

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **041726**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2022.11.28**

(51) Int. Cl. **B64C 29/00** (2006.01)  
**B64C 39/02** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202290738**

(22) Дата подачи заявки  
**2020.12.18**

---

(54) **БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ**

---

(31) **2020128388**

(32) **2020.08.26**

(33) **RU**

(43) **2022.06.06**

(86) **PCT/RU2020/000728**

(87) **WO 2022/045921 2022.03.03**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:

**АВТОНОМНАЯ  
НЕКОММЕРЧЕСКАЯ  
ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "УНИВЕРСИТЕТ  
ИННОПОЛИС" (RU)**

(72) Изобретатель:

**Федоренко Роман Викторович, Девитт  
Дмитрий Владимирович, Савин  
Сергей Игоревич, Балахнов Олег  
Алексеевич, Климчик Александр  
Сергеевич (RU)**

(74) Представитель:

**Абдрахманова М.В. (RU)**

(56) **RU-C2-2537509  
RU-C1-2307047  
US-B1-6976899  
US-B2-10384772  
US-A1-20160137293**

---

(57) Изобретение относится к области авиации, в частности к конструкциям элементов защиты беспилотных винтовых летательных аппаратов (БПЛА) вертикального взлета и посадки. БПЛА вертикального взлета и посадки содержит защитную оболочку, внутри которой установлены полетный контроллер, датчики, элементы питания и по меньшей мере один двигатель с воздушным винтом. Защитная оболочка содержит стержни, между которыми натянуты тросы так, что стержни не соприкасаются между собой. Полетный контроллер, датчики, элементы питания и двигатель с воздушным винтом установлены внутри объема, образованного концами стержней и тросами, натянутыми между концами стержней. Обеспечивается снижение веса БПЛА, ударных нагрузок.

---

**041726**  
**B1**

**041726**  
**B1**

### **Область техники**

Изобретение относится к конструкции беспилотных винтовых летательных аппаратов (БПЛА) вертикального взлета и посадки и может быть использовано для разработки БПЛА с защитой элементов конструкции при столкновении с преградой или при падении на землю.

#### **Предшествующий уровень техники**

Как правило, БПЛА содержат корпус с размещенными в нем полетным контроллером, датчиками, элементами питания и по меньшей мере один двигатель с воздушным винтом.

Недостатком такой конструкции БПЛА является невысокая выживаемость элементов конструкции при падении, жесткой посадке или столкновении БПЛА с преградой в полете.

Известны БПЛА, в которых использованы элементы, защищающие конструктивные элементы с помощью различных защитных кожухов или оболочек.

Беспилотные летательные аппараты (US 20160137293 A1, US 10081421 B2) заключены в защитный кожух. Защитный кожух выполнен сферическим и состоит из пересекающихся упругих элементов, образующих сетку.

Дрон с радиальным рисунком расположения наружной рамы (KR 101891693 B1) содержит сетчатый каркас тороидальной формы, которая защищает воздушные винты и другие элементы конструкции при столкновении с преградой или падении.

Беспилотный летательный аппарат (WO 2018/117627 A1) включает в себя корпус, установленный в защитную раму (или защитную решетку), образующую внутреннее пространство для двигателей, воздушных винтов, модуля управления и т.п.

Беспилотный летательный аппарат (EP 3057812 B1) закрыт сетчатым сферическим защитным кожухом.

Гибридный авиационный и наземный беспилотный транспорт (US 20140131507 A1) содержит летающее устройство и подвижную клетку, соединенную с летательным устройством по одним поворотным соединением.

Недостатком указанных устройств является увеличение массы конструкции на величину защитного кожуха и элементов крепления его к БПЛА. Стремление снизить вес конструкции приводит к снижению прочности защитного кожуха.

Известны конструкции БПЛА, в которых сам корпус несет роль защитной конструкции.

Закрытый беспилотный летательный аппарат (US 20160244162 A1) имеет объемный корпус, состоящий из верхней и нижней частей. Внутри объема на частях корпуса размещены элементы конструкции устройства. Корпус выполнен воздухопроницаемым по типу сотовой конструкции.

Беспилотный летательный аппарат (EP 3194265 B1) содержит полый корпус в форме экзоскелетной структуры, которая обеспечивает несущую конструкцию беспилотного летательного аппарата. Корпус образует открытое пространство в центре, которое облегчает поток воздуха к каждому из воздушных винтов или от них.

Недостатком данных видов БПЛА также является большой вес конструкции, так как корпус получается большим и является силовым элементом.

Беспилотный летательный аппарат по патенту US 20160137293 A1 принят в качестве прототипа.

#### **Раскрытие изобретения**

Технической задачей изобретения является создание конструкции БПЛА с защитной оболочкой, способной гасить значительные ударные нагрузки, не приводя к разрушению и отказу БПЛА и отдельных его элементов. Одновременно защитная оболочка должна выполнять функцию несущей конструкции, за счет чего БПЛА будет иметь малый вес, высокую защищенность и достаточную прочность при ударных нагрузках.

Технический результат достигается тем, что в БПЛА вертикального взлета и посадки, содержащем защитную оболочку, внутри которой установлены полетный контроллер, датчики, элементы питания, и по меньшей мере один двигатель с воздушным винтом, согласно настоящему изобретению защитная оболочка содержит стержни, между которыми натянуты тросы так, что стержни не соприкасаются между собой, при этом полетный контроллер, датчики, элементы питания и двигатель с воздушным винтом установлены внутри объема, образованного концами стержней и тросами, натянутыми между концами стержней.

А также тем, что защитная оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки содержит по меньшей мере три стержня, между которыми натянуты тросы так, что стержни не соприкасаются друг с другом.

А также тем, что защитная оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки содержит три пары параллельных друг другу стержней, каждая пара установлена на одной из трех пересекающихся между собой ортогональных плоскостей, причем стержни одной пары установлены симметрично точке пересечения ортогональных плоскостей.

А также тем, что защитная оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки содержит четыре пары стержней, установленных по паре на двух взаимно ортогональных плоскостях и по паре на каждой из двух параллельных плоскостей, расположенных ортогонально первым двум плоскостям.

А также тем, что стержни защитной оболочки БПЛА вертикального взлета и посадки выполнены

одинаковой длины.

А также тем, что стержни защитной оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки выполнены разной длины.

А также тем, что стержни защитной оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки выполнены с возможностью управления их длинами.

А также тем, что по крайней мере часть тросов защитной оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки выполнены растяжимыми.

А также тем, что часть тросов защитной оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки выполнены комбинированными из растяжимой и нерастяжимой частей.

А также тем, что по крайней мере часть тросов защитной оболочка БПЛА вертикального взлета и посадки выполнена в виде упругих элементов.

А также тем, что на концах стержней БПЛА вертикального взлета и посадки установлены упругие элементы, обеспечивающие натяжение тросов.

А также тем, что в БПЛА вертикального взлета и посадки двигатели с воздушными винтами установлены на стержнях защитной оболочка.

А также тем, что в БПЛА вертикального взлета и посадки по меньшей мере один двигатель с воздушным винтом соединен со стержнями защитной оболочка с помощью натянутых тросов.

А также тем, что БПЛА вертикального взлета и посадки содержит датчики ориентации двигателей с воздушными винтами в пространстве, а также может содержать датчики ориентации стержней, контроллера, элемента питания и полезной нагрузки, установленные внутри объема, образованного концами стержней и тросами, натянутыми между концами стержней.

А также тем, что в БПЛА вертикального взлета и посадки тросы защитной оболочка выполнены с возможностью управления их длинами.

А также тем, что в БПЛА вертикального взлета и посадки на концах стержней защитной оболочка установлены демпфирующие элементы.

А также тем, что в БПЛА вертикального взлета и посадки двигатель с воздушным винтом расположен таким образом, что его ось вращения проходит через центр масс БПЛА.

А также тем, что в БПЛА вертикального взлета и посадки на защитную оболочку натянута сетка, которая закреплена на концах стержней и/или на тросах.

#### **Краткое описание чертежей**

На фиг. 1а изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит шесть (три пары) стержней, между которыми натянуты тросы.

На фиг. 1б изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит шесть (три пары) стержней, между которыми натянуты тросы, с одним двигателем с воздушным винтом, который соединен со стержнями с помощью натянутых тросов.

На фиг. 1в изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит шесть (три пары) стержней, между которыми натянуты тросы, с двумя двигателями с воздушными винтами, которые соединены со стержнями с помощью натянутых тросов.

