

Cl.Int.: **B64C 29/00** (2014.01)

**B64C 13/16** (2014.01)

**B64C 27/08** (2014.01)

**B64C 27/82** (2014.01)

## **ОКТОКОПТЕР**

Изобретение относится к летательным аппаратам с восемью роторами, а именно к октокоптерам из класса микро/мини беспилотных летательных средств, весом до 20 кг, которые могут быть использованы для доставки пакетов, картографирования, воздушной фото- и кино- съемки, пограничного контроля, оказания помощи при стихийных бедствиях и мониторинга сельскохозяйственных культур.

Изобретение предоставляет возможность применить октокоптер в областях с более специальными требованиями, такие как съемка авторалли или парусных гонок, для которых важны как высокая скорость летательного аппарата, так и его сопротивляемость к сильным ветрам. (Смотри источник: UAVS and UCAVS: Developments in the European Union, Policy Department External Policies, Security and Defence, 2007.10, <url: [www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2007/381405/EXPO-SEDE\\_ET%282007%29381405\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2007/381405/EXPO-SEDE_ET%282007%29381405_EN.pdf)>).

Известен октокоптер состоящий из корпуса, питающего устройства, четырех главных лучей и четырех вспомогательных лучей, каждое из них на конце снабжено ротором с приводным двигателем и опорными ножками. Корпус содержит датчик определения горизонтальных углов и контрольное устройство. Контрольное устройство рассчитывает командные сигналы для горизонтальных углов позиционирования октокоптера. Главные лучи своими концами крепятся к корпусу. Каждый вспомогательный луч расположен радиально между соседними главными лучами. Приводные двигатели расположены сверху, на концах главных и вспомогательных лучей. Опорные ножки присоединены снизу к главным и вспомогательным плечам и имеют predetermined length [1].

Недостатком октокоптера является конфигурация роторов у которых одинаковые размеры и расположение в одной плоскости. Их вращение генерирует вертикальную подъемную силу, что позволяет октокоптеру вертикальный взлёт. Только по достижению определенной высоты октокоптер может начать свое движение по горизонтали. Октокоптеры планарных схем должны изменить угол наклона всего летательного аппарата относительно горизонтальной плоскости, чтобы ускориться или замедлиться по горизонтали, а так же чтобы изменить направление полета. Эффект достигается благодаря

разнице в оборотах роторов группы нос-хвост или группы влево-вправо. Таким образом, появляется горизонтальная составляющая подъемной силы роторов которая уменьшает ее вертикальную составляющую. По этой причине для поддержания высоты, система управления должна повысить количество оборотов роторов. Существует предел для угла наклона полета летательного аппарата, который составляет около  $45^\circ$ , выше которого октокоптер становится неэффективным и даже появляется опасность потери контроля высоты и направления полета. Стоит отметить, что одновременно с увеличением угла наклона, увеличивается площадь горизонтального воздействия ветра на октокоптер, что делает его еще более неэффективными, учитывая, что значительная часть мощности приводных двигателей должна использоваться для преодоления ветра. Таким образом, современные октокоптеры достигают скорости около 50 км/ч и могут выдерживать скорость ветра не более 30 км/ч. Также появляется проблема угла атаки лопастей винтов ротора. В описанных летательных аппаратах применяются роторы с постоянным шагом, лопасти которых имеют постоянный, предустановленный угол атаки, другими словами он (угол) не может быть изменен во время полета, для того чтобы приспособиться к переменчивым условиям воздушного пространства. Из источника „Free online private pilot ground school, Propeller aerodynamics, 2006, <url: <http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/propeller-aerodynamics.html>> “ известно, что лопасть имеет максимальную тягу при оптимальном угле атаки равном  $2...4^\circ$ . Вращение лопасти винта в плоскости параллельной направлению ветра не влияет на эффективный угол атаки. Но этот угол изменяется одновременно с изменением относительной скорости встречного ветра. В случае вращения лопасти в плоскости перпендикулярной направлению ветра, эффективный угол атаки уменьшается до минимума одновременно с возрастанием скорости ветра. (Смотри источник: Dissymmetry of Lift, Helicopter Aviation, 1995.11.17, <url: [www.copters.com/aero/lift\\_dissymetry.html](http://www.copters.com/aero/lift_dissymetry.html)>). Для определенного постоянного угла атаки и определенной скорости вращения лопасти существует значение скорости встречного ветра, при превышении которого эффективный угол атаки становится отрицательным и резко уменьшается сила тяги винта. У существующих октокоптеров, для достижения более высоких скоростей полета используют винты с большим шагом, т.е. с углом атаки большим чем оптимальный, с тем, чтобы избежать, риска отрицательного угла атаки, в условиях изменения плоскости их вращения, т.е. наклона летательного аппарата, что увеличивает их неэффективность. Описанные выше проблемы вызваны самим принципом перемещения летательного аппарата по желаемой траектории путем принудительного его наклона относительно горизонтальной плоскости. Поддержание желаемой траектории требует компенсации потерь высоты и скорости, вызванных

наклоном летательного аппарата и, как следствие, изменения эффективного угла атаки винта, путем увеличения оборотов несущих роторов. Это требует увеличения потребления энергии, сложный алгоритм контроля и управления роторами и существенно сужает радиус действия летательного аппарата. Известен еще гексакоптер содержащий корпус, к которому прикреплены шесть равномерно расположенных лучей на концах, которых установлены роторы. Корпус содержит устройство управления и шасси. Роторы, расположенные на лучах перпендикулярных направлению движения, расположены шарнирно и дополнительно снабжены серводвигателями, что позволяет изменять плоскость вращения ротора от горизонтального до вертикального [2].

