.

Основное внимание в указанном патенте удалено материалам, а про конструкцию развертывания (трансформации) структуры информации явно мало. Недостатком данного технического решения можно признать сложность схемы трансформации, и большой удельный вес экрана, что связано с избыточным количеством слоев.

В патенте РФ RU 2573684 МНОГОСЛОЙНАЯ ТРАНСФОРМИРУЕМАЯ ГЕРМЕТИЧНАЯ ОБОЛОЧКА (опубликовано: 27.01.2016 Бюл. №3) также упор сделан на применяемых материалах в защитной оболочке, а конструкция и принцип трансформации стоят на втором плане. Многослойная трансформируемая герметичная оболочка (МТГО) включает экранно-вакуумную теплоизоляцию (ЭВТИ) с защитой от атомарного кислорода, противометеороидную защиту в виде защитных противометеороидных экранов с межэкранными разделителями, армирующий слой, герметизирующий слой, слой, защищающий от повреждений изнутри. Противометеороидная защита состоит из многослойных противометеороидных экранов из арамидной ткани. Межэкранные разделители выполнены с «вафельной» несквозной перфорацией. Техническим результатом изобретения является обеспечение достаточной защиты многослойной трансформируемой герметичной оболочки от микрометеороидов и техногенных частиц за счет использования перфорированных межэкранных разделителей, возможность максимального сжатия МТГО в транспортном положении и полного ее восстановления в рабочем положении, а также уменьшение массовых характеристик МТГО. Оболочка трансформируемого космического модуля состоит

из нескольких групп, слоев материалов, выполняющих различные функции. Задачей являлось обеспечение достаточной механической защиты МТГО от микрометеороидов и техногенных частиц за счет использования перфорированных межэкранных разделителей, а также обеспечение возможности максимального сжатия МТГО в транспортном положении и полного ее восстановления в рабочем положении, и уменьшение массовых характеристик МТГО. Противометеоридная защита состоит из многослойных противометеоридных экранов из арамидной ткани, причем в первом от наружного к внутреннему содержится не менее 40% общего количества слоев или суммарной поверхностной плотности экранов, во втором - не менее 20%, которые дистанцируются друг относительно друга на 100 ± 75 мм, а межэкранные разделители выполнены с «вафельной» несквозной перфорацией. Основную толщину МТГО в рабочем положении формируют межэкранные разделители встроенной в состав МТГО противометеоридной защиты. В транспортном положении укладка МТГО в отведенную зону полезного груза, ограниченную внутренней поверхностью обтекателя, осуществляется за счет поджатая (упругой деформации) межэкранных разделителей. Поджатие межэкранных разделителей обеспечивается в первую очередь за счет их перфорирования, а также за счет открыто-пористой структуры материала. В качестве примера для обеспечения достаточного уровня противометеоридной защиты предлагается использовать четыре противометеоридных экрана, дистанцированных межэкранными разделителями толщиной 100 мм из перфорированного пенополиуретана.

Недостатком данного технического решения можно признать недостаточную проработанность схемы трансформации, и большой удельный вес экрана, что связано с избыточным количеством слоев.

В результате проведенного анализа был сделан вывод, что ни одно из множества найденных технических решений-аналогов не может рассматриваться в качестве ближайшего аналога (прототипа) по всей совокупности существенных признаков конструкции и материалов трансформируемого защитного экрана КА от МКМ.

Раскрытие полезной модели

Совокупный технический результат полезной модели - обеспечение экранной защиты КА от МКМ и малых метеороидов за счет применения всего лишь двухслойного гибкого тканного композитного экрана, что обеспечивает требуемое снижение веса; рациональным обратным углом наклона центральной оси симметрии экрана относительно направления (вектора скорости) полета КА и одновременной рационализацией габаритов экрана в рабочем и походном (транспортном) положениях за счет принципа и схемы трансформации экрана.