На фиг. 1г изображен вариант исполнения БПЛА с одним импеллером, соединенным со стержнями с помощью натянутых тросов, а защитная оболочка БПЛА содержит шесть (три пары) стержней, между которыми натянуты тросы.

На фиг. 1д изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит шесть (три пары) стержней, между которыми натянуты тросы, с четырьмя импеллерами, два из которых установлены на стержни соосно им, два других установлены на другие стержни перпендикулярно им.

На фиг. 1е изображена схема расположения в защитной оболочке шести (трех пар) стержней.

На фиг. 1ж изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит шесть (три пары) стержней различной длины, между которыми натянуты тросы.

На фиг. 1и изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит три стержня между которыми натянуты тросы, БПЛА содержит один импеллер, соединенный со стержнями с помощью натянутых тросов.

На фиг. 1к изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит восемь (четыре пары) стержней, между которыми натянуты тросы, а импеллеры установлены на стержни соосно им.

На фиг. 1л изображена схема расположения восьми (четырех пар) стержней несущей защитной оболочка БПЛА.

На фиг. 2 изображен вариант исполнения стержня несущей конструкции БПЛА с возможностью управления его длиной.

На фиг. 3 представлен вариант исполнения БПЛА фиг. 1а, в котором применена комбинация нерастяжимого троса с пружиной.

На фиг. 4а и 4б представлен вариант выполнения троса с управляемой переменной длиной, в котором применена элетромышца в качестве переменной части.

На фиг. 5а и 5б представлен вариант выполнения троса с управляемой переменной длиной, в кото-

ром применен линейный актуатор в качестве переменной части.

На фиг. 6 представлено устройство натяжения троса, выполненное в виде пружины растяжения, установленной в стержне.

На фиг. 7 представлено устройство для изменения длины троса, выполненное в виде линейного актуатора, встроенного в стержень.

На фиг. 8 изображен вариант исполнения БПЛА, защитная оболочка которого содержит шесть (три пары) стержней, между которыми натянуты тросы и на которую натянута сетка, закреплённая на концах стержней и/или на тросах.

На фиг. 9 изображен вариант исполнения опоры, установленной на концах стержней, на которой выполнен демпфер из упругого материала.

На фиг. 10 изображен вариант исполнения опоры, установленной на концах стержней, на которой выполнен демпфер с использованием пружины.

На фиг. 11 изображена схема системы управления БПЛА.

БПЛА вертикального взлета и посадки содержит защитную оболочку, которая выполнена из стержней 1 и тросов 2, при этом тросы 2 натянуты между стержнями 1 так, что стержни 1 не соприкасаются между собой. Стержни 1 могут быть одинаковой или разной длины, также могут использоваться стержни переменной изменяемой длины. В варианте исполнения фиг. 1а стержни 1 имеют одинаковые длины. Взаимодействие стержней 1 и тросов 2 образует пространственную форму устойчивой конструкции, которая образует защитную оболочку. В варианте исполнения фиг. 1а защитная оболочка содержит шесть (три пары) стержней 1, между которыми натянуты тросы 2 так, что стержни 1 не соприкасаются друг с другом. Часть тросов 2, которые соединяют концы стержней 1, образуют ребра многогранника, вершинами которого являются концы стержней 1. Эти тросы 2, помимо удержания пространственной формы конструкции, образуют защитную оболочку. На фиг. 1а все тросы 2 соединяют концы стержней 1 и образуют ребра многогранника, вершинами которого являются концы стержней 1.

Внутри защитной оболочки, т.е. внутри объема, описанного концами стержней 1 и тросами 2, которые соединяют концы стержней 1 и образуют ребра многогранника, установлены полетный контроллер 3, элементы питания 4, по меньшей мере один двигатель 5 с воздушным винтом 6. БПЛА может нести полезную нагрузку 7.

Полетный контроллер 3, элементы питания 4, по меньшей мере один двигатель 5 с воздушным винтом 6 и полезная нагрузка 7 могут быть установлены на стержнях 1 или соединены с ними с помощью натянутых тросов. Двигатели 5 могут быть установлены непосредственно на стержни 1 или на управляемые качающиеся основания 8, которые установлены на стержни 1, при этом воздушные винты 6 могут находиться как на одном, так и на разных уровнях.

БПЛА может иметь опоры 9, которые установлены на концы стержней 1 и на часть из которых он стоит на плоскости (земле).

Индексами А1, А2, ..., Е1, Е2 обозначены концы стержней 1.

В варианте исполнения БПЛА фиг. 1а двигатели 5 с воздушными винтами 6 установлены на управляемые качающиеся основания 8, которые установлены на стержни 1, полетный контроллер 3, элементы питания 4, полезная нагрузка 7, представленная в виде видеокамеры, также установлены на стержни 1. Воздушные винты 6 находятся на одном уровне.

В варианте исполнения БПЛА фиг. 1б один двигатель 5 с воздушным винтом 6 установлен в центре масс конструкции БПЛА на раме 10 и соединен со стержнями 1 с помощью натянутых тросов 2а, полетный контроллер 3, элементы питания 4 установлены на стержни 1.

В варианте исполнения БПЛА фиг. 1в два встречно установленных двигателя 5 с воздушными винтами 6 установлены в центре масс конструкции БПЛА на раме 10 и соединены со стержнями 1 с помощью натянутых тросов 2а, полетный контроллер 3, элементы питания 4 установлены на стержни 1.

В варианте исполнения БПЛА фиг. 1г один или несколько двигателей с воздушными винтами собраны в импеллер 11, который установлен таким образом, что его ось проходит через центр масс БПЛА и соединен со стержнями 1 помощью натянутых тросов 2а, полетный контроллер 3, элементы питания 4 установлены на стержни 1. Импеллер 11 может содержать воздушные рули (не изображены) для изменения вектора тяги.

Вариант исполнения БПЛА фиг. 1д содержит четыре импеллера 11, два из которых установлены на стержни 1 соосно им, два других установлены на другие стержни 1 перпендикулярно им, полетный контроллер 3, элементы питания 4 установлены на стержни 1. Причем все или часть импеллеров 11 могут быть установлены на управляемые качающиеся основания 8 (на фиг. 1д не показаны), которые установлены на стержни 1. Полетный контроллер 3, элементы питания 4 также могут быть соединены со стержнями 1 с помощью натянутых тросов 2а.

Геометрические размеры элементов защитной оболочки, размеры и местоположение полетного контроллера 3, элементов питания 4, двигателей 5 с воздушными винтами 6 или импеллеров 11 и полезной нагрузки 7 и размещение их на стержнях 1 выполнены таким образом, что они расположены внутри объема, описанного концами стержней 1 и тросами 2, которые соединяют концы стержней 1 и образуют ребра многогранника, и не выходят за пределы указанного объема при возможных деформациях защит-

ной оболочки. К возможным деформациям защитной оболочки относятся преднамеренное изменение геометрии стержней 1 или тросов 2 в процессе эксплуатации (управления векторами тяги воздушных винтов 6, наклон или передвижения (перекачивания) БПЛА по поверхности земли), а также возможные деформации при падении БПЛА или ударе его о преграды. Такое решение гарантирует сохранность элементов конструкции БПЛА при падении его на землю, ударе об стену или линейные преграды типа столба или ветки дерева.

На фиг. 1е изображена схема расположения шести (трех пар) стержней 1, представленных в вариантах исполнения БПЛА фиг. 1а-1д и указаны обозначения концов стержней 1. Каждая пара стержней 1а и 1б; 1в и 1г; 1д и 1е параллельна друг другу, причем каждая пара стержней 1а и 1б; 1в и 1г; 1д и 1е установлена на одной из трех пересекающихся между собой взаимно ортогональных плоскостях 12а, 12б и 12в. Пара стержней 1а и 1б установлена на плоскость 12б, пара стержней 1в и 1г установлена на плоскость 12а, пара стержней 1д и 1е установлена на плоскость 12в. При этом стержни 1 одной пары установлены параллельно друг другу симметрично точке 13 пересечения ортогональных плоскостей 12а, 12б и 12в, а стержни 1а и 1б; 1в и 1г; 1д и 1е, расположенные на разных плоскостях 12б, 12а и 12в, ортогональны друг другу.

Стержни 1 могут быть одинаковых или различных размеров. По крайней мере часть стержней 1 могут быть переменной управляемой длины.

На фиг. 1ж представлен БПЛА с защитной оболочкой, содержащей стержни разной длины. Стержни 1а, 1б выполнены короче остальных стержней 1.