Недостатком этого летательного аппарата заключается в присутствии серводвигателей, которые, являясь дополнительными элементами, делают устройство аппарата более сложным и требует дополнительного алгоритма контроля, который отличается от того что управляет тягой роторов. Кроме того, присутствие серводвигателей, увеличивает вес летательного аппарата, что уменьшает силу тяги, они предназначены только для изменения плоскости вращения несущих роторов, размещенных на поперечной оси.

Известен также октокоптер, содержащий корпус, к которому крепятся источник электроэнергии, контрольно-управляющее устройство и шасси. Октокоптер также включает в себя длинные лучи, прикрепленные к корпусу радиально и в одной плоскости; короткие лучи, каждый из которых расположен между двумя соседними длинными лучами, и жестко прикреплен к кольцевой раме, которая, в свою очередь, шарнирно прикреплена к корпусу с возможностью изменения своего положения относительно него. Все лучи на концах оснащены электромотором и ротором, при этом роторы размещены симметрично к центру тяжести [3].

Недостатки октокоптера, в том, что кольцевая рама с коротким лучами и роторами помещена в шарнирах, вне корпуса летательного аппарата прибора, меняет свое положение в зависимости от условий полета. Таким образом, уменьшается полезное пространство необходимое для размещения вне корпуса в подвешенном состоянии разнообразных грузов и оборудования, для перевозки которых октокоптер предназначен.

Техническая задача, которую решает изобретение, состоит в создании октокоптера способного достичь скорости, по крайней мере, 100 км/ч, способного работать в условиях сильного ветра со скоростями до 70 км/ч, при сохранении высокой эффективности

использования энергии и возможностью увеличения несущей способности, путем оптимизации конструкции.

Октокоптер согласно изобретению устраняет недостатки, изложенные выше тем, что состоит из корпуса с установленными в нем источником электропитания и контрольно-управляющим устройством; жестко закрепленными к корпусу четырьмя лучами на концах которых, в углах воображаемого прямоугольника, в одной плоскости смонтированы несущие роторы с электромоторами, одновременно с этим несущие роторы расположены симметрично как к центру тяжести так и к продольной оси симметрии октокоптера; в корпусе на поперечной оси симметрии октокоптера, шарнирно, с возможностью вращения расположен луч, на концах которого симметрично относительно продольной оси симметрии октокоптера смонтированы по паре вспомогательных роторов с электромоторами, при этом вспомогательные роторы расположены на отстоящих друг от друга консолях, разнонаправленных и параллельных продольной оси октокоптера; и содержит шасси. Плоскости вращения вспомогательных роторов могут быть разными, но параллельными оси луча. Соотношение размеров несущего ротора к вспомогательному ротору может быть 1,4...2,2. Отношение шага винта вспомогательного ротора к шагу винта несущего ротора может быть 1,4...4,0. Дополнительно корпус может быть оснащен, по крайней мере, двумя крыльями, плоскости которых наклонены к горизонтальной плоскости корпуса под углом в  $3^{\circ}$ ... $12^{\circ}$ .

Техническим результатом изобретения является увеличение скорости, сопротивляемости ветру и несущей способности октокоптера.

Технический результат достигается потому, что октокоптер содержит группу горизонтальных роторов предназначенных для поддержания октокоптера в воздухе и вторую группу роторов, которые способны изменить положение плоскости вращения относительно горизонтальной и, вращаясь в вертикальной плоскости, используется главным образом для создания горизонтальной тяги и управления направлением движения. Это устраняет необходимость наклона аппарата в полете (действие обычное в настоящее время) с целью получения более высокой скорости и сопротивляемости ветру. Таким образом, разделяя задачи двух групп роторов, для которых и требования различны, достигается высокая эффективность каждой из групп роторов. Размещение вспомогательных роторов на консолях на общем луче, который вращается вокруг своей оси, позволяет упростить конструкцию, а также существенно увеличить, как внутреннее, так и внешнее полезное пространство летательного аппарата.

