**СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

(19)

**RU**

(11)

**2 562 890**

(13)

**C2**

(51)

**МПК**

B64C 39/00(2006.01)

G05D 1/00(2006.01)

(21)(22)

**Заявка:**

[2013127122/11, 2013.06.14](https://yandex.ru/patents/doc/RU2013127122A_20141227)

(24)

**Дата начала отчета срока действия патента:** 2013.06.14

(22)

**Дата подачи заявки:** 2013.06.14

(45)

**Опубликовано:** 2015.09.10

(72)

**Авторы:**

Володин Евгений Александрович (RU)  
Невзоров Юрий Витальевич (RU)  
Мырова Людмила Ошеровна (RU)  
Фомина Ирина Андреевна (RU)  
Грибанов Александр Сергеевич (RU)

(73)

**Патентообладатели:**

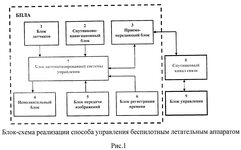
Открытое акционерное общество "Московский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский радиотехнический институт" (ОАО "МНИРТИ") (RU)

(56)

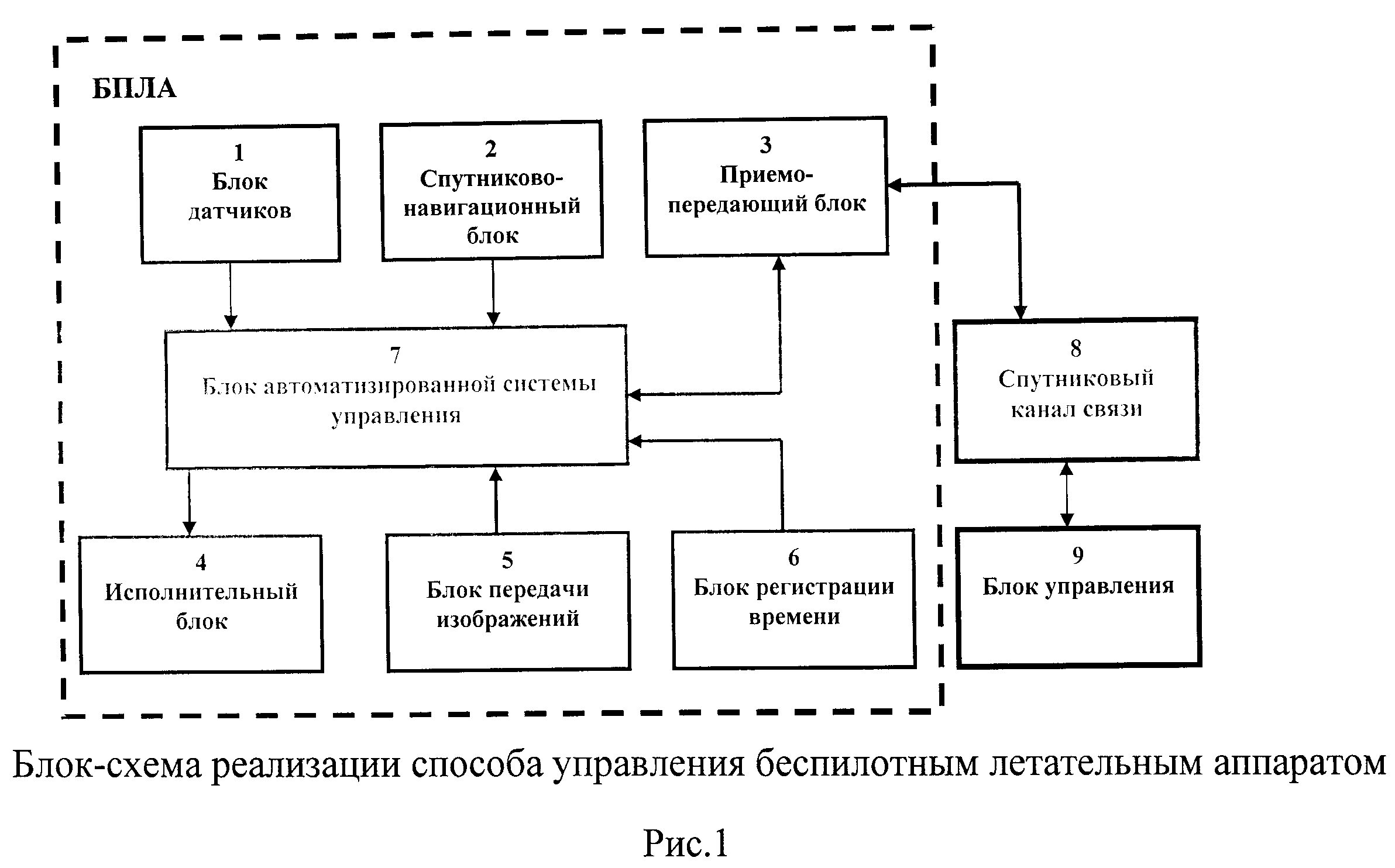
**Документы, цитированные в отчёте о поиске:**

RU 2390815 C1, 27.05.2010,. EP 2 551 700 A1, 30.01.2013,. US 2006/0167599 A1, 27.07.2006. RU 2419804 C2, 20.12.2009.

**Иллюстрации1**



**Реферат**

Изобретение относится к способам управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА). При способе передают команды управления движением БПЛА, данные о координатах и параметрах его движения через основной спутниковый канал связи со стационарного или подвижного пункта управления, учитывают компенсацию задержки в канале передачи команд управления, определяют динамические характеристики воздействия на систему управления БПЛА, формируют двух- или трехмерное изображение воздушной обстановки на экране монитора автоматизированного рабочего места оператора пункта управления. Посадку БПЛА осуществляют на площадку, выбранную оператором по информации, переданной с борта БПЛА, оборудованного видеокамерой, транслируют через спутниковый канал связи команды управления посадкой. Обеспечиваются безаварийный полет и посадка при больших дальностях полета. 7 з.п. ф-лы, 1 ил.