Концы А1 и А2 стержня 1а, Б1 и Б2 стержня 1б, В1 и В2 стержня 1в, Г1 и Г2 стержня 1г, Д1 и Д2 стержня 1д, Е1 и Е2 стержня 1е образуют вершины многогранника, ограничивающего объем защитной оболочки БПЛА.

Данные вершины соединены между собой тросами 2 в следующем порядке (фиг. 1а-1в):

вершина А1 соединена с вершинами Б1, В1, В2, Д1, Е1;  
 вершина А2 соединена с вершинами Б2, Г1, Г2, Д1, Е1;  
 вершина Б1 соединена с вершинами А1, В1, В2, Д2, Е2;  
 вершина Б2 соединена с вершинами А2, Г1, Г2, Д2, Е2;  
 вершина В1 соединена с вершинами А1, Б1, Г1, Е1, Е2;  
 вершина В2 соединена с вершинами А1, Б1, Г2, Д1, Д2;  
 вершина Г1 соединена с вершинами А2, Б2, В1, Е1, Е2;  
 вершина Г2 соединена с вершинами А2, Б2, В2, Д1, Д2;  
 вершина Д1 соединена с вершинами А1, А2, В2, Г2, Е1;  
 вершина Д2 соединена с вершинами Б1, Б2, В2, Г2, Е2;  
 вершина Е1 соединена с вершинами А1, А2, В1, Г1, Д1;  
 вершина Е2 соединена с вершинами Б1, Б2, В1, Г1, Д2.

Указанные выше тросы 2 соединяют концы стержней 1 и образуют ребра многогранника, вершинами которого являются концы стержней 1, стержни 1 несут роль каркаса защитной оболочки, поддерживающего форму защитной оболочки и ее жесткость на складывание, а также служат для размещения на нем элементов БПЛА.

Количество тросов 2 определяется количеством стержней 1 и определяет жесткость каркаса защитной оболочки. Помимо указанных тросов 2, защитная оболочка может содержать дополнительные тросы 2б (фиг. 1ж), которые могут поднять общую жесткость защитной оболочки или его определенной части. Для этого возможны другие соединения вершин А1, А2, ..., Е1, Е2 между собой тросами 2б, помимо указанных выше, а также соединения любых других точек стержней 1 между собой тросами 2б. Например, в варианте исполнения БПЛА фиг. 1ж тросы 2б соединяют вершины А2, Б1 и А1, Б2, а также середины стержней 1а и 1б, в варианте исполнения БПЛА фиг. 3 тросы 2б соединяют вершины А2, Б1 и А1, Б2 стержней 1а и 1б. Диагональное соединение параллельных стержней 1 в указанных случаях снижает раскачивание стержней 1, что приводит к лучшей управляемости БПЛА.

В отдельных вариантах исполнения БПЛА некоторые тросы 2 могут отсутствовать, если это не нарушает способность оболочки защитить установленные в нем компоненты, что определяется компоновкой их внутри защитной оболочки. Например, в варианте исполнения БПЛА фиг. 1г отсутствуют тросы 2, соединяющие вершины В1, Г1; В2, Г2; Е1, Д1 и Е2, Д2. При этом элементы конструкции БПЛА установлены таким образом, что при встрече БПЛА с линейной преградой в местах, где должны быть расположены указанные тросы 2, удар примут на себя соответствующие стержни 1в, 1г, 1д или 1е.

Натяжение тросов 2, 2а, 2б и соответственно сжатие стержней 1 должно обеспечивать требуемое пространственное расположение стержней 1 и величину натяжения тросов 2, обеспечивающих защиту внутреннего объема в состоянии покоя, полета и в процессе столкновения БПЛА с плоскостью или линейной преградой. При изменении степени натяжения тех или иных тросов 2, 2а, 2б может изменяться геометрия защитной оболочки. При этом могут изменяться местоположение и ориентация отдельных или всех стержней 1, защитная оболочка может быть сложена при хранении и расправляться перед полетом и т.п.

Вершины А1, А2, ..., Е1, Е2 стержней 1 и тросы 2 образуют защитную оболочку, обеспечивающую

сохранность установленных внутри нее полетного контроллера 3, элементов питания 4, двигателей 5 и воздушных винтов 6 или импеллеров 11 и другого оборудования. Вершины А1, А2, ..., Е1, Е2 стержней 1 обеспечивают эффективную защиту при соударении с плоскостью, тросы 2 обеспечивают защиту при столкновении с линейными преградами типа столбов, веток деревьев и т.п. Таким образом, защита данных устройств обеспечивается самой несущей конструкцией БПЛА без каких-либо специальных дополнительных защитных средств.

Защитная оболочка варианта исполнения БПЛА фиг. 1и содержит три стержня 1а, 1б и 1в, установленных на плоскость одними концами с образованием треугольника А1, В1, В1. Стержни 1а, 1б и 1в наклонены таким образом, что их вторые концы образуют треугольник А2, В2, В2 на другой плоскости, причем конец каждого стержня 1 находится над началом предыдущего, т.е. полученные треугольники развернуты друг относительно друга. Вершина каждого стержня 1 соединена с вершинами двух других стержней 1 на плоскости и вершиной предыдущего стержня 1 в другой плоскости: вершина А1 соединена с вершинами В1, В1, В2; вершина В1 соединена с вершинами А1, В1, А2; вершина В1 соединена с вершинами А1, В1, В2; вершина А2 соединена с вершинами В2, В2, В1; вершина В2 соединена с вершинами А1, В1, В2; вершина В2 соединена с вершинами А1, А2, В2 тросами 2.

Указанные выше тросы 2 образуют ребра многогранника, вершинами которого являются концы стержней 1, стержни 1 несут роль каркаса защитной оболочки, поддерживающего форму защитной оболочки и ее жесткость на складывание, а также служат для размещения на нем элементов БПЛА.

БПЛА (фиг. 1и) содержит импеллер 11, расположенный таким образом, что его ось проходит через центр масс БПЛА, и соединен со стержнями 1 с помощью тросов 2а, полетный контроллер 3, элементы питания 4, которые могут быть установлены на стержни 1, на корпус импеллера 11 или соединены со стержнями 1 с помощью тросов 2а. На фиг. 1и полетный контроллер 3, элементы питания 4 и полезная нагрузка 7 установлены на корпус импеллера 11.

Концы стержней 1 образуют вершины многоугольника А1, В1, В1, А2, В2, В2, тросы 2 образуют ребра. Геометрические размеры защитной оболочки, размеры и местоположение импеллера 11 полетного контроллера 3, элементов питания 4, полезной нагрузки 7 и размещение их на тросах 2а выполнены таким образом, что они расположены внутри объема, описанного концами А1, В1, В1, А2, В2, В2 стержней 1 и соединяющих их тросов 2 и не выходят за пределы указанного объема при возможных деформациях защитной оболочки. К возможным деформациям защитной оболочки относится изменение его геометрии с целью управления вектором тяги импеллера 11 при полете, при расположении БПЛА на земле, а также при падении БПЛА на плоскость или ударе его на плоскость или линейную преграду, например ствол мелкого дерева или ветку.

Вершины А1, В1, В1, А2, В2, В2 стержней 1 и соединяющие их тросы 2 образуют защитную оболочку, обеспечивающий сохранность установленных внутри него импеллера 11, полетного контроллера 3, элементов питания 4. Вершины А1, В1, В1, А2, В2, В2 стержней 1 обеспечивают эффективную защиту при соударении с плоскостью, тросы 2 обеспечивают защиту при столкновении с линейными преградами типа столбов, веток деревьев и т.п. В данной конструкции стержни 1 расположены в одной плоскости с частью тросов 2 и также являются элементами защиты установленных внутри несущей защитной оболочки элементов БПЛА.

Защитная оболочка БПЛА фиг. 1к содержит восемь (четыре пары) стержней 1, установленных (фиг. 1л) по паре на каждой из двух взаимно ортогональных плоскостях 12а (стержни 1и, 1к) и 12б (стержни 1е, 1д) и по паре на каждой из двух параллельных друг другу плоскостей 12в (стержни 1в, 1г) и 12г (стержни 1а, 1б), расположенных ортогонально первым двум плоскостям 12а и 12б. Стержни 1е, 1д на плоскостях 12в и 12г расположены на равном расстоянии от плоскости 12б. При этом стержни 1и, 1ж, 1д, 1е, расположенные на плоскостях 12а и 12б, ортогональны всем стержням, расположенным на других плоскостях. Стержни 1в, 1г, 1а, 1б, расположенные на 12в и 12г, параллельны друг другу и ортогональны стержням, расположенным на плоскостях 12а и 12б.