Изобретение объясняется изображениями на Фиг. 1-9, которые обозначают:

- Фиг. 1, общий вид октокоптера в изометрии с несущими и вспомогательными роторами расположенными горизонтально;
- Фиг. 2, общий вид октокоптера в изометрии с расположением несущих роторов в горизонтальной, а вспомогательных роторов в вертикальной плоскости и крыльями;
- Фиг. 3, вид сверху октокоптера с несущими и вспомогательные роторами расположенными в горизонтальной плоскости;
- Фиг. 4 вид октокоптера спереди с несущими роторами в горизонтальной и вспомогательными роторами в вертикальной плоскости;
- Фиг. 5, положение октокоптера при взлете, зависании или посадке;
- Фиг. 6, положение октокоптера при переходе от взлета к движению с крейсерской скоростью;
- Фиг. 7, положение октокоптера при перемещении горизонтально с крейсерской скоростью;
- Фиг. 8, положение октокоптера при ускорении;
- Фиг. 9, положение октокоптера при замедлении.

Октокоптер (Фиг.1-9) содержит корпус 1, к которому крепятся источник электроэнергии 2, контрольно-управляющее устройство 3. К корпусу 1, в одной плоскости, жестко устанавливаются четыре луча 4. В данном примере лучи 4 параллельны друг другу, но они могут быть размещены и под определенным углом. Положение лучей диктуется дизайном самого летательного аппарата. На концах лучей 4, на свободных окончаниях, установлены по одному электромотору 5, оснащеному несущим ротором 6, состоящим из винта с постоянным шагом, известной и не описанной здесь конструкции. Оси вращения узлов состоящих из электромотора 5 и ротора 6 установлены в углах воображаемого четырехугольника, строго симметрично к центру тяжести массы корпуса 1 и строго сбалансированным по весу. Ось симметрии корпуса 1, ось X-X, условно называется «нос-хвост». Ось Y-Y, проходящая через центр тяжести корпуса 1, перпендикулярна оси X-X и условно определяет направления «право», «влево». Оси X-X и Y-Y проходят через центр симметрии, который совпадает с центром тяжести октокоптера, и образуют горизонтальную плоскость XY, параллельную плоскости вращения несущих роторов 6.

Перпендикулярно плоскости XY, через центр симметрии, проходит ось Z-Z, условно определяющая направления «вверх», «вниз». По оси Y-Y, сквозь корпус 1, в шарнире 7 (известной и не описанной здесь конструкции), с возможностью вращения, устанавливается общий луч 8. На луче 8, слева и справа от корпуса 1, на консолях 9 и 10 установлены вспомогательные роторы 11 и 12, состоящие из винтов с постоянным шагом (известной и не описанной здесь конструкции), каждый из которых оснащен электромотором 13. Консоли 9 и 10 крепятся на луче 8 на расстоянии один от другого и направлены в противоположные стороны. При горизонтальном положении роторов 6, 11 и 12 консоль 9 направлена в сторону хвоста, а консоль 10 в сторону носа. В настоящем описании изобретения и плоскости вращения роторов 11 и 12 различные и параллельные друг другу. В горизонтальном положении всех роторов плоскость вращения ротора 11 располагается выше плоскости вращения роторов 6, а для роторов 12 - ниже. Расстояние между плоскостями вращения роторов 11 и 12 составляет 3,0... 6,0 см. В другом исполнении изобретения плоскости вращения роторов 11 и 12 могут совпадать. Длина консолей 9 и 10 одинакова и равна 2,0...8,0 см. Луч 8 вместе с роторами 11 и 12, своим вращением в шарнире 7 способен фиксировать положение плоскости вращения роторов 11 и 12 под углом к плоскости XY. Значение угла может быть между 0° (параллельно плоскости) и 90°(перпендикулярно ей). Необходимо отметить что, узлы содержащие консоли 9 и 10, роторы 11 и 12 и электромоторы 13, помещенные слева и справа от корпуса 1 являются симметричными к центру тяжести октокоптера и сбалансированы по весу. Таким образом, сформированы две группы роторов: одна с фиксированным положением роторов 6 и другая с подвижными роторами 11 и 12. Винты роторов 11 и 12 имеют шаг в 1,4...4,0 раза больше, чем у винтов роторов 6. Диаметр роторов 6 в 1,4...2,2 раза больше, чем диаметр роторов 11 и 12. К лучам 4, под электромоторами 5, крепятся шасси 14.

Шасси 14 в другом исполнении октокоптера могут быть прикреплены и под корпусом 1. Источник 2 и устройство 3 расположены внутри корпуса 1, и известным способом здесь не описанным, связаны с электромоторами 5 и 13 электрическими и электронными схемами. Устройство 3, получая необходимую информацию от набора датчиков, по себе известных, но здесь не описанных, по алгоритму также известному и не описанному здесь, управляет скоростью вращения каждого из электромоторов 5 и 13.

Октокоптер управляется либо оператором с земли посредством пульта дистанционного управления, либо автономно в запрограммированном режиме.

Октокоптер может быть дополнительно оснащен крыльями 15. Две пары крыльев 15 устанавливаются с обеих сторон корпуса 1. Одну пару располагают ближе к носу, а вторую к хвосту. Крылья 15 являются фиксированными и образуют с горизонтальной плоскостью корпуса 1 угол в  $3^{\circ} \dots 12^{\circ}$ .