Технический результат обеспечивается трансформируемым экраном для защиты космического аппарата от малого космического мусора, который имеет центрально осесимметричный силовой каркас, состоящий из силового элемента для крепления на корпусе защищаемого космического аппарата, композитной базы для установки системы из четырех основных и четырех телескопических сетчатых стержней с возможностью их выдвижения из основных сетчатых стержней. В сложенном состоянии телескопические сетчатые стержни убраны внутрь основных стержней, при этом во внутренней полости силового каркаса уложен внутренний гибкий композитный экран, а на внешней поверхности уложен внешний гибкий композитный экран. В раскрытом состоянии экран по площади закрывает мидель (как правило, это торец) защищаемого космического аппарата и имеет рациональный обратный угол (от 30 до 60 угловых градусов) наклона своей центральной оси симметрии относительно вектора скорости полета защищаемого космического аппарата. Внешний и внутренний гибкие экраны

изготовлены из тканевого композиционного материала и в раскрытом состоянии отстоят друг от друга, при этом раскрытый экран имеет форму четырехгранной пирамиды, ориентированной в направлении полета аппарата своим открытым основанием и вершиной в сторону аппарата. Каждая из четырех двухслойных

5 композитных секций экрана своей вершиной прикреплена к композитной базе, а двумя другими углами к вершинам телескопически выдвигающихся стержней, при этом внешний и внутренний экраны прикреплены к противолежащим телескопическим стержням, образующим грани пирамиды.

В качестве гибкого композиционного материала использованы арамидные ткани

10 на основе волокон таких марок, как СВМ, «Кевлар», «Армос», а для создания силового каркаса использованы сетчатые конструкции из высокопрочного и высокомодульного углепластика из высокопрочных углеродных волокон и эпоксидного связующего.

Перечень фигур

Фиг. 1 - развернутый защитный экран, прикрепленный к КА (КА показан условно);

15 Фиг. 2 - развернутый защитный экран (без КА);

Фиг. 3 - развернутый двухслойный гибкий сегмент экрана (один из четырех);

Фиг. 4 - основной сетчатый опорный стержень (один из четырех);

Фиг. 5 - телескопически выдвигаемый сетчатый опорный стержень (один из четырех);

20 Фиг. 6 - силовая конструкция для крепления экрана на корпусе КА;

Фиг. 7 - силовой каркас экрана в сложенном положении;

Фиг. 8 - силовой каркас экрана в промежуточном положении;

Фиг. 9 - силовой каркас экрана в развернутом положении;

Фиг. 10 - экран в сложенном виде;

25 Фиг. 11 - экран в промежуточном положении развертывания основных стержней до выдвижения телескопических стержней;

Фиг. 12 - экран в промежуточном положении с развернутыми основными стержнями и с частичным выдвижением телескопических стержней из основных стержней.

Осуществление полезной модели

С учетом накопленного международного опыта развития систем пассивной

30 микрометеороидной защиты рационально использовать экраны (или экраны-ловушки) из гибкого композиционного материала (КМ) предназначенные для защиты КА от разрушительного воздействия объектов МКМ, двигающихся со скоростями от 2 км/с и имеющими размер до 10 мм и до 7 км/с с размером до 2 мм. Применение такого экрана необходимо для обеспечения гарантированного покрытия и надежного

35 функционирования важных элементов КА, находящихся на геостационарной орбите.

В системах пассивной защиты от микрометеороидов нашли применение следующие материалы: арамидные ткани наподобие «Kevlar», ткани объемного плетения «Nextel», углепластики, органопластики, войлоки на основе углеродных или арамидных волокон. При производстве данных материалов и КМ преимущественно применяют органические,

40 углеродные и керамические волокнистые наполнители. Наиболее известными среди органических арамидных волокон являются волокна на основе жидкокристаллических полиамидов: Кевлар (США), Тварон (Голландия), Терлон (Россия) и их сополимеров: СВМ (Россия), Армос (Россия), Технора (Япония). Ткани объемного плетения «Nextel» на основе керамических волокон оксида алюминия с добавками диоксида кремния и

45 диоксида бора широко применяются в системах микрометеороидной защиты. В качестве основного материала микрометеороидной защиты необходимо применять углепластик из высокопрочных углеродных волокон и эпоксидного связующего для жестких силовых конструкций и слои арамидной ткани для улавливания микрометеороидов и МКМ.