Стержни 1а, 1б, 1в и 1г имеют одинаковые длины и выполнены короче стержней 1д, 1е, 1и, 1к, которые также имеют одинаковые длины. Это позволило получить БПЛА, у которого высота меньше длины и ширины (приплюснутая форма конструкции).

Концы А1 и А2 стержня 1а, В1 и В2 стержня 1б, В1 и В2 стержня 1в, Г1 и Г2 стержня 1г, Д1 и Д2 стержня 1д, Е1 и Е2 стержня 1е, Ж1 и Ж2 стержня 1ж, И1 и И2 стержня 1и образуют вершины защитной оболочки БПЛА.

Данные вершины стержней 1 соединены между собой тросами 2 в следующем порядке (фиг. 1к):

вершина А1 соединена с вершинами В1, В1, Г1, Д1, Ж1;  
 вершина А2 соединена с вершинами В2, В2, Г2, Е1, Ж1;  
 вершина В1 соединена с вершинами А1, В1, Г1, Д1, Ж2;  
 вершина В2 соединена с вершинами А2, В2, Г2, Е1, Ж2;  
 вершина В1 соединена с вершинами А1, В1, Г1, Ж1, И1;  
 вершина В2 соединена с вершинами А2, В2, Г2, Е2, И1;  
 вершина Г1 соединена с вершинами А1, В1, В1, Д2, И2;  
 вершина Г2 соединена с вершинами А2, В2, В2, Е2, И2;

вершина Д1 соединена с вершинами А1, В1, Е1, Ж1, Ж2;  
 вершина Д2 соединена с вершинами В1, Г1, Е2, И1, И2;  
 вершина Е1 соединена с вершинами А2, В2, Д1, Ж1, Ж2;  
 вершина Е2 соединена с вершинами В2, Г2, Д2, И1, И2;  
 вершина Ж1 соединена с вершинами А1, А2, Д1, Е1, И1;  
 вершина Ж2 соединена с вершинами В1, В2, Д1, Е1, И2;  
 вершина К1 соединена с вершинами В1, В2, Д2, Е2, Ж1;  
 вершина К2 соединена с вершинами Г1, Г2, Д2, Е2, Ж2.

Указанные выше тросы 2 образуют ребра многогранника, вершинами которого являются концы стержней 1, стержни 1 несут роль каркаса защитной оболочки, поддерживающего форму защитной оболочки и ее жесткость на складывание, а также служат для размещения на нем элементов БПЛА.

Количество тросов 2 определяется количеством стержней 1 и определяет жесткость каркаса защитной оболочки. Помимо указанных тросов 2, защитная оболочка может содержать дополнительные тросы 2б (фиг. 1ж), обеспечивающие другие соединения вершин А1, А2, ..., И1, И2 стержней 1 между собой, помимо указанных выше, а также соединения любых других точек стержней 1 между собой. В отдельных вариантах исполнения БПЛА некоторые тросы 2 могут отсутствовать, если это не нарушает способность оболочки защитить установленные в нем компоненты, что определяется компоновкой их внутри защитной оболочки. Тросы 2а (фиг. 1б-1г, 1и), натяжение которых обеспечивают расположение двигателя 5 с воздушными винтами 6 и других элементов конструкции, также влияют на геометрию и жесткость защитной оболочки БПЛА. Натяжение тросов 2, 2а, 2б и соответственно сжатие стержней 1 должно обеспечивать требуемое пространственное расположение стержней 1 и натяжение тросов 2, 2а, 2б, обеспечивающее защиту внутреннего объема в состоянии покоя, полета и в процессе столкновения БПЛА с плоскостью или линейной преградой. При изменении степени натяжения тех или иных тросов 2, 2а, 2б может изменяться геометрия защитной оболочки. При этом могут изменяться местоположение и ориентация отдельных или всех стержней 1, защитная оболочка может быть сложена при хранении и расправляться перед полетом и т.п.

Защитная оболочка может содержать три и более стержней 1, между которыми натянуты тросы 2 так, что стержни 1 не соприкасаются друг с другом. Представленные защитные оболочки из трех, шести (трех пар) и восьми (четырёх пар) стержней представляют собой выпуклые многогранники. Базируясь на указанном принципе построения и применяя стержни 1 одинаковой или различных длин, могут быть получены защитные оболочки, представляющие собой другие геометрические фигуры, например пирамиду, цилиндр, диск и т.п., которые могут быть наиболее оптимальными для построения конкретной конфигурации БПЛА для заданных целей.

Такой подход к разработке защитной оболочки БПЛА позволяет получить модульный трансформируемый БПЛА, который собирается из набора стержней 1 одинаковой или разных длин и тросов 2 с последующим закреплением на полученной защитной оболочке всех необходимых устройств. Причем даже ограниченный по типоразмерам набор элементов может дать большое количество вариантов сборки БПЛА самых различных размеров для самых различных задач.

Как указывалось выше, стержни 1 могут быть постоянной и переменной управляемой длины.

На фиг. 2 представлен вариант исполнения стержня 1 переменной управляемой длины. Стержень 1 состоит из двух трубчатых частей: наружной 13 и внутренней 14, которые входят друг в друга телескопически. На наружной 13 части стержня 1 установлен двигатель 15 с ходовым винтом 16, на внутренней 14 части стержня 1 установлена гайка 17. Установка частей 13 и 14 стержня 1 друг в друга выполнено с возможностью продольного хода и не позволяет вращаться им друг относительно друга. Поз. 9 изображены опоры.

Тросы 2, 2а и 2б могут быть нерастяжимыми, растяжимыми или комбинированными, состоящими из нерастяжимых, растяжимых частей. Возможно также применение тросов 2, 2а и 2б управляемой переменной длины. Защитная оболочка БПЛА может содержать одновременно несколько типов тросов 2, 2а и 2б. Возможно обеспечение натяжения тросов 2, 2а и 2б с помощью упругих элементов или устройств натяжения, установленных внутри стержней 1.

Нерастяжимые тросы 2, 2а и 2б или их части могут быть выполнены из материала высокой прочности и высокого модуля упругости, например из металла или кевлара.

Растяжимые тросы 2, 2а и 2б или их части могут быть изготовлены из высокопрочного упругого материала с невысоким модулем упругости, например из синтетических канатов или резиновых шнуров. В качестве растяжимого троса 2, 2а и 2б или их части возможно также применение пружин растяжения.

На фиг. 3 представлен вариант исполнения БПЛА, в котором применена комбинация нерастяжимого троса 2 с пружиной 18.

В качестве троса 2, 2а и 2б его или части управляемой переменной длины возможно применение искусственных мышц, линейного актуатора, или иного подобного устройства, обеспечивающего изменение длины по заданной команде.

На фиг. 4а и 4б представлен вариант исполнения тросов 2, 2а или 2б, часть управляемой переменной длины которых выполнена в виде искусственной мышцы 19, представляющей собой жгут из эла-

стичного электроактивного полимерного композита, изменяющего свою длину  $\lambda$  в зависимости от величины поданного на его концы управляющего напряжения/тока. Длина  $L_1$  на фиг. 4а соответствует максимальной длине троса 2, 2а или 2б с искусственной мышцей 19 в момент, когда искусственная мышца 19 расслаблена и имеет максимальную длину  $\lambda_1$ . Длина  $L_2$  соответствует минимальной длине троса 2, 2а или 2б, когда искусственная мышца 19 напряжена и имеет минимальную длину  $\lambda_2$ . Рабочий диапазон длины троса 2, 2а или 2б лежит между значениями  $L_1$  и  $L_2$ . Возможно применение других видов искусственных мышц 19, например пневматических.

На фиг. 5а и 5б представлен вариант исполнения тросов 2, 2а или 2б, часть управляемой переменной длины которых выполнена в виде тянущего линейного актуатора 20. Линейный актуатор с выдвигаемым штоком 21, внутри корпуса линейного актуатора 20 размещен механизм выдвижения штока 21. Линейный актуатор 20 устанавливается в разрыв троса 2, 2а или 2б и соединяется с ними концами корпуса 20 и штока 21. Значения длин  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $L_1$  и  $L_2$  аналогичны соответствующим значениям фиг. 4а и 4б.