Октокоптер работает следующим образом.

При взлете октокоптер находится на земле, опираясь на шасси 14. Роторы группы фиксированных роторов, состоящей из роторов 6 и роторы группы подвижных роторов, состоящие из роторов 11 и 12, находятся в плоскостях параллельных с горизонтальной (см. Фиг.5). Оператор, действуя на пульт дистанционного управления (или октокоптер запрограммированный на автономный режим), посредством устройства 3 запускает вращение роторов 6, 11 и 12. Скорости вращения роторов 6 и 11,12 могут быть разные, но в строго рассчитанной пропорции для создания вертикальной силы тяги, принимая во внимание различия в диаметрах и шагах винтов. При пропорциональном увеличении оборотов роторов возникает суммарная вертикальная сила тяги, благодаря которой октокоптер взлетает строго вертикально. Летательный аппарат может зависать на требуемой высоте, пока скорости вращения роторов, не обязательно равные, создают силы тяги, которые суммарно уравнивают силу тяжести летательного аппарата плюс вес полезной нагрузки.

После взлета, с целью ускорения летательного аппарата и начала прямого горизонтального движения вперед (см. Фиг. 6), т.е. в направлении оси "нос-хвост", группа подвижных роторов 11 и 12, вращаясь вокруг оси луча 8, постепенно наклоняется в сторону "носа". Изменение положения группы подвижных роторов достигается попарно дифференцированием скоростей вращения роторов 11 и 12, которые располагаются симметрично относительно оси Y-Y на консолях 9 и 10. Таким образом, при увеличении скорости вращения роторов 11 в задней части подвижной группы, появляется пара сил, которая наклоняет всю группу в сторону носа. Появляется горизонтальная составляющая силы тяги и летательный аппарат увлекается вперед, и в то же время его подъем продолжается благодаря роторам 6.

При горизонтальном движении летательного аппарата с крейсерской скоростью (см. Фиг. 7) желаемая высота поддерживается благодаря постоянству оборотов роторов 6, а роторы 11 и 12 подвижной группы, сохраняя вертикальное положение плоскости вращения, обеспечивают максимальную горизонтальную тягу. Присутствие крыльев 15 способствует уверенному сохранению высоты полета благодаря эффектам описанных в

теории аэродинамики. В этом режиме полета летательный аппарат может маневрировать и в горизонтальной плоскости. Чтобы выполнить поворот влево или вправо, применяют дифференциацию скоростей вращения пар роторов 11 и 12. Например, для поворота на право увеличивают скорости вращения в равной мере пары роторов на 11 и 12, расположенных слева от плоскости XZ.

При горизонтальном движении с ускорением (см. Фиг. 8) летательного аппарата подвижная группа роторов вращается в вертикальной плоскости, а группа фиксированных роторов 6, из-за дифференциации скоростей вращения пар роторов 6 "нос-хвост" наклоняют летательный аппарат к горизонтальной плоскости на угол меньший или равный  $10^\circ$ . Это действие добавляет дополнительную горизонтальную составляющую к силе тяги роторов 11 и 12, что ускоряет летательный аппарат. Угол наклона не должен превышать заявленное значение, иначе теряется эффективность роторов 6 по причинам изложенным выше и известных из источника „Free online private pilot ground school, Propeller aerodynamics, 2006, URL-адрес: <http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/Propeller-Aerodynamics.HTML> >».

При замедлении летательного аппарата (см. Фиг. 9) группы подвижных роторов возвращаются из вертикального в исходное положение, плоскости роторов 11 и 12 становятся параллельными плоскостям роторов 6, и благодаря дифференциации скоростей вращения как несущих, так и вспомогательных роторов на оси «нос-хвост» аппарат занимает положение с отрицательным углом наклона к направлению движения. Появляется отрицательная составляющая силы тяги, которая замедляет движение по горизонтали и одновременно уменьшает высоту полета октокоптера.

При посадке на землю (см. Фиг. 5) устройства приводится в состояние зависания, уменьшением оборотов всех роторов. Аппарат садет на шасси 14.

Таким образом, недостаток, заключающийся в необходимости применения большего значения минимального шага винта, чем оптимальный, устраняется путем разделения задач возложенных на обе группы роторов, и потому как положение роторов 6 на протяжении полета главным образом находятся в горизонтальной плоскости или с максимальным наклоном в  $10^\circ$ , применяются винты с небольшим шагом, обеспечивающие оптимальный угол атаки. В то же время роторам 11 и 12 (горизонтальной тяги и направления), приходится преодолевать сильный ветер, именно поэтому в них используют винты с шагом в 1,4...4,0 раза больше, чем у роторов 6, что делает их более устойчивыми к относительно сильному ветру в направлении перпендикулярному плоскости вращения