**Формула изобретения**

1. Способ управления беспилотным летательным аппаратом, который оборудован бортовой автоматической системой управления, спутниковой навигационной системой, датчиком времени, представляющим собой высокоточные часы для синхронизации времени, приемо-передающей радиостанцией, при этом передачу команд управления движением БПЛА и передачу данных о координатах и параметрах его движения осуществляют через основой спутниковый канал связи со стационарного или подвижного пункта управления, оборудованного автоматизированным рабочим местом оператора, отличающийся тем, что учитывают компенсацию задержки в канале передачи команд управления, используя спутниковый канал связи, определяя динамические характеристики воздействия на систему управления БПЛА, а для посадки БПЛА в четко заданной точке транслируют через спутниковый канал связи команды управления посадкой беспилотного летательного аппарата, которую осуществляют на площадку, выбранную оператором по информации, передаваемой с блока автоматизированной системы управления борта беспилотного летательного аппарата, оборудованного видеокамерой.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что команды управления беспилотным летательным аппаратом включают навигационные данные о поворотных пунктах маршрута с указанием их географических координат, заданных ортодромических путевых углов, величин бокового упреждения разворота, ограничений на величину крена при выполнении разворота, заданные значения высоты полета, вертикальной скорости и угла наклона траектории, а также отсчет момента измерения указанных данных по шкале единого времени, причем данные об изменении конкретного параметра согласуются с возможными перегрузками и предельными режимами полета беспилотного летательного аппарата и реализуются рядом последовательных изменений этого параметра, приоритет системы управления полетом - пилотируемой или с помощью автопилота, определяется оператором.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что управление беспилотным летательным аппаратом при перерыве в получении информации от спутниковой системы навигации осуществляют по данным инерционной системы навигации, а при перерыве в получении команд от оператора полет осуществляется по заложенной аварийной программе или по программе полета, движения по траектории, заложенной в автопилоте.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что возможную временную задержку исполнения команд управления определяют с учетом времени распространения сигнала от беспилотного летательного аппарата через ретранслятор геостационарного спутника к пункту управления и обратно, времени считывания информации с датчиков положения и движения БПЛА и состояния бортовых систем беспилотного летательного аппарата, а также времени задержки сигнала в буферных устройствах линии формирования и передачи команд.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в пункте управления по данным о текущих координатах и параметрах движения БПЛА, которые получены по основному спутниковому каналу, формируют двух- или трехмерное изображение воздушной обстановки на экране монитора автоматизированного рабочего места оператора.

6. Способ по п. 1, отличающийся тем, что сообщение, передаваемое бортовой радиостанцией беспилотного летательного аппарата, включает данные о параметрах внешней среды, характеризующие температуру и атмосферное давление на высоте полета, а также данные о состоянии бортового оборудования и систем.

7. Способ по п. 1, отличающийся тем, что команды управления формируют с учетом динамических характеристик беспилотного летательного аппарата и его бортовой автоматической системы управления с учетом внешних возмущений, неисправностей и отказов бортового оборудования.

8. Способ по п. 1, отличающийся тем, что сообщения о командах управления и данных о координатах и параметрах движения беспилотного летательного аппарата перед передачей в основной спутниковый канал связи зашифровывают, а на приемном конце дешифруют.

**Описание**

Изобретение относится к области авиационной техники, а именно к способам управления полетом беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) - часть сложного комплекса, одна из основных задач которого - оперативное доведение полученных сведений до персонала пункта управления (ПУ).

Важнейшая задача, возлагаемая на БПЛА, - проведение разведки труднодоступных районов, в которых получение информации обычными средствами затруднено или же подвергает опасности здоровье и даже жизнь людей. Помимо военного использования применение комплексов БПЛА открывает возможность оперативного и недорогого способа обследования труднодоступных участков местности, периодического наблюдения заданных районов, цифрового фотографирования для использования в геодезических работах и в случаях чрезвычайных ситуаций.

При обеспечении безопасности полетов БПЛА следует отметить, что система его управления должна строиться с учетом существующих методов с сохранением безопасности всех участников движения.

Наличие навигационной информации, получаемой от спутниковой системы позиционирования, при существующих особенностях летно-технических характеристик БПЛА требует разработки методов управления беспилотными летательными аппаратами в воздушном пространстве с использованием полетной информации при автоматическом зависимом наблюдении, что представляет актуальную задачу.

Так, известен способ для безопасных полетов БПЛА в гражданском воздушном пространстве [Заявка US №2008033604, МПК G05D 1/00; G06F 17/00; G05D 1/00; G06F 17/00, опубл. 2008-02-07]. В состав указанной системы входит наземная станция управления (НСУ), оборудованная устройством визуализации, удаленный пилот-оператор на НСУ и система передачи данных между БПЛА и НСУ. Метод позволяет пилоту-оператору контролировать полет БПЛА с помощью трехмерного синтезируемого изображения. Во время полета бортовая система БПЛА периодически транслирует свой идентификатор, местоположение, высоту и азимут. По полученным от БПЛА данным в системе визуализации генерируется и отображается на экране монитора обстановка вокруг текущего местоположения БПЛА. Пилот-оператор, анализируя данное изображение, воздействует на органы системы управления полетом, чьи сигналы транслируются обратно на БПЛА. В течение тех фаз полета БПЛА, когда система визуализации не используется для управления, он выполняет полет под управлением бортовой автономной системы. Дополнительно обеспечивается канал связи с системой УВД и пилотами других летательных аппаратов, имеющих прямую связь с указанным пилотом-оператором.

Недостаток указанного изобретения состоит в том, что для передачи управляющих сигналов на борт БПЛА от органов управления, на которые воздействует пилот-оператор, требуется широкополосная радиолиния, которая по сравнению с узкополосной линией передачи данных (ЛПД) имеет при той же мощности передатчика меньшую дальность действия, а также низкую помехозащищенность, другим недостатком является необходимость использования дополнительных каналов передачи данных о воздушной обстановке и для связи с пилотами других летательных аппаратов, что снижает уровень надежности и безопасности полетов в воздушном пространстве. Кроме того, еще одним существенным недостатком является то, что управление осуществляется в зоне прямой радиовидимости и не используется для автоматической посадки летательного аппарата.

Автоматическая посадка не проводится в силу больших погрешностей измерения высоты современными высотомерами.

Например, радиовысотомер А-079Э, являющийся радиолокационной станцией ракеты повышенной дальности класса ″воздух-поверхность″ Х-59 МК, имеет погрешность измерения высоты при углах крена и тангажа ±15°:

- систематическая составляющая, 0,4 м при Н<50 м,

- случайная составляющая, 0,5 м при 50≤Н≤500 м, где Н - измеряемая высота.

Наиболее близким по своей технической сущности и достигаемому результату к заявленному является способ управления одним или несколькими беспилотными летательными аппаратами, каждый из которых оборудован бортовой автоматической системой управления (патент РФ №2390815, МПК G05D 1/00, опубл. 27.05.2010 г.).