Натяжение тросов 2 и их рабочая длина могут задаваться устройствами натяжения или регулировки длины, которые встроены на концах стержней 1. В качестве устройства натяжения тросов 2 могут быть использованы одна или несколько пружин сжатия или растяжения, один конец которых соединен со стержнем 1, другой - с тросом 2. Применение нескольких пружин позволяет устанавливать индивидуальное натяжение для каждого троса 2, одна пружина обеспечивает одну величину натяжения для всех тросов 2, соединенных с ним.

На фиг. 6 представлен вариант исполнения устройства натяжения троса 2, выполненного в виде одной пружины 22 растяжения. Один конец пружины 22 соединен с тросами 2, другой конец - со стержнем 1. Устройство содержит наконечник 23, по которому скользят тросы 2. Возможно применение другого видов наконечников (графически не представлены), например, со шкивами для троса 2, что обеспечивает снижение трения тросов 2.

На фиг. 7 представлен вариант исполнения устройства для изменения длины троса 2, выполненного в виде линейных актуаторов 20, подвижный шток 21 которых соединен с концами тросов 2, а корпус соединен со стержнем 1. Вместо линейного актуатора 20 возможно применение также искусственной мышцы 19 или подобных им механизмов.

На защитную оболочку может быть натянута сетка 24 (фиг. 8), которая закреплена на концах стержней 1 и/или на тросах 2. Такое решение повышает степень защищенности установленных внутри защитной оболочки полетного контроллера 3, элементов питания 4, двигателей 5 с воздушными винтами 6 и полезной нагрузки 7, особенно при ударе о выступающие предметы, например сломанный торчащий сук дерева или отдельно лежащий камень, размеры которого меньше расстояния между тросами 2.

Для повышения защищенности БПЛА от ударов на опорах 9 могут быть установлены демпфирующие элементы 25. Ими могут быть выступы (наконечники) из упругого материала (фиг. 9), например из резины, наконечник 26 (фиг. 10), упирающийся на пружину 27, или подобные устройства.

Применение защитной оболочки, которая содержит стержни 1, между которыми натянуты тросы 2, дает широкие и разнообразные возможности для размещения двигателей 5 с воздушными винтами 6, импеллеров 11, полетного контроллера 3, элементов питания 4 и полезной нагрузки 7. Одновременно, это накладывает дополнительные условия.

Размещение двигателя 5 с воздушными винтами 6 на стержнях 1, которые, в свою очередь, установлены на тросах 2, или непосредственное размещение двигателей 5 на натянутых тросах 2а позволяют, с одной стороны, управлять их ориентацией в пространстве путем перераспределения натяжения тросов 2, 2а и 2б или изменения длин стержней 1. Это, в свою очередь, требует контроля направления вектора тяги каждого двигателя 5 с воздушным винтом 6 в пространстве. Поэтому каждый двигатель 5 с воздушным винтом 6 содержит датчик ориентации двигателя в пространстве (не показан). Это может быть инклинометр, инерционные датчики (IMU) или подобный прибор, установленный непосредственно на двигатель 5.

Двигатели 5 с воздушными винтами 6 могут быть установлены на стержне 1 так, чтобы ось вращения двигателя 5 была параллельна стержню 1 либо под некоторым углом к стержню 1. Возможна установка двигателя 5 с воздушным винтом 6 на стержень на управляемый элемент качания 8 (фиг. 1а), что позволяет изменять угол вектора тяги по отношению к стержню, на котором он установлен. Двигатели 5 с воздушными винтами 6, оси которых расположены параллельно стержням 1, могут быть установлены рядом со стержнем 1, в разрыв стержня 1 соосно ему (фиг. 1к). Могут быть также использованы изогнутые стержни 1, на которых установлены двигатели 5 с воздушными винтами 6, или импеллеры 11, которые установлены соосно линии, соединяющей начало и конец стержня 1.

Размещение элементов конструкции БПЛА должно производиться с учетом центровки БПЛА. Двигатели 5 с воздушными винтами 6, полетный контроллер 3 (автопилот), датчики (на фигуре не показаны), элементы питания 4 и полезная нагрузка 7 могут устанавливаться отдельно друг от друга, чтобы обеспечить распределение массы внутри защитной оболочки. Связь между устройствами может осуществляться

как по кабелям, так и по беспроводному каналу связи.

В качестве полезной нагрузки 7 БПЛА могут использоваться камеры (в том числе видимого диапазона, инфракрасные и мультиспектральные, камеры глубины, событийные и др.), лазерные сканеры, приборы освещения, грузы и др. Полезная нагрузка 7 и датчики могут быть закреплены на стержнях 1 и тросах 2а. Полезная нагрузка и датчики могут быть размещены на гиросtabilизированных подвесах (на фигуре не показано).

БПЛА содержит следующую систему управления и оборудован следующими датчиками. Система управления (фиг. 11) содержит полетный контроллер 3 со встроенным гироскопом, компасом, акселерометром и барометром (на фигуре не показаны), приемник связи 28, приемник 29 глобальной спутниковой навигационной системы, драйверы 30 управления двигателями 5 с воздушными винтами 6 по количеству двигателей 5, может содержать драйверы 31 управления приводами 32 изменения длин стержней 1 (двигателем 15 фиг. 2), драйверы 33 управления приводами 34 изменения длин тросов 2, 2а, 2б (электромышца 19 фиг. 4а, 4б; актуатор 20 фиг. 5а, 5б, 7), драйверы 35 управления приводом 36 вектора тяги импеллеров 11. Также может содержать бортовой компьютер 37, датчики 38 инерционной навигационной системы (ИНС), а также видеокамеры 39, лидары 40 и другое оборудование, необходимое для выполнения функции БПЛА.

Датчики 38 ИНС могут быть установлены на двигателях 5, установленных на управляемые элементы качания 8 (фиг. 1а), которые установлены на стержни 1, а также на двигатели 5 (фиг. 1б, 1в) и импеллеры 11 (фиг. 1г, 1и), которые соединены со стержнями 1 с помощью натянутых тросов 2а. Наилучший результат дает установка датчиков 38 ИНС на всех двигателях 5 или импеллерах 11. Датчики 38 ИНС также могут быть установлены на все стержни 1 и другие элементы конструкции, что позволяет бортовому компьютеру 37 определить в реальном времени пространственную конфигурацию БПЛА и рассчитать расположение центра масс.

Работа устройства.

Конструкция БПЛА позволяет управлять движением в полете четырьмя способами:

изменение тяги каждого воздушного винта 6;

изменение направления вектора тяги каждого или группы воздушных винтов 6;

изменение направления вектора тяги импеллера 11;

смещение центра масс БПЛА.

Изменение тяги каждого воздушного винта 6 является традиционным и наиболее распространенным способом управления движением БПЛА. С изменением тяги воздушных винтов 6 БПЛА приобретает наклон, что позволяет получить горизонтальную составляющую тяги заданного направления.

Данный способ управления движением в полете подходит для вариантов исполнения БПЛА с постоянной длиной стержней 1 и тросов 2, 2б, которые представлены на фиг. 1а, 1ж, 1к, 3 и 8. Изменения тяги каждого воздушного винта 6 может вносить небольшие изменения геометрии защитной оболочки, которые должны быть учтены при управлении БПЛА.

Изменение направления вектора тяги каждого или группы воздушных винтов 6 возможно в трех вариантах в зависимости от того, каким образом установлены двигатели 5 с воздушными винтами 6.

Для варианта исполнения, в которых двигатели 5 установлены непосредственно на стержни 1, способ основан на изменении ориентации стержней 1 защитной оболочки путем изменения длин тросов 2, 2б и/или стержней 1. Двигатели 5, установленные на стержни 1, меняют ориентацию оси вращения вместе со стержнем 1, на который они установлены. Установленные на двигатели 5 датчики 38 ИНС фиксируют угловую ориентацию двигателя 5 и передают на полетный контроллер 3.

Данный способ управления движением в полете подходит для вариантов исполнения, в которых имеются стержни 1 управляемой переменной длины, представленные на фиг. 2, или тросы 2 управляемой переменной длины с использованием электромышцы 19, представленные на фиг. 4а, 4б, с использованием актуаторов 20, представленных на фиг. 5а, 5б и 7. При этом БПЛА может быть одного из вариантов исполнения фиг. 1а, 1д, 1ж, 1к, 3 и 8.