винта, благодаря снижению угла атаки одновременно с увеличением скорости ветра. Требования для двух групп роторов отличаются с точки зрения силы тяги. У несущих роторов 6 диаметр винта в 1,4 - 2,2 раза больше, чем у вспомогательных 11 и 12 с целью обеспечения подъема и преодоления силы гравитации. Они также способствуют стабильности летательного аппарата из-за гироскопического эффекта. Роторы 11 и 12 имеют меньший диаметр, поэтому время их реакции на возмущение короче, что улучшает маневренность. В то же время у них меньше площадь по направлению к горизонтальному ветру, что снижает сопротивление воздуха при движении. Стоит отметить, что лобовая площадь сокращается и потому, что шаг винта больший, чем у тех, что используется в существующих конструкциях октокоптеров имеющих роторы в одной плоскости. Крылья добавляют преимущество в создании дополнительных вертикальных сил, что снижает потребление энергии роторами 6 при большой крейсерской скорости, увеличивая тем самым время полета и радиус действия октокоптера.

Технический результат достигается тем, что несущие роторы сохраняют высокую эффективность на протяжении всего полета благодаря небольшому шагу винта и небольшому в  $0^{\circ} \dots 10^{\circ}$  углу наклона аппарата к горизонтальной плоскости; вспомогательные роторы, вращаясь в вертикальной плоскости, повышают свою эффективность одновременно с увеличением скорости горизонтального ветра, площадь подверженная воздействию горизонтального ветра в 2...3 раза меньше чем у существующих октокоптерах того же назначения, уменьшая тем самым лобовое сопротивление воздуха; несущие роторы получают дополнительную подъемную силу благодаря зависимости силы к квадрату относительной скорости вращения винта к воздуху. Благодаря размещению подвижной группы роторов на общем луче под корпусом появляется дополнительное пространство, которое может использоваться по различным назначениям. Иными словами увеличивается несущая способность октокоптера.

Библиография:

1. KR 20120102880 A 2012.09.19
2. CN 203740123 U 2014.07.30
3. MD 4413 B1 2016.04.30

Согласно доверенности,

Ион МАРДЖИНЕ

Патентный поверенный



## Формула

1. Октокоптер состоящий из корпуса (1) с закрепленными в нем источником электропитания (2) и контрольно-управляющим устройством (3); жестко закрепленными к корпусу (1) четырьмя лучами (4) на концах которых, в углах воображаемого прямоугольника, в одной плоскости смонтированы несущие роторы (6) с электромоторами (5), одновременно с этим несущие роторы (6) расположены симметрично как к центру тяжести так и к продольной оси симметрии октокоптера; в корпусе (1) на поперечной оси симметрии октокоптера, в шарнире (7), с возможностью вращения расположен луч (8), на концах которого симметрично относительно продольной оси симметрии октокоптера смонтированы по паре вспомогательных роторов (11 и 12) с электромоторами (13), при этом вспомогательные роторы расположены на отстоящих друг от друга консолях (9 и 10), разнонаправленных и параллельных продольной оси октокоптера; и содержит шасси (14).

2. Октокоптер, согласно пункту 1, отличающийся тем, что плоскости вращения вспомогательных роторов (11 и 12) разные, и параллельны оси луча (8).

3. Октокоптер, согласно пункту 1, отличающийся тем, что соотношение размеров несущего ротора (6) и вспомогательного ротора (11 или 12) составляет 1,4...2, 2.

4. Октокоптер, согласно пункту 1, отличающийся тем, что отношение шага винта вспомогательные ротора (11 или 12) и шага винта несущего ротора (6) составляет 1,4...4,0.

5. Октокоптер согласно любому пункту, отличающийся тем, что дополнительно корпус (1) оснащен, по крайней мере, двумя крыльями (15), чьи плоскости наклона образуют угол в  $3^{\circ}$ ... $12^{\circ}$  к горизонтальной плоскости корпуса (1).