В известном способе управления одним или несколькими беспилотными летательными аппаратами, каждый из которых оборудован бортовой автоматической системой управления, спутниковой навигационной системой, высокоточными синхронизированными часами, бортовым вычислителем и приемо-передающей радиостанцией, с помощью которой осуществляется цифровая радиосвязь с базовой радиостанцией и со стационарным или подвижным пунктом управления, оборудованным автоматизированным рабочим местом оператора, при этом передача команд управления движением беспилотного летательного аппарата, данных о координатах и параметрах его движения, идентификационных номеров, находящихся в пределах радиовидимости, производится в радиоканалы, причем трансляция сообщений передающей радиостанции производится в заранее заданный отрезок дискретной шкалы единого времени с временным упреждением, которого достаточно для компенсации запаздывания в получении и исполнении указанных команд. Указанный способ принят за прототип.

Недостатком способа управления беспилотными летательными аппаратами по патенту 2390815 является то, что оно осуществляется в зоне прямой радиовидимости, его невозможно использовать при значительном увеличении дальности полета и вне условий прямой радиовидимости, управлять посадкой в четко заданной точке, кроме того, для передачи команд управления требуется широкополосная система радиосвязи, для которой характерны низкие помехозащищенность и помехоустойчивость, а также невозможность управлять БПЛА в режиме реального времени.

Известно, что огромные расстояния между земными станциями и спутником являются причиной того, что отношение сигнал/шум на приемнике очень невелико. Для того чтобы в этих условиях обеспечить приемлемую вероятность ошибки, приходится использовать большие антенны, малошумящие элементы и сложные помехоустойчивые коды. Особенно остро эта проблема стоит в системах подвижной связи, так как в них есть ограничение на размер антенны и, как правило, на мощность передатчика. На качество спутниковой связи оказывают сильное влияние эффекты в тропосфере и ионосфере. К ионосферным эффектам, влияющим на распространение радиоволн, относят мерцание, поглощение, задержку распространения, дисперсию, изменение частоты, вращение плоскости поляризации. Все эти эффекты ослабляются с увеличением частоты.

Проблема задержки распространения сигнала так или иначе затрагивает все спутниковые системы связи. Наибольшей задержкой обладают системы, использующие спутниковый ретранслятор на геостационарной орбите. В этом случае задержка, обусловленная конечностью скорости распространения радиоволн, составляет примерно 250 мс, а с учетом мультиплексирования, коммутации и задержек обработки сигнала общая задержка может составлять до 400 мс. Задержка распространения наиболее нежелательна в приложениях реального времени. При этом время распространения сигнала по спутниковому каналу связи составляет 250 мс. При приближении Солнца к оси спутника - наземная станция радиосигнал, принимаемый со спутника наземной станцией, искажается в результате интерференции. В связи с этими причинами важно учитывать компенсацию задержки в канале передачи команд управления при использовании спутникового канала связи. В этом случае можно определять положение БПЛА как при движении по рассчитанной траектории, так и в режиме реального времени и для безопасной посадки в четко заданной точке.

Техническая задача, на решение которой направлено заявленное изобретение, состоит в повышении эффективности управления БПЛА, возможности определения положения БПЛА при значительном увеличении дальности полета и вне зоны прямой радиовидимости при его движении как в режиме полета по траектории, так и в управлении полетом в пилотируемом режиме реального времени, а также для его безопасной посадки в четко заданной точке за счет возможности учета компенсации задержки в канале передачи команд управления при использовании спутникового канала связи, а в связи с этим - уровня безопасности выполнения полетов в воздушном пространстве.

Поставленная техническая задача достигается тем, что в способе управления беспилотным летательным аппаратом, который оборудован бортовой автоматической системой управления, спутниковой навигационной системой, датчиком времени, представляющим собой высокоточные часы для синхронизации времени, приемо-передающей радиостанцией, при этом передачу команд управления движением БПЛА и передачу данных о координатах и параметрах его движения осуществляют через основой спутниковый канал связи со стационарного или подвижного пункта управления, оборудованного автоматизированным рабочим местом оператора, при этом для определения положения БПЛА при значительном увеличении дальности полета и вне зоны прямой радиовидимости при его движении как в режиме полета по траектории, так и в режиме пилотируемого управления в режиме реального времени, а также для его безопасной посадки учитывают компенсацию задержки в канале передачи команд управления, используя спутниковый канал связи, определяя динамические характеристики воздействия на систему управления БПЛА, а для посадки БПЛА в четко заданной точке транслируют через спутниковый канал связи команды управления посадкой беспилотного летательного аппарата, которую осуществляют на площадку, выбранную оператором по информации, передаваемой с блока автоматизированной системы управления борта беспилотного летательного аппарата, оборудованного видеокамерой.

В предлагаемом способе команды управления беспилотным летательным аппаратом включают навигационные данные о поворотных пунктах маршрута с указанием их географических координат, заданных ортодромических путевых углов, величин бокового упреждения разворота, ограничений на величину крена при выполнении разворота, заданные значения высоты полета, вертикальной скорости и угла наклона траектории, а также отсчет момента измерения указанных данных по шкале единого времени, причем данные об изменении конкретного параметра согласуют с возможными перегрузками и предельными режимами полета беспилотного летательного аппарата и реализуют рядом последовательных изменений этого параметра.

Управление беспилотным летательным аппаратом при перерыве в получении информации от спутниковой системы навигации осуществляют по данным инерционной системы навигации, в случае перерыва в получении команд от оператора полет осуществляется по заложенной аварийной программе или по программе полета движения по траектории, заложенной в автопилоте, при этом характеристики линии связи - полоса частот меняется в зависимости от дальности и качества передаваемой информации.

По заявляемому способу возможную временную задержку исполнения команд управления определяют с учетом времени распространения сигнала от беспилотного летательного аппарата через ретранслятор геостационарного спутника к пункту управления и обратно, времени считывания информации с датчиков положения и движения БПЛА и состояния бортовых систем беспилотного летательного аппарата, а также времени задержки сигнала в буферных устройствах линии формирования и передачи команд.

По способу в пункте управления по данным о текущих координатах и параметрах движения БПЛА, которые получены по основному каналу связи, формируют двух- или трехмерное изображение воздушной обстановки на экране монитора автоматизированного рабочего места оператора.

По заявляемому способу сообщение, передаваемое бортовой радиостанцией беспилотного летательного аппарата, включает данные о параметрах внешней среды, характеризующие температуру и атмосферное давление на высоте полета, а также данные о состоянии бортового оборудования и систем.

По способу команды управления формируют с учетом динамических характеристик беспилотного летательного аппарата и его бортовой автоматической системы управления с учетом внешних возмущений, неисправностей и отказов бортового оборудования.