Для варианта установки двигателя 5 с воздушным винтом 6 на стержень 1 на управляемый элемент качания 8 (фиг. 1а) возможна ориентация оси вращения двигателя 5 независимо от ориентации стержня 1, на котором он установлен. При этом БПЛА может быть одного из вариантов исполнения фиг. 1а, 1д, 1ж, 1к, 3 и 8, в которых имеются стержни 1 управляемой переменной длины, представленные на фиг. 2, или тросы 2 управляемой переменной длины с использованием электромышцы 19, представленные на фиг. 4а, 4б, с использованием актуатора 20, представленного на фиг. 5а, 5б и 7. Установленные на двигатели 5 датчики 38 ИНС фиксируют угловую ориентацию двигателя 5 и передают на полетный контроллер 3.

Для варианта установки двигателей с 5 воздушными винтами 6 или импеллерами 11 на натянутых тросах 2а возможно изменение пространственной ориентации путем согласованного изменения длин удерживающих их тросов 2а, при котором двигатель 5 с воздушным винтом 6 или импеллер 11 будет повернут на требуемый угол. Указанные варианты исполнения БПЛА представлены на фиг. 1б-1г, 1и. Установленные на двигатели 5 или импеллеры 11 датчики 38 ИНС фиксируют угловую ориентацию двигателя 5 и передают на полетный контроллер 3.

Изменение направления вектора тяги импеллера 11 возможно на всех исполнениях БПЛА, в которых применен импеллер 11 с воздушным рулем (не показан). Указанные варианты исполнения БПЛА представлены на фиг. 1г, 1д, 1и и 1к.

Смещение центра масс БПЛА может производиться путем изменения длин тросов 2, 2а, 2б и стержней 1, при котором происходит смещение стержней 1 и других компонентов БПЛА друг относительно друга, что приводит к перераспределению масс конструкции и смещению центра масс. В случае, если двигатели 5 с воздушными винтами 6 или иные компоненты БПЛА установлены на натянутых тросах 2а, возможно смещение их путем согласованного изменения длин удерживающих их тросов 2а. С изменением центра масс БПЛА приобретает наклон, который позволяет получить горизонтальную составляющую тяги заданного направления.

Такой способ управления БПЛА возможен на всех представленных выше исполнении БПЛА, в которых имеются стержни 1 управляемой переменной длины, представленные на фиг. 2, или тросы 2 управляемой переменной длины с использованием электромышцы 19, представленные на фиг. 4а, 4б, с использованием актуатора 20, представленного на фиг. 5а, 5б и 7.

Может также применяться комбинация всех или отдельных из указанных способов как постоянно, так и эпизодически. Это позволяет использовать наиболее эффективный для данной ситуации способ управления полетом.

В исходном состоянии БПЛА лежит на плоскости, упираясь концами по крайней мере трех стержней 1 или опор 9 на плоскость (землю). Вектор тяги установленных на БПЛА двигателей 5 с воздушными винтами 6 или импеллеров 11 направлен вертикально вверх или под углом к горизонту и фиксируется установленными на них датчиками 38 ИНС.

После включения питания бортовой компьютер 37 опрашивает все датчики 38 ИНС, строит пространственную конфигурацию конструкции БПЛА, определяет угол наклона БПЛА к горизонту и направление векторов тяги воздушных винтов 6 или импеллеров 11. При необходимости производятся необходимые изменения пространственной конфигурации конструкции путем изменения длин стержней 1 и тросов 2. Например, если для укладки БПЛА в тару тросы 2 расслаблены, стержни 1 имеют минимальную длину и конструкция защитной оболочки потеряла устойчивую пространственную форму, длины стержней 1 и тросов 2 приводятся в рабочие величины и конструкция вновь обретает заданную устойчивую пространственную форму.

По команде "взлет" БПЛА полетный контроллер 3 запускает двигатели 5 с воздушными винтами 6 или импеллеры 11 и одним из приведенных выше способов или их комбинацией выравнивает БПЛА относительно горизонта и производит взлет вверх.

В полете бортовой компьютер 37 в реальном времени опрашивает все датчики 38 ИНС, строит пространственную конфигурацию конструкции БПЛА, определяет угол наклона БПЛА к горизонту и направление вектора тяги воздушных винтов 6 или импеллеров 11. Это позволяет сделать выбор наиболее оптимального способа управления движением БПЛА.

Для целей управления используется математическая модель БПЛА как твердого тела. Данная математическая модель вырабатывает управляющие команды на органы управления БПЛА (двигателей 5, приводов 32 изменения длин стержней 1, приводов 34 изменения длин тросов 2, 2а, 2б, приводы 36 воздушных рулей импеллеров 11). Управляющая программа отслеживает точность исполнения команд, сравнивая ожидаемую траекторию движения БПЛА с реальной траекторией движения БПЛА, получаемую обработкой бортовым компьютером 37 сигналов с гироскопа и акселерометра. Расхождение между ожидаемой и реальной траекториями движения рассматривается как результат воздействия внешней возмущающей силы, которая вызвана такими факторами, как воздействие среды, неточность модели и вибрация элементов защитной оболочки и т.п. На основании этих расчетов вносится корректировка в программу управления полетом.

При встрече с плоским препятствием БПЛА натывается на него концами стержней 1. Благодаря конструктивной особенности защитной оболочки, где все стержни 1 связаны между собой тросами 2 и 2б, происходит перераспределение энергии удара по тросам 2 и 2б на другие стержни 1 и деформация защитной оболочки, что, в конечном счете, гасит удар, не создавая критический большой нагрузки на отдельные элементы конструкции. Наличие демпферов 25 на опорах 9, установленных на концах стержней 1, упругих элементов 27 на концах стержней 1 и упругих элементов (пружины поз. 18 фиг. 3, поз. 22 фиг. 6) на тросах 2 и 2б, использование тросов 2 и 2б растяжимыми или комбинированными, состоящими из нерастяжимых и растяжимых частей, способствуют снижению ударной нагрузки при встрече с препятствием.

Встреча БПЛА с линейным препятствием (столб, ветка дерева и т.п.) происходит, как правило, с одним или несколькими тросами 2. При этом тросы 2 деформируются и передают усилие натяжения через концы стержней 1 на всю конструкцию защитной оболочки. Защитная оболочка деформируется, накапливает и гасит энергию удара.

Вариант исполнения БПЛА, на защитную оболочку которого натянута сетка 24 (фиг. 8), имеет возможность защищать при ударе о выступающие предметы, например сломанный торчащий сук дерева или отдельно лежащий камень, размеры которого меньше расстояния между тросами 2. Встреча с такой пре-

градой происходит по сетке 24. Сетка натягивается и передает нагрузку сразу на несколько тросов 2 и концов стержней 1. Происходит деформация защитной оболочки с накоплением и рассеянием энергии удара.

Элементами защитной оболочки являются стержни 1 и натянутые между ними тросы 2. Стержни 1 являются несущей конструкцией БПЛА и одновременно пронизывают защитную оболочку изнутри, давая ей пространственную жесткость при ударах. Это обеспечивает расположение полетного контроллера 3, элементов питания 4 и двигателей 5 с воздушными винтами 6 внутри защитной оболочки при его деформации от удара и исключает возможное столкновение их с препятствием. Энергия удара перераспределяется по всей защитной оболочке и достигает каждого компонента ослабленным.

В момент удара полетный контроллер 3 определяет по показаниям гироскопа и акселерометра направление расположения препятствия и изменяет направление полета БПЛА в сторону от препятствия.

После удара БПЛА отскакивает от препятствия за счет накопленной при ударе энергии натяжения тросов 2 и сжатия стержней 1 и летит в противоположном от препятствия направлении.

Приземление БПЛА происходит путем постепенного снижения до касания плоскости защитной оболочкой поверхности. После полного останова винтов БПЛА встает по меньшей мере на три конца стержней 1 или опоры 9. Вектор тяги установленных на БПЛА двигателей 5 с воздушными винтами 6 направлен вертикально вверх или под углом к горизонту.

Действия БПЛА на поверхности.

Конструктивная особенность защитной оболочки дает возможность изменения ориентации отдельных стержней 1 друг относительно друга путем изменения длин тросов 2 и стержней 1. Это дает возможность производить наклон конструкции относительно горизонтальных осей, качение, а также складывание конструкции.

Для наклона БПЛА могут быть изменены длины стержней 1, на которые опирается БПЛА. Также возможно перераспределение длин тросов 2 и 2б, которое приведет к наклону БПЛА. Эта функция может быть использована для получения вертикальной тяги воздушных винтов 6 в момент взлета БПЛА.