Согласно доверенности,

Ион МАРДЖИНЕ

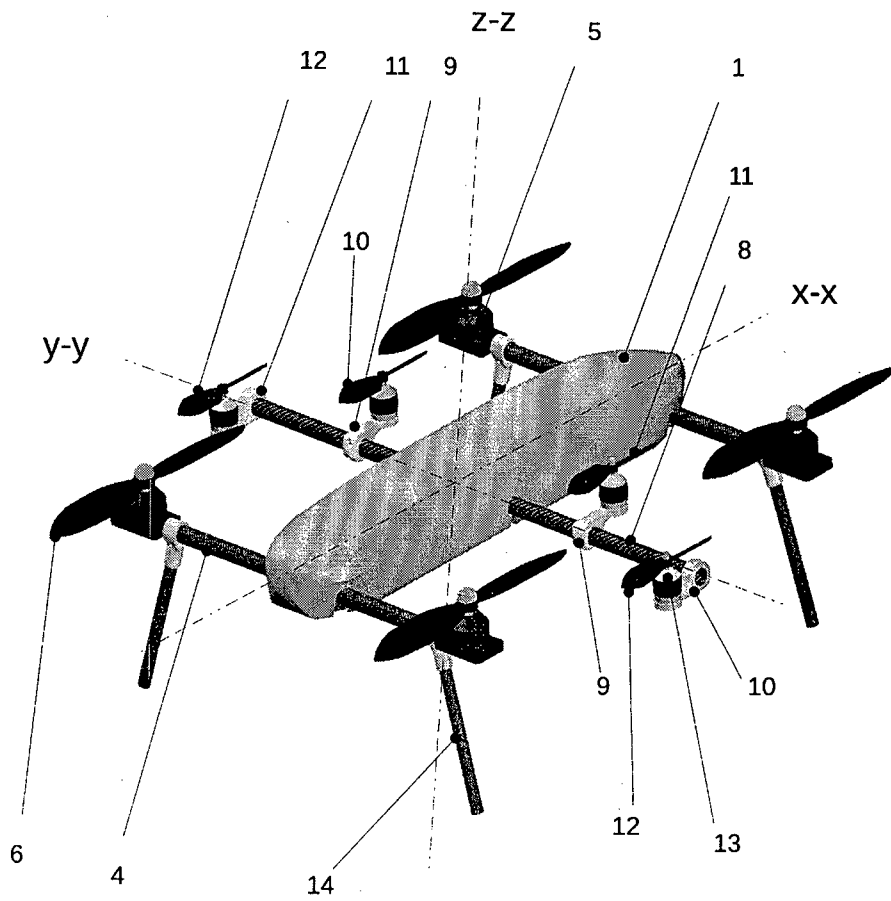
Патентный поверенный



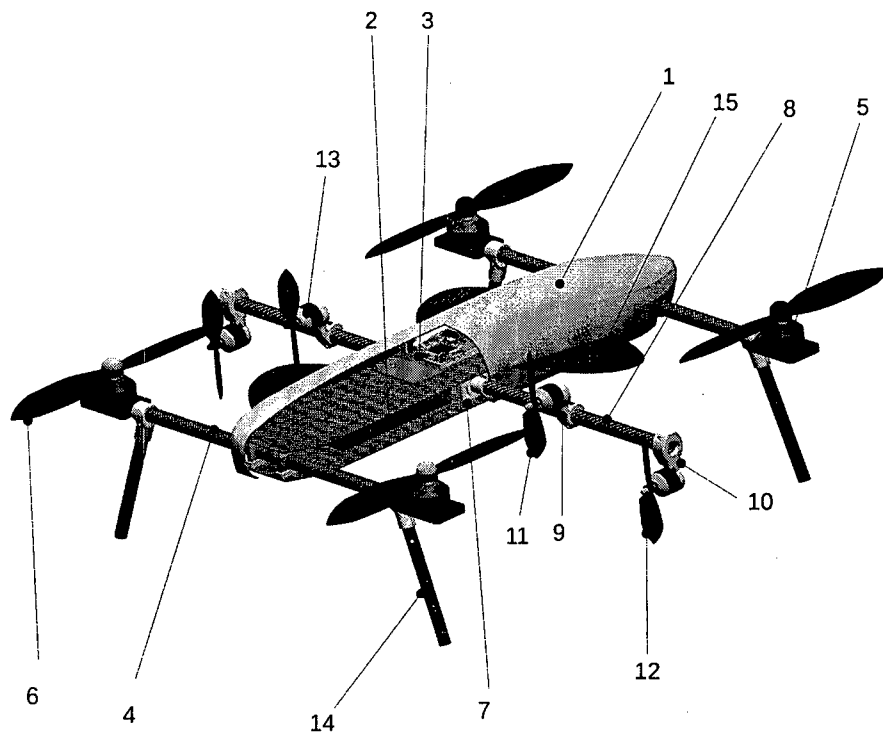
## Реферат

Изобретение относится к летательным аппаратам с восемью роторами, а именно к октокоптерам из класса микро/мини беспилотных летательных средств, весом до 20 кг, которые могут быть использованы для доставки пакетов, картографирования, фотографирования и воздушной съемки, пограничного контроля, оказания помощи при стихийных бедствиях и мониторинга сельскохозяйственных культур. Октокоптер содержит корпус (1), источник электрической энергии (2), контрольно-управляющее устройство (3) и шасси (14). С четырех сторон корпуса (1) жестко закреплены четыре плеча (4), на концах которых смонтированы четыре несущих ротора (6) с электрическими двигателями (5). В корпусе (1) смонтировано посредством подшипника (7), с возможностью вращения, плечо (8), на концах которого закреплены посредством консолей (9 и 10) по паре вспомогательных роторов (11 и 12) с электрическими двигателями (13).