По заявляемому способу сообщения о командах управления и данных о координатах и параметрах движения беспилотного летательного аппарата перед передачей в основной канал связи зашифровывают, а на приемном конце дешифруют.

Возможность обеспечения устойчивой связи является одной из важнейших характеристик, определяющих эксплуатационные возможности управления БПЛА и обеспечивающих доведение сведений, полученных БПЛА, в режиме реального времени до оперативного персонала ПУ.

Передаваемые на БПЛА команды управления, при движении по заданной траектории, содержат код каждого из заранее определенных маневров в горизонтальной и вертикальной плоскостях, параметры указанного маневра, данные о моменте начала маневра и его окончании, а также при дистанционно-пилотируемом управлении в режиме реального времени коды содержат положения аэродинамических элементов, органов управления, время формирования пакета данных и другую необходимую информацию. По данным наблюдений автопилот вычисляет отклонения от программного движения БПЛА, в случае, когда указанные отклонения превышают допустимые, производит корректировку для уменьшения величины указанных отклонений.

По данным о текущих координатах и параметрах движения БПЛА, которые получены по основному спутниковому каналу связи, в пункте управления (ПУ) формируют двух- или трехмерное изображение воздушной обстановки на экране монитора АРМ оператора, рассчитывают прогнозируемую траекторию и направление приема сигналов абонента.

При формировании команд управления учитывают динамические характеристики БПЛА, заложенные в память системы управления алгоритмы, а также внешние возмущения, возможные неисправности и отказы бортового оборудования.

В заявляемом способе сообщения о командах управления и данных о координатах и параметрах движения беспилотного летательного аппарата перед передачей в основной спутниковый канал связи зашифровывают, а на приемном конце дешифруют.

В заявляемом изобретении для обеспечения безаварийного полета и посадки за счет достижения эффекта пилотируемого полета и посадки, повышения точности определения положения и высоты БПЛА при посадке в заданной точке на дальностях, выходящих за зону радиовидимости, изображение посадочной полосы получают с помощью расположенной на БПЛА видеокамеры и передают через линию спутниковой связи, обеспечивающей передачу видеоинформации, в соответствии с которой оператор вырабатывает команды управления и передает эти команды через спутниковый канал связи в блок автоматизированной системы управления БПЛА с учетом компенсации задержки.

Проведенный анализ технических решений позволил установить, что аналоги, характеризующиеся совокупностью признаков, тождественных всем признакам заявленного технического решения, отсутствуют в известных носителях информации, что указывает на соответствие заявленного способа условию патентоспособности ″новизна″.

Результаты поиска известных решений в данной и смежных областях техники с целью выявления признаков, совпадающих с отличительными от прототипа признаками, показали, что они не следуют явным образом из уровня техники. Из уровня техники также не выявлена известность влияния предусматриваемых существенными признаками заявленного изобретения преобразований на достижение указанного технического результата. Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию патентоспособности ″изобретательский уровень″.

Заявленный способ реализуется по блок-схеме, представленной на рис. 1, которая состоит из следующих основных блоков:

1 - датчиков;

2 - спутникового навигационного;

3 - приемо-передающего;

4 - исполнительного;

5 - блока передачи изображений на экран или дисплей;

6 - регистратора времени;

7 - автоматизированной системы управления;

8 - спутникового канала связи;

9 - внешнего блока управления.

При рассмотрении реализации заявляемого способа необходимо учесть, что блоки 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 входят с систему управления БПЛА, поэтому при рассмотрении реализации способа не анализируют взаимодействие всех этих блоков, а рассматривают реализацию способа во взаимодействии системы управления БПЛА с внешним блоком управления (9) через спутниковый канал связи (8).

Способ осуществляется следующим образом: БПЛА передает информацию о своем местоположении на внешний блок управления (9), который представляет собой стационарный или подвижный пункт управления, оборудованный автоматизированным рабочим местом оператора. Передача информации осуществляется через спутниковый канал связи (8). С пункта управления беспилотным аппаратом через спутниковый канал связи (8) информация передается на систему управления БПЛА. Таким образом, на пункте управления (9) можно наблюдать за положением БПЛА при значительном удалении и вне зоны радиовидимости.

При посадке БПЛА в определенную четко заданную точку информация, полученная из блока передачи изображений на экран или дисплей БПЛА (5), представляющего собой видеокамеру, установленную непосредственно на борту БПЛА, направляется через спутниковый канал связи на внешний блок управления (9), обрабатывается и используется для выработки команд обеспечения безопасной посадки БПЛА.

**Документы, цитированные в отчёте о поиске1**

**Номер документаДата публикацииАвторыНазвание**

RU2419804C22011.05.27КОЭН Кларк Э. (US)СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ПОНИЖЕННОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТЬЮ К НЕПРЕДНАМЕРЕННЫМ И ПРЕДНАМЕРЕННЫМ ПОМЕХАМ

**Документы, со ссылками на патент10**

**Номер документаДата публикацииАвторыНазвание**

RU2766639C12022.03.15Полевой Юрий Иосифович (RU)СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ ПОДВОДНОЙ ЛОДКОЙ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

RU2733453C12020.10.01Сагдеев Константин Мингалеевич (RU)СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ

RU2725640C12020.07.03Сузанский Дмитрий Николаевич (RU)СПОСОБ ЗАХОДА НА ПОСАДКУ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В АВАРИЙНЫХ УСЛОВИЯХ

RU2736604C12020.11.19Васильев Петр Ксенофонтович (RU)АВТОМАТИЧЕСКИЙ МУЛЬТИРОТОРНЫЙ АППАРАТ ТРАНСПОРТЕР ДЛЯ ОПЕРАТИВНОЙ ДОСТАВКИ МЕДИКАМЕНТОВ, ПРОДОВОЛЬСТВИЯ И ДРУГОГО ГРУЗА ЧЕРЕЗ ОПАСНУЮ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ЗОНУ

RU2720389C12020.04.29ЧЭНЬ, Юшэн (CN)СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ И УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

RU200039U12020.10.01Зеленский Владимир Анатольевич (RU)Интеллектуальная система автоматического управления беспилотным летательным аппаратом

RU2704614C12019.10.30ДУН, Шэнфэй (CN)СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕМ НА ОСНОВЕ СЕТИ CORS

RU2719605C12020.04.21ПЭН, Бинь (CN)СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ И УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

RU2657164C12018.06.08Разроев Элдар Али Оглы (RU)СИСТЕМА УДАЛЁННОГО НАБЛЮДЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

RU2773056C12022.05.30СПОСОБ БЛОКИРОВАНИЯ СИГНАЛА В ЛОКАЛЬНОМ РАЙОНЕ НАХОДЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЪЕКТА

**Похожие документы20**

**Номер документаДата публикацииАвторыНазвание**

RU2290763C12006.12.27Кейстович Александр Владимирович (RU)СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ И СЛЕЖЕНИЯ ЗА УДАЛЕННЫМИ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

RU2633380C12017.10.12Дубровин Александр Викторович (RU)Система пассивной локации для определения координат летательного аппарата в ближней зоне аэродрома и на этапе захода на посадку с резервным каналом определения дальности

RU2390815C12010.05.27Красов Анатолий Иванович (RU)СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

RU2469346C12012.12.10Моргунов Юрий Николаевич (RU)СПОСОБ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

RU2433540C22011.11.10Буцев Сергей Васильевич (RU)СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БЛИЖНЕЙ НАВИГАЦИИ И СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ

RU2790937C12023.02.28Моргунов Юрий Николаевич (RU)Гидроакустическая навигационная система дальнего радиуса действия

RU2674536C12018.12.11Ильин Александр Иванович (RU)СПОСОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТАМИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБЩЕМ ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

RU2622767C12017.06.20Валов Владимир Алексеевич (RU)Способ авиационной адаптивной автоматической декаметровой радиосвязи на незакрепленных частотах

RU2746148C12021.04.07Кейстович Александр Владимирович (RU)СИСТЕМА РАДИОСВЯЗИ С ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

RU2595328C12016.08.27Иванов Юрий Михайлович (RU)СПОСОБ ИНЕРЦИАЛЬНО-СПУТНИКОВОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

RU2767605C12022.03.18Абдрахманов Фарид Хабибуллович (RU)Малогабаритная радиостанция передачи команд управления беспилотным летательным аппаратом

RU2623837C12017.06.29Мироненко Михаил Владимирович (RU)Способ экологического мониторинга и охраны районов нефтегазодобычи

RU2683703C12019.04.01Ильин Александр Иванович (RU)ЛОГИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ АВИАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ИХ БЕЗОПАСНУЮ ИНТЕГРАЦИЮ В ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО

RU2691947C12019.06.19Ефимов Максим Борисович (RU)ЛОКАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СПОРТСМЕНОВ И СПОРТИВНЫХ СНАРЯДОВ

RU2755134C12021.09.13Каплин Александр Юрьевич (RU)Способ подсвета цели для обеспечения применения боеприпасов с лазерной полуактивной головкой самонаведения

RU2733453C12020.10.01Сагдеев Константин Мингалеевич (RU)СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В АВТОНОМНОМ РЕЖИМЕ

RU2271067C12006.02.27Панов Владимир Петрович (RU)СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

RU168210U12017.01.24Дубровин Александр Викторович (RU)Система пассивной локации для определения координат летательного аппарата при заходе на посадку с адаптивной радиолинией взаимодействия и контрольным реперным маяком

RU113619U12012.02.20Гусаров Александр Анатольевич (RU)АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ОБЪЕКТОВ

RU2766934C12022.03.16Самохин Максим Александрович (RU)Мобильная береговая радиолокационная станция загоризонтного обнаружения с повышенной скрытностью излучения