Если при наклоне БПЛА линия, опущенная с точки центра масс БПЛА, выйдет за пределы фигуры, образованной точками контакта концов стержней 1 или опор 9, БПЛА будет падать на следующие концы стержней 1 или опоры 9. Это позволяет БПЛА развернуться таким образом, чтобы направления векторов тяги были направлены вверх после неудачного приземления, которое не позволяет взлететь без разворота воздушных винтов 6 БПЛА. Таким способом можно также перемещать БПЛА по поверхности путем перекатывания.

Складывание конструкции.

В случае расслабления всех тросов 2 конструкция защитной оболочки теряет устойчивость пространственной формы и может быть деформирована для упаковки в тару, требуя при этом меньший объем, чем в рабочем состоянии.

Таким образом, разработан БПЛА вертикального взлета и посадки, защитная оболочка которого содержит стержни, между которыми натянуты тросы так, что стержни не касаются друг друга. Полетный контроллер, датчики, элементы питания, по меньшей мере один двигатель с воздушным винтом установлены внутри защитной оболочки БПЛА, ограниченной концами стержней и натянутыми между ними тросами. Это позволило создать конструкции БПЛА с защитной оболочкой, способной гасить значительные ударные нагрузки, не приводя к разрушению и отказу БПЛА и отдельных его элементов. Защитная оболочка, кроме того, выполняет функцию несущей конструкции, за счет чего БПЛА имеет малый вес, высокую защищенность и достаточную прочность при ударных нагрузках.

Предложено техническое решение, позволяющее собрать БПЛА с защитной оболочкой модульной конструкции из набора стержней и тросов. Это позволяет получить большое количество вариантов сборки БПЛА различных размеров и конфигурации для решения различных задач при ограниченном наборе элементов.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. БПЛА вертикального взлета и посадки, содержащий защитную оболочку, внутри которой установлены полетный контроллер, датчики, элементы питания и по меньшей мере один двигатель с воздушным винтом, отличающийся тем, что защитная оболочка содержит стержни, между которыми натянуты тросы так, что стержни не соприкасаются между собой, при этом полетный контроллер, датчики, элементы питания и двигатель с воздушным винтом установлены внутри объема, образованного концами стержней и тросами, натянутыми между концами стержней.

2. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что защитная оболочка содержит по меньшей мере три стержня, между которыми натянуты тросы так, что стержни не соприкасаются друг с другом.

3. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что защитная оболочка содержит три пары параллельных друг другу стержней, каждая пара установлена на одной из трех пересекающихся между собой ортогональных плоскостей, причем стержни одной пары установлены симметрично

точке пересечения ортогональных плоскостей.

4. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что защитная оболочка содержит четыре пары стержней, установленных по паре на двух взаимно ортогональных плоскостях и по паре на каждой из двух параллельных плоскостях, расположенных ортогонально первым двум плоскостям.

5. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что стержни защитной оболочки выполнены одинаковой длины.

6. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что стержни защитной оболочки выполнены разной длины.

7. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что стержни защитной оболочки выполнены с возможностью управления их длинами.

8. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что по крайней мере часть тросов защитной оболочки выполнены растяжимыми.

9. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что часть тросов защитной оболочки выполнены комбинированными из растяжимой и нерастяжимой частей.

10. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.9, отличающийся тем, что растяжимая часть тросов выполнена в виде упругих элементов.

11. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что на концах стержней установлены упругие элементы, обеспечивающие натяжение тросов.

12. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что двигатели с воздушными винтами установлены на стержнях защитной оболочки.

13. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что по меньшей мере один двигатель с воздушным винтом соединен со стержнями защитной оболочки с помощью натянутых тросов.

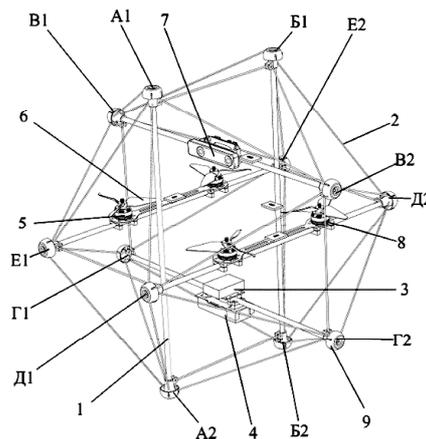
14. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что содержит датчики ориентации двигателей с воздушными винтами в пространстве, а также может содержать датчики ориентации стержней, контроллера, элемента питания и полезной нагрузки, установленные внутри объема, образованного концами стержней и тросами, натянутыми между концами стержней.

15. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что тросы защитной оболочки выполнены с возможностью управления их длинами.

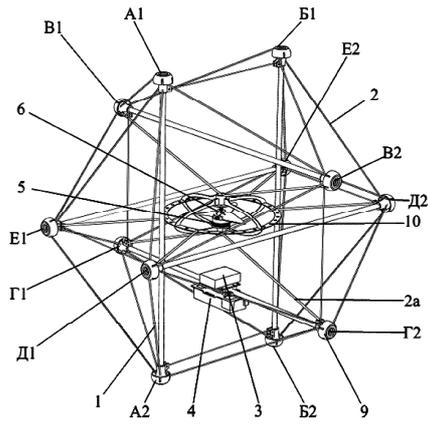
16. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что на концах стержней защитной оболочки установлены демпфирующие элементы.

17. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что двигатель с воздушным винтом расположен таким образом, что его ось вращения проходит через центр масс БПЛА.

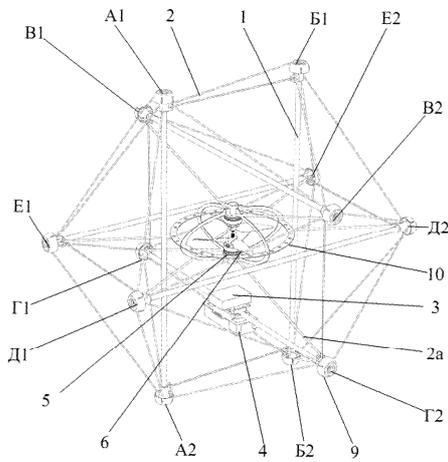
18. БПЛА вертикального взлета и посадки по п.1, отличающийся тем, что на защитную оболочку натянута сетка, которая закреплена на концах стержней и/или на тросах.