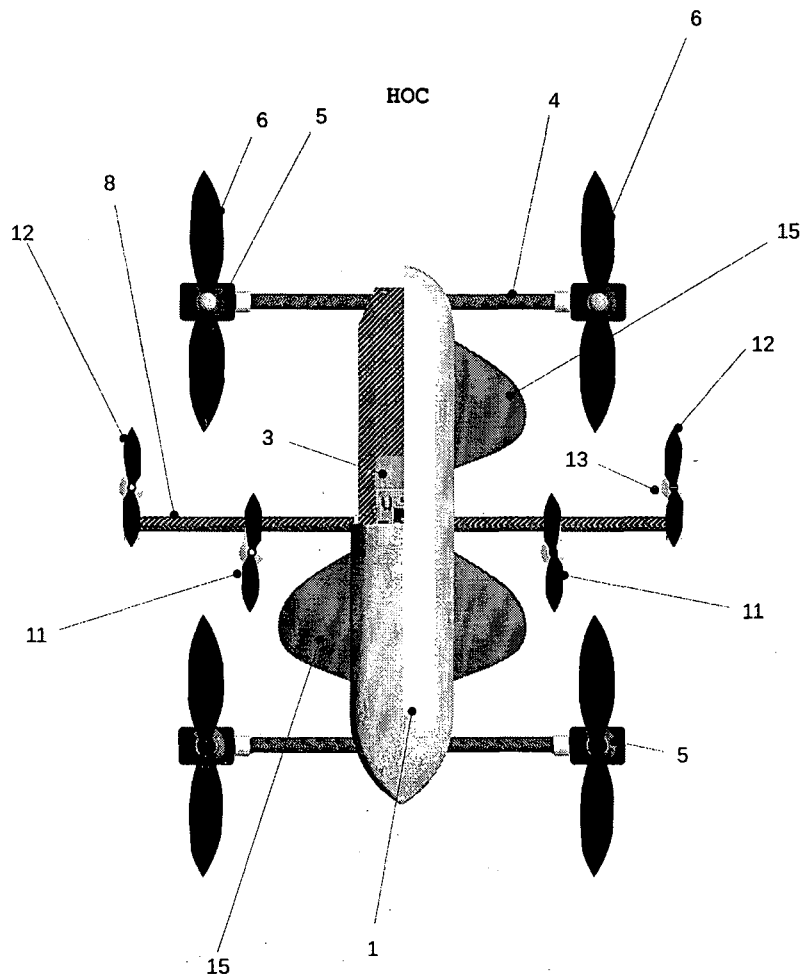
Технический результат изобретения состоит в увеличении скорости, сопротивляемости ветру и грузо-подъемности.