Эволюция систем управления беспилотных летательных аппаратов: от появления до наших дней 26.10.2018 20998 Аннотация: в данной статье приведена ТРИЗ-эволюция систем управления беспилотными летательными аппаратами, начиная с первых и заканчивая современными, с их описанием, техническими противоречиями и возможным дальнейшим развитием. Ключевые слова: система управления, беспилотный летательный аппарат, БПЛА.  Annotation: In this article we present TRIZ-evolution of control systems of unmanned aerial vehicles, that is starting with the original and ending with the modern, with their description, technical contradictions and possible further development.  Keywords: control system, unmanned aerial vehicle, UAV.  В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) достаточно сильно развиты и имеют широкий круг применений. За век своего существования БПЛА как увеличились в своих размера до десятков метров, так и уменьшились до нескольких миллиметров; их диапазон скорости, грузоподъёмности тоже  существенно расширился. Однако системы управления БПЛА неизменно развивались и продолжают развиваться. Рассмотрим эволюцию систем управления БПЛА, начиная от систем управления первых беспилотных «воздушных торпед» до систем управления современных беспилотников. Для современных БПЛА ограничимся мини и микро классами аппаратов (вес до 30 кг). Как всегда бывает, первыми БПЛА разрабатывали военные, и только в XXI веке началось активное развитие БПЛА гражданского назначения.  1.      Исторически первый БПЛА.  Исторически первым БПЛА считается «Жук» Кеттеринга (см. рис. 1). Это один из первых успешных проектов беспилотного летательного средства. По заказу армии США в 1917 году изобретатель Чарльз Кеттеринг разработал свою экспериментальную беспилотную «воздушную торпеду», которая стала предшественником крылатых ракет. Целью было создать дешёвый и простой беспилотный самолёт-снаряд для армейского авиационного корпуса.   Рисунок 1 – Жук Кеттеринга.  Аппарат получился достаточно компактный, в отличие от «крылатой бомбы» Сперри, разрабатываемой и испытываемой в тоже время. «Жук» имел цилиндрический корпус из дерева, к которому крепилась бипланная V-образная коробка.  Беспилотное средство было оснащено дешёвым четырёхцилиндровым двигателем и инерциальной автоматической системой управления. После старта, питающийся электричеством от двигателя, гироскоп обеспечивал стабилизацию «Жука» по направлению [1]. Гироскоп был соединён с вакуум-пневматическим автопилотом (рис. 2), который осуществлял управление рулём направления. Блок-схема системы управления «Жука» представлена на рисунке 3.   Рисунок 2 – Вакуум-пневматический автопилот (пример)   Управление рулём высоты осуществлялось аналогичным образом, но датчиком в этом случае уже являлся барометрический альтиметр.   Перед стартом на беспилотном аппарате задавали значение высоты и максимальное количество оборотов пропеллера, что соответствовало пройденному расстоянию; раскручивали гироскоп. Запуск происходил с рельсовой катапульты, «Жук» выходил на заданную высоту и летел по прямой в сторону цели. Специальное устройство отсчитывало обороты пропеллера и по достижении нужного расстояния (количества оборотов пропеллера сравнялось с заданным), высвобождался пружинный механизм, который отключал двигатель и выбивал болты, держащие крылья. Корпус аппарата падал вниз и достигал цели.    Рисунок 3 – Блок-схема системы управления   «Жук» Кеттеринга предназначался для обстрела городов, крупных промышленных центров и мест сосредоточения войск противника на дистанции до 120 км. Он успешно прошёл испытания, в отличие от «воздушной торпеды» Сперри, и был прият на вооружение. Система показала себя лучше, успешней и дешевле предыдущих, но Первая мировая война закончилась, и заказ так и не был выполнен [1]. Всего было изготовлено 45 машин.   У «Жука» Кеттеринга были реализованы простейшие функции автопилота: управление рулём высоты и рулём направления, отсчитывание пройдённого расстояния, отключение двигателя и сброс крыльев. Неудачи в испытаниях были связаны с проблемами удержания аппарата на курсе. Аппарат мог отклониться от курса как при запуске с рельсовой катапульты, так и во время полёта. Кроме того, «воздушная торпеда» под действием ветра могла завалиться на крыло и упасть. Примитивный автопилот хоть и пытался придерживаться курса, но с сильными порывами ветра или ошибкой при запуске справиться не мог.   Представим алгоритм управления «Жука» Кеттеринга: 1) Перед стартом задавались максимальная высота и число оборов пропеллера. 2) Происходил запуск с рельсовой катапульты. 3) Аппарат выходил на заданную высоту (контроль высоты осуществлялся с помощью барометрического альтиметра). 4) Автопилот поддерживал неизменный курс благодаря воздействию гироскопа (полёт представлял собой движение по прямой). 5) При достижении заданного числа оборотов (нужного расстояния), происходило отключение двигателя и сброс крыльев. Корпус аппарата падал вертикально вниз в цель.   Аппарат имел малую дальность и мог двигаться только по прямой из пункта «А» в пункт «Б». Маршрут с большим количеством точек был невыполнимой задачей, как и  возвращение аппарата на место старта. Выявим технические противоречия (ТП), имеющиеся в описываемой системе, для единообразия в формулировках противоречий все рассматриваемы системы будем называть БПЛА: ТП1. При повышении степени стабилизации БПЛА по крену, путём введения стабилизирующих элементов на крыльях, недопустимо повышается вес аппарата. ТП2. При повышении степени стабилизации БПЛА по крену, путём введения стабилизирующих элементов на крыльях, недопустимо повышается сложность конструкции. ТП3. При повышении степени стабилизации по курсу недопустимо уменьшается расстояние до цели. ТП4. При повышении сложности маршрута недопустимо повышается сложность конструкции. Противоречие ТП4 было разрешено использованием приёмов вынесения, непрерывности полезного действия, «посредника», путём замены инерциального автопилота на систему радиоуправления. Этап ТРИЗ-эволюции представлен на рисунке 4.   Рисунок 4 – Первый этап эволюции.  2.       Новая веха: появление радиоуправляемых летательных аппаратов.  В 1930-х годах армия США получила предложения поставлять радиоуправляемые беспилотные самолёты для различных нужд. Среди компаний, сделавших предложение, была Radioplane Company. Основана она Дени Реджинальдом, бывшим пилотом британской королевской авиации, который эмигрировал в США и стал актёром, а позже основал магазин и компанию по производству радио моделей самолётов [2].   Radioplane Company предложила армии США линейку радиоуправляемых моделей самолётов, среди которых присутствовала модель Radioplane OQ-2 (рис. 5). Это первый дистанционно-пилотируемый летательный аппарат (ДПЛА), поступивший в массовое производство. В общем было произведено 15000 моделей. Эксплуатация проводилась вплоть до 1948 года [2].   Radioplane OQ-2 представлял собой самолёт-мишень для обучения зенитных расчётов. Длина – 2,65 м. Размах – 3,73 м. Взлётный вес – 47 кг. Максимальная скорость – 137 км/ч. Максимальное время полёта – 1 час. Рисунок 5 – Внешний вид Radioplane OQ-2  Запуск происходил с катапульты, а управлялась беспилотная радио модель оператором с земли, который мог имитировать различный ситуации (например, заход истребителя для атаки). Если аппарат оставался цел после полёта, посадка происходила с помощью выбрасываемого парашюта и неубираемого шасси (было не у всех моделей), которое смягчало удар о землю. Блок-схема системы управления представления на рисунке 6.   