Пример предпочтительного осуществления полезной модели Конструктивно-компоновочная схема (ККС) экрана (или ловушки) из гибкого КМ и ее отдельные элементы изображены на фиг. 1-12. Экран (фиг. 1, 2) предназначен для защиты космических аппаратов с поперечным сечением $3 \times 3 \text{ м}^2$ от разрушительного воздействия объектов малого космического мусора (МКМ), двигающихся со скоростями от 2 км/с и имеющими размер до 10 мм и до 7 км/с с размером до 2 мм. Для гарантии защиты КА от воздействия МКМ поперечный размер экрана был выбран $4,5 \times 4,5 \text{ м}^2$. Экран такого размера не может быть в развернутом состоянии (фиг. 1) выведен в космическое пространство, так как внутренний диаметр обтекателя полезной нагрузки современных отечественных ракет-носителей «Протон-М», «Ангара» составляет 4,1 м. Поэтому конструкция экрана сделана трансформируемой, приводящейся в рабочее состояние на геостационарной орбите. При этом для снижения веса конструкции экрана широко использованы различные виды КМ. Так, для создания опорных стержней (фиг. 4, 5) силового каркаса (фиг. 7) целесообразно использовать сетчатые конструкции из высокопрочного и высокомодульного углепластика.

Для создания надежной и эффективной в весовом отношении защитной структуры перспективным является применение двухслойной оболочки из гибкого КМ (всего в устройстве экрана четыре двухслойных сегмента (фиг. 3) такой оболочки). При этом первый (внешний) слой оболочки, толщина которого составляет от 60 до 80% общей толщины, служит для механического разрушения частицы, но при ее воздействии будет пробит. Прошедшие через этот слой мелкодисперсные фрагменты МКМ должны быть уловлены вторым (внутренним) слоем, наличие которого обеспечивает целостность защищаемого КА. В качестве материалов для изготовления гибкой композитной ловушки могут рассматриваться ткани на основе арамидных волокон, такие как СВМ и Кевлар.

Также при создании ККС экрана использован принцип обратного угла наклона экрана по отношению вероятного направления воздействия МКМ. При такой ориентации экрана попадающие на него частицы МКМ отклоняются в сторону нормали и, таким образом, отводятся от защищаемого КА.

В конкретных величинах экран имеет следующие характеристики. Каждый внешний и внутренний слой гибких сегментов экрана в свою очередь состоит из верхнего слоя - экранно-вакуумной теплоизоляции марки ЭВТИ-И толщиной 20 мм, покрытой арамидной металлизированной тканью, при этом ЭВТИ-И образована из слоев полиимидной пленки толщиной 20 мкм, разделенных стекловолокнистым холстом; силового слоя, который представляет собой тканевый пакет из 120 слоев ткани марки СВМ толщиной 24 мм (внешний экран) и из 40 слоев ткани марки СВМ толщиной 8 мм (внутренний экран), имеющей полотняное плетение 15 ниток 58 текс по утку и по основе; тыльного слоя из ЭВТИ-И толщиной 20 мм; расстояние между внешним и внутренним слоями экрана составляет 100 мм. Для учета тепловых солнечных нагрузок на раскрытий экран считалось, что направление полета экрана по геостационарной орбите совпадает с его осью симметрии, а поперечная ось ориентирована на Землю. В этих условиях экран будет неравномерно освещен Солнцем, что вызовет существенные перепады температуры по его поверхности. С помощью моделирования установлено, что температура на внешней поверхности экрана может меняться в широких пределах от минус 165°C до плюс 80°C, что выходит за рекомендуемый температурный диапазон для арамидной ткани СВМ. Однако применение двусторонней тепловой изоляции из ЭВТИ-И позволяет снизить колебания температуры ткани до приемлемых значений и при завершении первого витка ловушки вокруг Земли она находится в диапазоне от