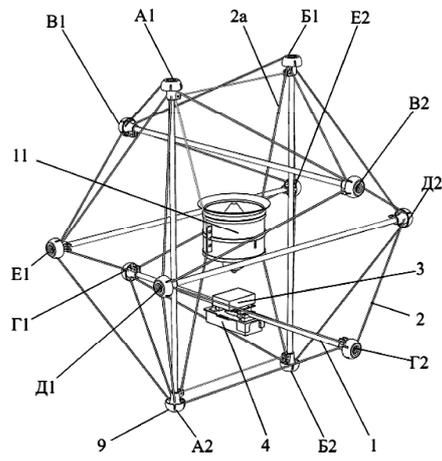
Фиг. 1а



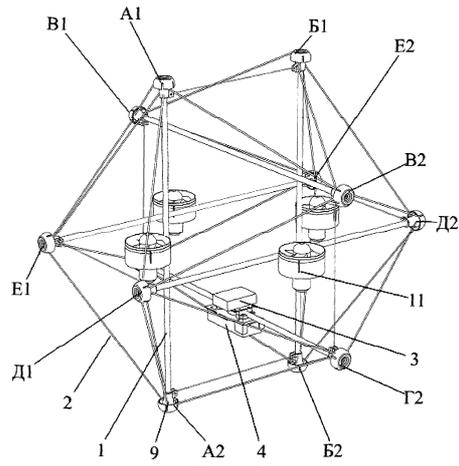
Фиг. 16



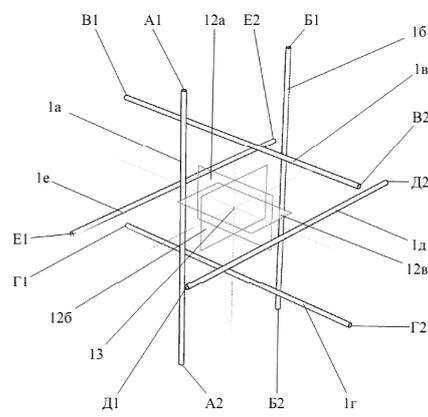
Фиг. 1B



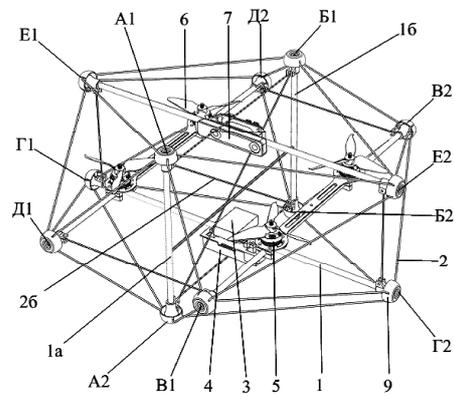
Фиг. 1Г



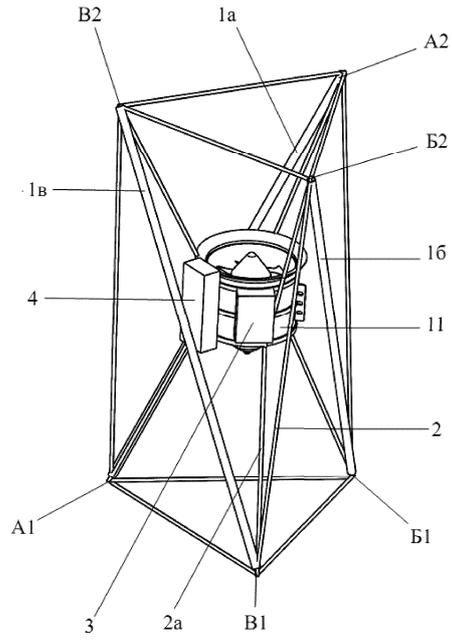
Фиг. 1д



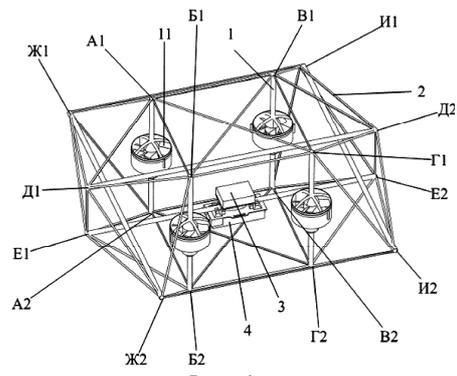
Фиг. 1е



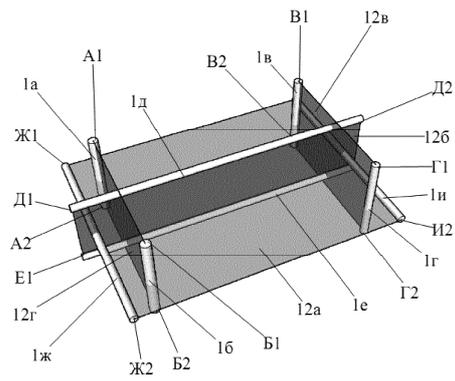
Фиг. 1ж



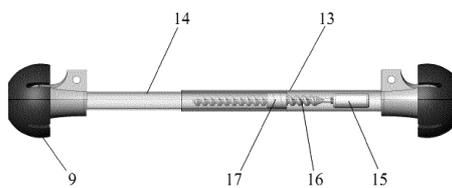
Фиг. 1и



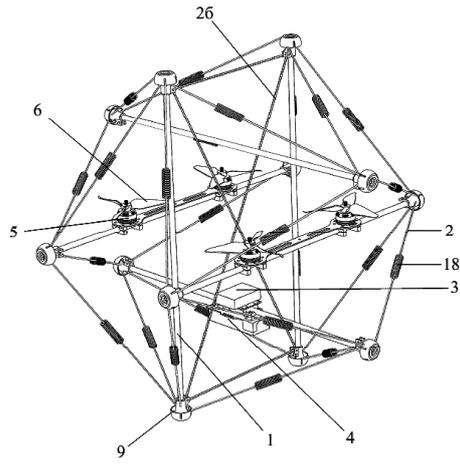
Фиг. 1к



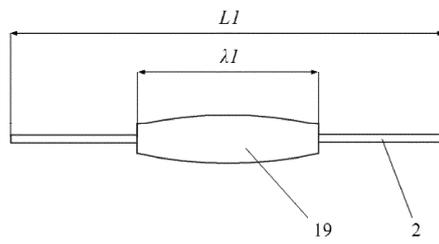
Фиг. 1л



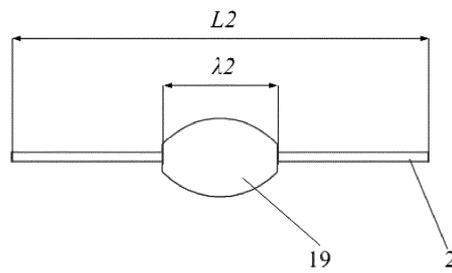
Фиг. 2



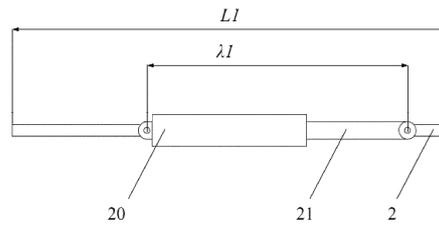
Фиг. 3



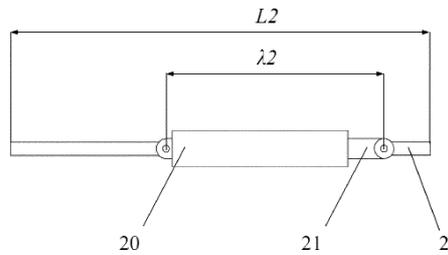
Фиг. 4а



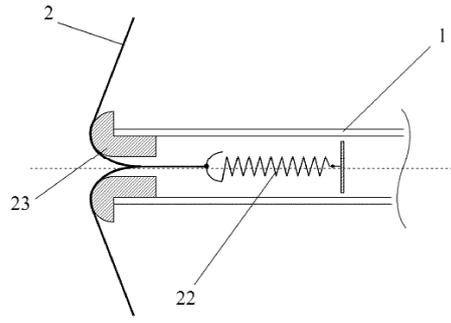
Фиг. 4б



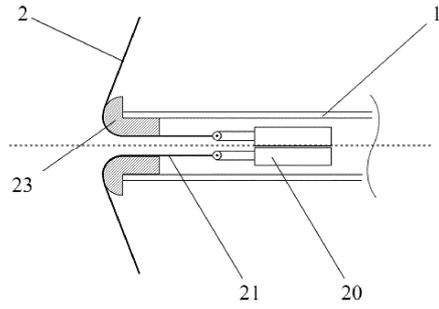
Фиг. 5а



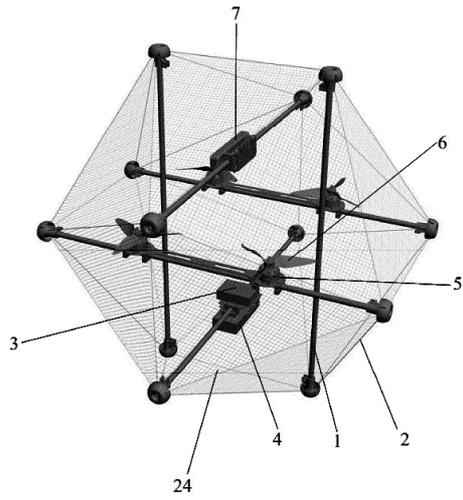
Фиг. 5б



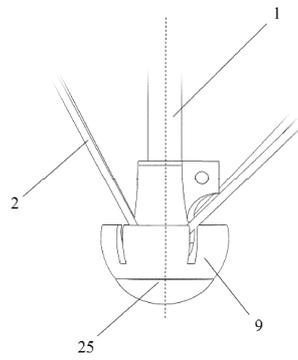
Фиг. 6



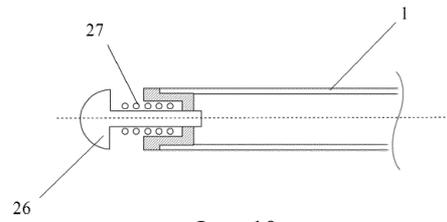
Фиг. 7



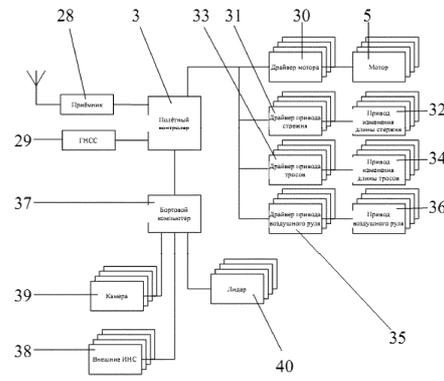
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11