Рисунок 6 – Блок-схема радиоуправления   Радиоуправление позволило беспилотникам следовать по сложным маршрутам и выполнять сложные манёвры в воздухе, превосходя в этом «Жука» Кеттеринга и «Крылатую торпеду» Сперри. Аппараты получили возможность возвращаться на стартовую позицию, что увеличило количество их использования. Малогабаритная конструкция Radioplane OQ-2 и простота позволили развивать ему большие скорости и покрывать большее расстояние. Однако появилась проблема с малым потолком использования в 2438 м. Аппаратура того времени позволяла эффективно использовать Radioplane OQ-2 только в поле видимости оператора. Именно так оператор с земли мог производить управление беспилотником. Если аппарат вылетал из радиуса видимости, то его можно было контролировать только радаром, что не обеспечивало эффективного наблюдения и снижало точность позиционирования. При рассмотрении Radioplane OQ-2 можно выявить следующие противоречия: ТП5. При увеличении дальности, путём увеличения пунктов управления по маршруту движения радиоуправляемого аппарата, недопустимо увеличивается объём наземной аппаратуры управления. ТП6. При увеличении дальности, путём увеличения пунктов управления по маршруту движения радиоуправляемого аппарата, недопустимо увеличивается количество персонала. ТП7. При увеличении дальности, путём увеличения объёма топливного бака, недопустимо увеличивается вес. Второй этап эволюции показан на рисунке 7. Противоречие ТП7 было разрешено использованием приёмов вынесения, непрерывности полезного действия, «посредника».   Рисунок 7 – Второй этап эволюции   3. Разработки второй мировой войны. Фау-1 – самолёт-снаряд, прообраз современных крылатый ракет, состоял на вооружении армии Германии в середине Второй мировой войны (рис. 8). Эта ракета создана в рамках проекта «Оружие возмездия». Проект беспилотного аппарата разработан немецкими конструкторами Робертом Луссером и Фритцем Госслау. Разработка производилась в период 1942-1944 гг [3]. Фау-1 была построена по самолётной схеме, в задней части корпуса над рулём курса крепился реактивный двигатель. В процессе разработки проекта появилась необходимость ввести стабилизаторы и гироскоп для стабилизации аппарата во время полёта. На земле перед запуском беспилотному аппарату задавали значения высоты и курса, а так же дальность полёта. Наведение выполнялось по магнитному компасу. После пуска аппарата (производился с катапульты, либо с самолёта-носителя – модифицированного бомбардировщика Heinkel He 111 H-22) он летел с помощью автопилота по заданному курсу и на заранее определённой высоте. Стабилизация по курсу и тангажу осуществлялась на базе показаний 3-степенного гироскопа: по тангажу суммировались с показаниями барометрического датчика высоты; по курсу – со значениями угловых скоростей от двух 2-степенных гироскопов, используемых для уменьшения колебаний снаряда. Управление по крену отсутствовало, так как Фау-1 была достаточно устойчива вокруг продольной оси [3].    Рисунок 8 – Внешний вид Фау-1   Автопилот был пневматическим устройством, работающим на сжатом воздухе. Золотники пневматических машинок рулей курса и высоты приводились в действие воздушным давлением, в зависимости от показаний гироскопов. Сами гироскопы раскручивались также сжатым воздухом. Расстояние полёта задавалось на специальный механический счётчик, а прикреплённый на нос снаряда анемометр постепенно сводил значение к нулю. По достижении нулевого значения происходило разблокирование ударных взрывателей и отключение двигателя. Примерна блок-схема показана на рисунке 9. Длина – 7.75 м. Размах крыльев – 5,3 (5,7) м. Максимальная скорость – 656 км/ч (по мере расходования топлива скорость доходила до 800 км/ч). Дальность доходила до 280 км. Фау-1 могла летать только по прямой (как «Жук» Кеттеринга), однако покрывала большее расстояние и развивала гораздо большую скорость.    Рисунок 9 – Блок-схема системы управления.    После рассмотрения Фау-1 были выделены следующие технические противоречия: ТП8. При упрощении процесса старта, путём отказа от катапульты, недопустимо увеличивается сложность конструкции. ТП9. При увеличении сложности маршрута недопустимо увеличивается сложность оборудования. ТП10. При увеличении сложности маршрута недопустимо увеличивается вес аппарата. На основе вышеописанных противоречий выделен второй этап ТРИЗ-эволюции беспилотных летательных аппаратов (рис. 10). Противоречия ТП8 и ТП9 были разрешены с помощью приёмов вынесения, непрерывности полезного действия, «посредника», путём замены самолётной схемы на вертолётную.    Рисунок 10 – Третий этап эволюции.   4. Противолодочный вертолёт. Проект американского беспилотного летательного аппарата, а если точнее бдеспилотного вертолёта. Gyrodyne QH-50 DASH – первый в мире беспилотный вертолёт принятый на вооружение (рис. 11). Первый его полёт состоялся в 1959 году, и вплоть до 1969, когда ВМС США отказались от проекта, было произведено 700 аппаратов различных модификация. Изначально проектировались как штатное противолодочное вооружение ракетных крейсеров [4].    Рисунок 11 – Внешний вид Gyrodyne QH-50 DASH    Вертолёт был в длину 3,9 м, в высоту 3 м.. Вес неснаряжённого и снаряжённого соответственно 537 кг. и 991кг. Максимальный взлётный вес 1046 кг. Максимальная скорость 148 км/ч. и дальность 132 км. Практический потолок 4939 м. На борту нёс 33,6 галлонов топлива [4]. В отличие от предыдущих систем, аппарату не требовалась взлётная полоса или оборудование (например, катапульта), а требовалась небольшая ровная поверхность. Беспилотный вертолёт разрабатывался для старта с палубы корабля. Перед запуском к нему подвешивали торпеды. Контроль управления вёлся с пульта оператора (блок-схема системы управления представлена на рис. 12). На пульт также приходили данные о состоянии аппарата, сигналы оружейной системы. В дальнейшем было предложено ввести два пульта управления. По требованию, один пульт должен был находиться на палубе, а другой в командном пункте. Так как торпеды весили много, пришлось отказаться от телеаппаратуры. Поэтому запускали сразу два вертолёта: один с аппаратом обнаружения и целеуказания; второй с вооружением. Проект Gyrodyne QH-50 DASH был отменён из-за несовершенства системы управления и конструктивных дефектов, почти половина аппаратов разбились. Во время полёта у беспилотного вертолёта могло произойти самопроизвольное отключение аппаратуры управления. Также сказалось начало войны во Вьетнаме. Но использование беспилотного вертолёта вплоть до 2006 года как учебное пособие, объект экспериментов и т.д.    Рисунок 12 – Блок-схема системы управления.    Выделим противоречия беспилотного вертолёта Gyrodyne QH-50 DASH: ТП11. При уменьшении габаритов беспилотного аппарата недопустимо уменьшается показатель полезной нагрузки. ТП12. При уменьшении габаритов беспилотного аппарата недопустимо уменьшается дальность полёта. Противоречия ТП10 и ТП11 были разрешены с помощью приёмов вынесения, объединения, универсальности, замены механической схемы, путём создания доступных контроллеров полёта для авиамоделистов. По этим противоречиям составим этап ТРИЗ-эволюции (рис. 13).   Рисунок 13 – Четвёртый этап эволюции.    5. «Беспилотники» в массы. Полётные контроллеры для моделирования. В наше время беспилотные летательные аппараты перестали быть военными «игрушками». В начале XXI века всё больше и больше различных БПЛА находят применение в гражданских сферах: аэросъёмка, доставка грузов, отдых и досуг, образование и др. Появилось множество схем конструкций (мультикоптеры, самолётного типа и др.). Теперь их можно спокойно купить в магазинах или даже сделать самому при покупке определённых комплектующих. О них и пойдёт речь далее. Полётный контроллер – это основная плата управления, обеспечивающая функционирование беспилотного летательного аппарата. Одним из первых популярных полётных контроллеров XXI века был MultiWii (рис. 14). Это открытый проект полётного контроллера на основе Arduino (аппаратной вычислительной платформе, основными компонентами которой являются простая плата ввода/вывода и среда разработки на языке Processing/Wirin (Си подобный)). Используется как элемент системы управления самодельных беспилотных аппаратов (в частности для мультикоптеров). Название MultiWii исторически сложилось потому, что в первых версиях были задействованы гироскопы из контроллера к игровой консоли Nintendo Wii.       