плюс 6 до плюс 12°C. Было получено распределение температуры в слоях противометеороидной защиты. Противометеороидная защита постепенно захолаживается, но ее температура не падает ниже минус 25°C, что допустимо для арамидных тканей. Анализ температурного состояния сетчатых опорных стержней 5 показал, что перепады температуры в них достигают величины около 150°C, но ни сам уровень, ни градиенты температуры не были критичными и недопустимыми.

Для развертывания экрана-ловушки из транспортного сложенного положения (фиг. 10) используют 4 основных (фиг. 4) и телескопически выдвигаемых (фиг. 5) сетчатых опорных стержня суммарной длиной 6 м, имеющие в основании сечение 200×100 mm².
10 Раскрытий экран имеет форму четырехгранной пирамиды (фиг. 1, 2) со сторонами каждой грани 6,3, 5,0 и 5,0 м, ориентированную в направлении полета своим открытым основанием площадью 6,3×6,3 м. В образованный рупор экрана-ловушки должны попадать элементы МКМ.

Экран-ловушка включает в себя следующие элементы (фиг. 2) с номерами позиций:
15 1 - телескопически выдвигающийся стержень; 2 - основной стержень; 3 - силовой элемент; 4 - внутренний слой гибкого экрана; 5 - внешний слой гибкого экрана.

Силовой элемент 3, служащий для крепления экрана на корпусе КА, выполнен из алюминиевого сплава, габаритный размер около 300 мм. Также есть композитная база (на рисунках не показана) для крепления системы опорных стержней 2 на силовом 20 элементе 3.

Экран для защиты КА от МКМ выводится на орбиту в сложенном состоянии (фиг. 10). Длина сложенного экрана составляет 3 м, ширина (мидель) 1,43 м, проектный вес не превышает 1780 кг (площадь полотна внешнего сегмента - 15 m², толщина - 10 мм;
25 площадь полотна внутреннего сегмента - 14,5 m², толщина - 32 мм; вес композитной силовой конструкции - 148 кг). Основу экрана составляет его силовой каркас (фиг. 7), во внутренней полости котороголожен второй (внутренний 4) гибкий слой экрана, а на внешней поверхностиложен первый (внешний 5) гибкий слой экрана. В сложенном состоянии телескопически выдвигающиеся опорные сетчатые стержни 1 уbraneы внутрь 30 основных опорных стержней 2. Каждый из четырех двухслойных гибких экранов своей вершиной прикреплен к композитной базе, а двумя другими углами к вершинам телескопически выдвигающихся стержней. Внешний 5 и внутренний 4 слои гибкого экрана прикреплены к противолежащим телескопическим стержням 1, образующим грани пирамиды, что позволяет создать двухслойную композитную оболочку.

При разработке схемы раскрытия (трансформации) (фиг. 8, 9, 11, 12) экрана ставились следующие задачи: - система раскрытия силовых элементов должна быть простой, надежной и иметь минимальное количество подвижных соединений; - должна быть предусмотрена система фиксации силовой конструкции в раскрытом положении; - для раскрытия ловушки должны использоваться электро- или пьезоприводы; - система 35 развертывания должна обеспечивать надежное, без заломов и складок, расправление гибких композитных экранов; - динамические нагрузки в силовых элементах при развертывании ловушки должны быть минимальны.

Для обеспечения развертывания гибкого композитного экрана предусматривается двухэтапное раскрытие основных силовых элементов. Первый этап раскрытия ловушки 45 (фиг. 11) заключается в отклонении всех четырех основных опорных стержней 2 на угол 60 град, вокруг поперечной оси, связанной с композитной базой. Для поворота стержней планируется использовать электропривод. Время поворота стержня 2 составляет около 2000 сек. Вид ловушки после развертывания основных опорных

стержней приведен на фиг. 11. Второй этап развертывания ловушки (фиг. 12, 2) предусматривает выдвижение телескопических стержней 1 и натяжение гибкого композитного экрана. Для выдвижения телескопических стержней 1 планируется использовать электропривод. Время выдвижения стержня 1 составляет около 1500 сек.