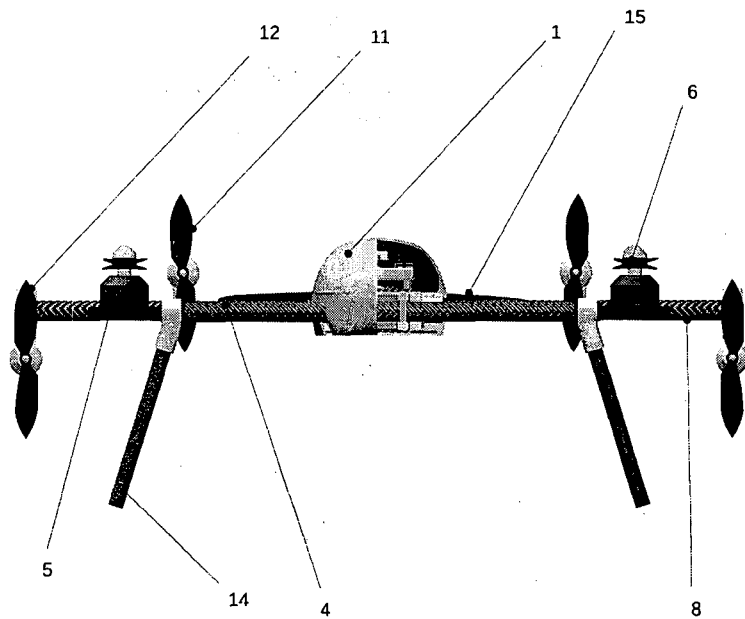
Фиг.1



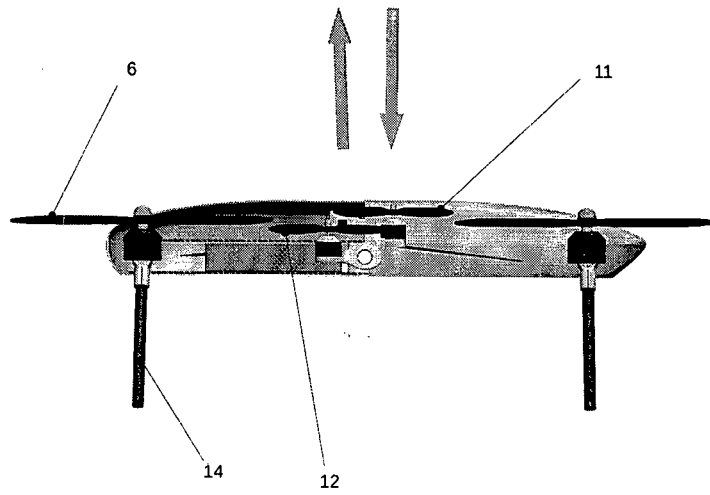
Фиг.2



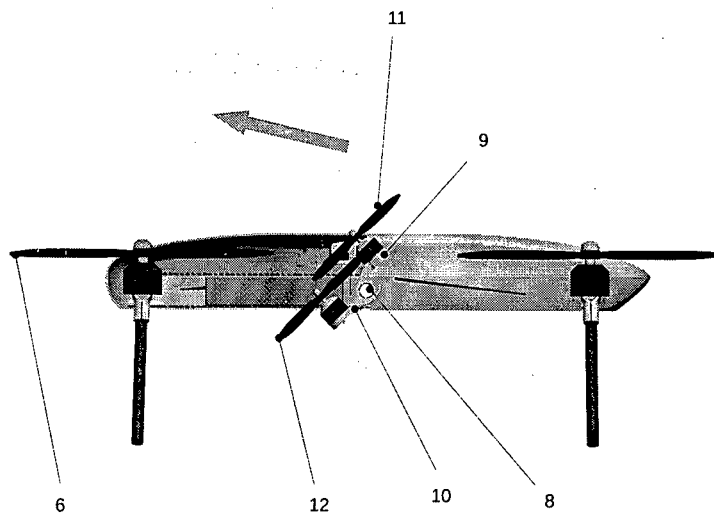
Фиг.3



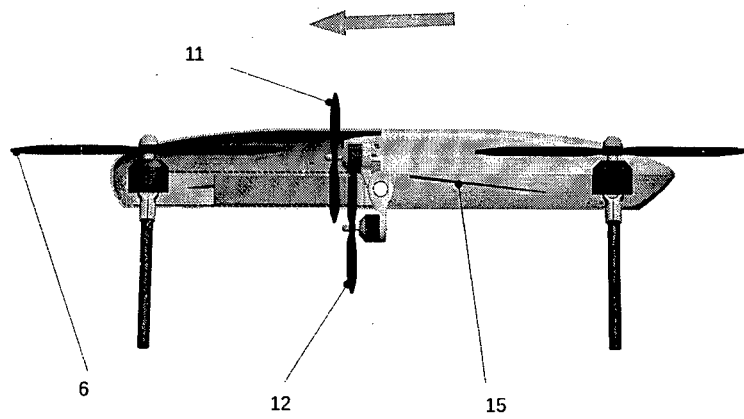
Фиг.4



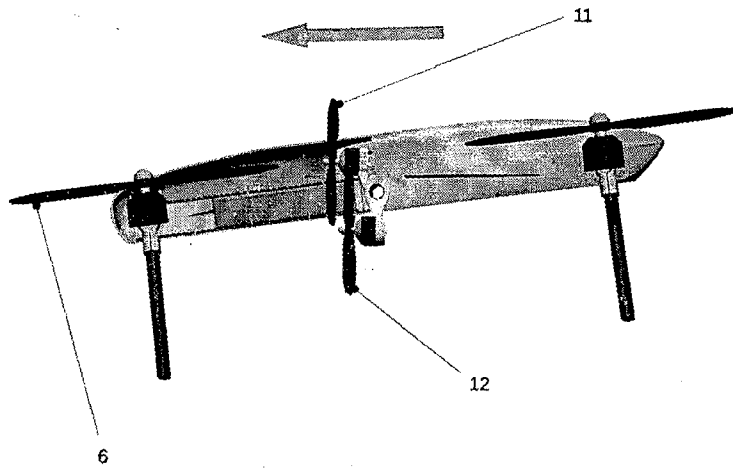
Фиг.5



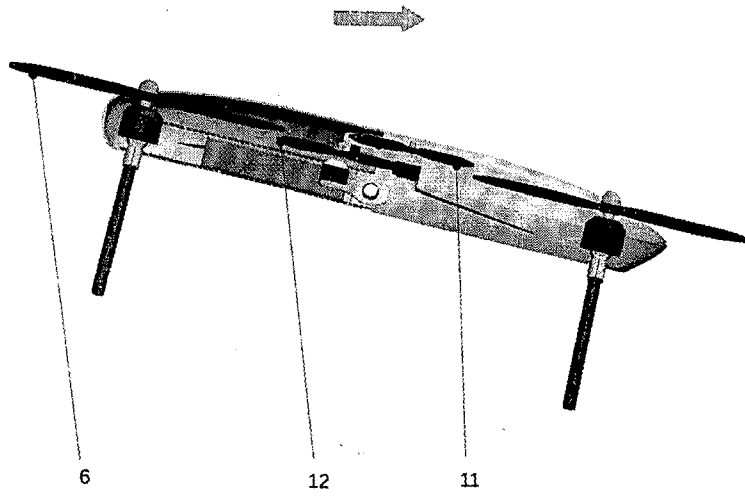
Фиг.6



Фиг.7



Фиг. 8



Фиг. 9