- 5 На фиг. 12 приведен вид экрана после выдвижения телескопических стержней 1 на половину их длины. Вид экрана после полного выдвижения телескопических стержней 1 приведен на фиг. 2. В раскрытом состоянии экран по площади закрывает мидель (как правило, это торец) защищаемого КА и имеет рациональный обратный угол (от 30 до 60 угловых градусов) наклона своей центральной оси симметрии относительно вектора 10 скорости полета защищаемого КА. Как показало моделирование, именно этот диапазон углов обеспечивает максимально возможную защиту КА предлагаемым экраном от МКМ и малых метеороидов. Обратный угол наклона экрана также регулируется электроприводом.

Предлагаемая полезная модель разработана в рамках работ по соглашению 15 14.574.21.0146 от 26 сентября 2017 г. (уникальный идентификационный номер проекта RFMEFI57417X0146) между Министерством образования и науки Российской Федерации (Госзаказчик) и МГТУ им. Н.Э. Баумана (Исполнитель).

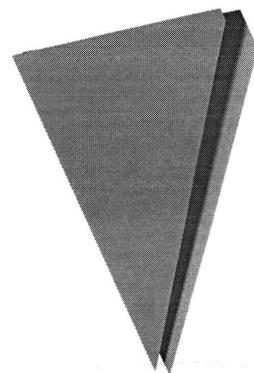
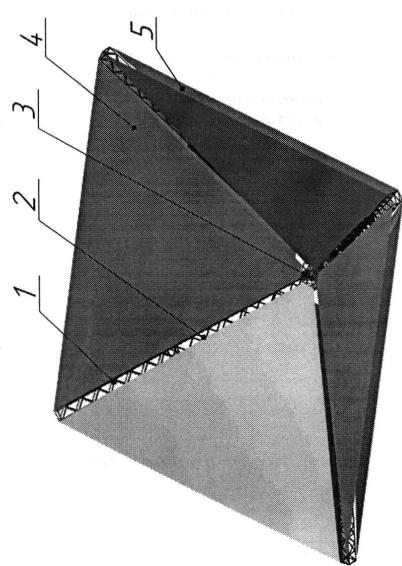
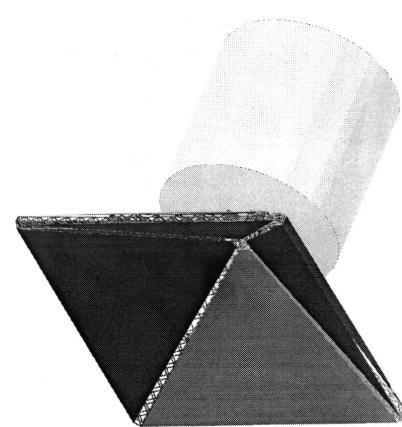
(57) Формула полезной модели

- 20 1. Трансформируемый экран для защиты космического аппарата от малого космического мусора, характеризующийся наличием осесимметричного силового каркаса, состоящего из силового элемента для крепления на корпусе защищаемого космического аппарата, композитной базы для установки системы из четырех основных и четырех телескопических сетчатых стержней с возможностью их выдвижения из 25 основных сетчатых стержней; в сложенном состоянии телескопические сетчатые стержни убранны внутрь основных стержней, при этом во внутренней полости силового каркаса уложен внутренний гибкий композитный экран, а на внешней поверхности уложен внешний гибкий композитный экран; в раскрытом состоянии экран по площади закрывает мидель защищаемого космического аппарата и имеет обратный угол от 30 до 60 градусов наклона своей центральной оси симметрии относительно вектора 30 скорости полета защищаемого космического аппарата; внешний и внутренний гибкие экраны изготовлены из тканевого композиционного материала и в раскрытом состоянии отстоят друг от друга, при этом раскрытый экран имеет форму четырехгранной пирамиды, ориентированной в направлении полета аппарата своим открытым 35 основанием и вершиной в сторону аппарата; каждая из четырех двухслойных композитных секций экрана своей вершиной прикреплена к композитной базе, а двумя другими углами - к вершинам телескопически выдвигающихся стержней, при этом внешний и внутренний экраны прикреплены к противолежащим телескопическим стержням, образующим грани пирамиды.

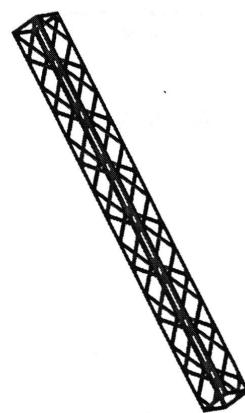
40 2. Экран по п. 1, характеризующийся тем, что в качестве гибкого композиционного материала использованы арамидные ткани на основе волокон таких марок, как СВМ, «Кевлар», «Армос».

45 3. Экран по п. 1, характеризующийся тем, что для создания силового каркаса использованы сетчатые конструкции из высокопрочного и высокомодульного углепластика из высокопрочных углеродных волокон и эпоксидного связующего.

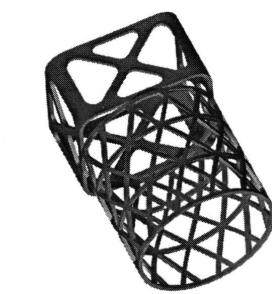
1



Фиг.3



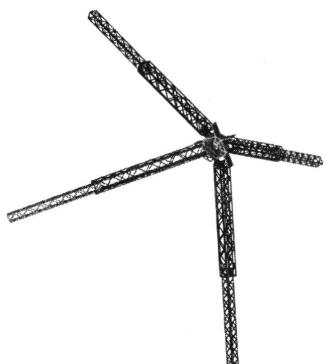
Фиг.4



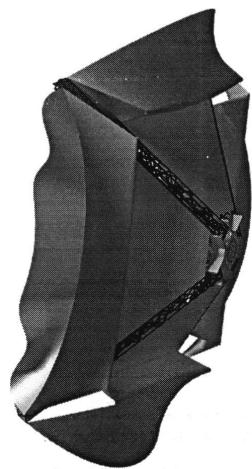
Фиг.6

Фиг.5

2



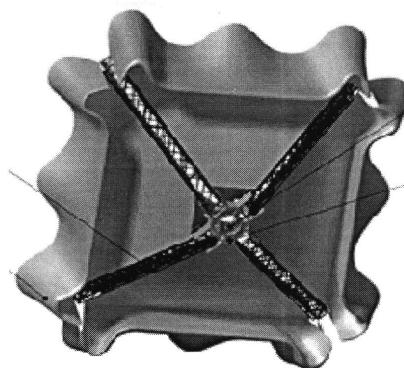
Фиг.9



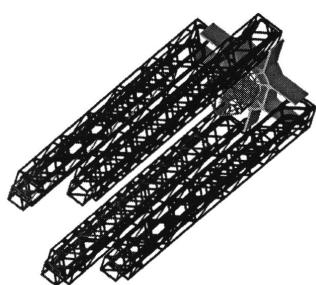
Фиг.12



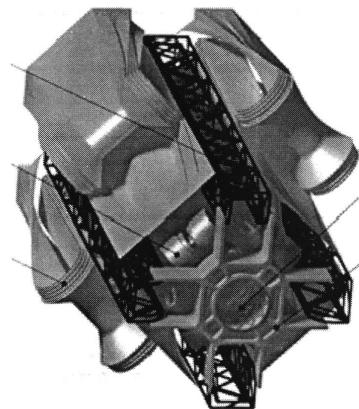
Фиг.8



Фиг.11



Фиг.7



Фиг.10