Рисунок 14 – Внешний вид платы MultiWii   В данный момент платформа поддерживает большое количество сенсоров. Изначально нужно было докупать гироскопы из контроллера Wii Motion Plus и акселерометр из контроллера Wii Nunchuk, однако сейчас этого делать не нужно. Так как основой проекта служит Arduino, то подключаемые модули (GPS, радио передатчик и т.д.) совместимо с проектом полётного контроллера ArduPilot (подробнее о нём поговорим ниже). По своей сути это плата с контактами, а не готовая система управления, к которой радиолюбитель может присоединять различные модули (в соответствии с нужными целями). Есть возможность настроить управление по радио пульту (с помощью приемника/передатчика радиосвязи) либо простые функции автопилота, такие как движение по точкам (необходим модуль GPS) и удержание курса (магнитометр). Естественно всё это возможно только при правильной настройке контроллера. Изначально на плате был 8-битный микроконтроллер ATMega328 (тактовая частота до 20MHz, FLASH-память 32кб, SRAM-память 2кб), либо ATMega2560 (тактовая частота 16MHz, FLASH-память 256кб, SRAM-память 8кб). Но, т. к. проект является открытым, появились любительские версии с 32-битным STM32. Так же присутствуют встроенные датчики MPU6050 (3-осевой гироскоп и 3-осевой акселерометр), BMP085 (барометр) и HMC5883L (электронный магнитный компас). Информация представлена в общем виде и может отличаться для различных версий плат. На рисунке 15 показана блок-схема системы управления. Предполагаемый алгоритм управления: 1) Необходимо подключить все необходимые для задачи пользователя модули, предварительно записав программу в микроконтроллер (официальную или самодельную). 2) Далее следует подключить полётный контроллер к питанию и включить. 3) В зависимости от конструкции беспилотного аппарата, следует произвести запуск. Полётные контроллеры в основном предназначались для радиоуправления. Хоть они и поддерживали некоторые функции автопилота, оператору приходилось контролировать полёт. Например, двигаясь по точкам маршрута, летающий аппарата может врезаться в возникшее препятствие, если не будет принято своевременных мер. Это относится и к остальным моделям полётных контроллеров, описанных ниже.    Рисунок 15 – Блок-схема системы управления.    В системе выявлены следующие противоречия: ТП13. При повышении гибкости настройки управления контроллера недопустимо повышается сложность кода. ТП14. При повышении гибкости настройки управления контроллера недопустимо повышается количество часов, требуемых на это. Противоречия ТП13 и ТП14 были разрешены с помощью приёмов вынесения, объединения, универсальности, замены механической схемы. Этап эволюции показан на рисунке 16.    Рисунок 16 – Пятый этап эволюции.   6. Новые аналоги. Контроллер CopterControl3D (CC3D) создан в рамках открытого проекта Open Pilot,начатого в 2009 году (рис. 17). Как и MultiWii является небольшой и относительно дешевой программируемой платой, но в отличие от неё разрабатывался специально для квадрокоптеров. Так же получил своё программное обеспечение OpenPilot GCS для настройки. Примерно 90% квадрокоптеров используемых для управления First Person Viev (FPV, вид от первого лица – управление осуществляется не только по радио каналу, но и по дополнительному каналу принимается на экран видео в реальном времени) собираются любителями именно на этом контроллере.    Рисунок 17 – Внешний вид платы CC3D   На плате присутствует 32-битный микроконтроллер STM32F103 72MHz с FLASH-памятью 128кб и чип MPU6000 (совмещает 3-осевой гироскоп и 3-осевой акселерометр). Информация представлена в общем виде и может отличаться для различных версий плат. Блок-схема системы управления показана на рисунке 18 (отличия только в интерфейсах подключения устройств).   Рисунок 18 – Блок-схема системы управления    В системе выявлены следующие противоречия: ТП15. При повышении гибкости управления контроллера, путём добавления функций автопилота, недопустимо повышается сложность кода. ТП16. При повышении универсальности использования контроллера недопустимо повышается сложность кода. Противоречия ТП15 и ТП16 были разрешены с помощью приёмов вынесения, универсальности, самообслуживания, «посредника». Этап эволюции представлен на рисунке 19.    Рисунок 19 – Шестой этап эволюции    7. Решение от Arduino. Полётный контроллер ArduPilot Mega (рис. 20), разработанный компанией Arduino. Главным отличием от предыдущих является поддержка не только летающих беспилотных аппаратов, но наземных и лодочных систем. Так же помимо радиоуправляемого дистанционного пилотирования – автоматическое управление по заранее созданному маршруту, т.е. полет по точкам, а так же обладает возможностью двухсторонней передачей телеметрических данных с борта на наземную станцию (телефон, планшет, ноутбук и т.д.) и ведение журнала во встроенную память.    Рисунок 20 – Внешний вид платы    Контроллер поддерживает программирование, как и прочие продукты Arduino, язык программирования Arduino (является стандартным C++ с некоторыми особенностями). При грамотной настройке позволяет превратить любой аппарат в автономное средство и эффективно использовать его не только в развлекательных целях, но и для выполнения профессиональных проектов. По сравнению с вышеописанными платами более стабильно ведёт себя во время полёта, может неплохо выполнять некоторые фигуры полёта. Контроллер поддерживает авиасимулятор через ПО Mission Planner, который позволят настроить управление, проложить маршрут и т.д. На плате установлен микроконтроллеры ATMega2560 и ATMega32U2 (8-битный, тактовая частота 16 MHz, FLASH-память 32кб, SRAM-память 1 кб), датчики MPU6000 и MS5611 (барометр). Блок-схема системы управления показана на рисунке 21.   Рисунок 21 – Блок-схема системы управления.    В рассмотренной системе были выявлены следующее противоречие: ТП17. При повышении гибкости управления контроллера недопустимо уменьшается универсальность использования контроллера. ТП18. При повышении качества платы недопустимо повышается цена. ТП19. При повышении гибкости управления контроллера недопустимо повышается сложность схемы подключения периферии.   Противоречия ТП17 и ТП18 были разрешены с помощью приёмов объединения, дешёвой замены, универсальности, путём создания универсального полётного контроллера. На рисунке 22 показан этап эволюции.    Рисунок 22 – Седьмой этап эволюции.    8. Новое поколение. Pixhawk – полетный контроллер нового поколения (рис. 23), дальнейшая разработка проекта PX4 и программного кода Ardupilot от 3DRobotics. В контроллере присутствует операционная система реального времени NuttX. Контроллер поддерживает большое количество систем: наземные, воздушные, наводные. Поддерживает различные модули и стандарты для их связи. Из-за своей универсальности и стал популярным. Поддерживает использование ПО Mission Planner как ArduPilot.   Рисунок 23 – Внешний вид контроллера Pixhawk    На плате установлен 32-битный микропроцессор STM32F427 Cortex M4 (168MHz, FLASH-память 2 Мб, RAM- память 256кб) и 32-битный сопроцессор STM32F103. Так же присутствуют датчики: ST Micro L3GD 20 – 3-осевой гироскоп, ST Micro LSM303D – 3-осевой акселерометр/магнитометр, MPU6000 - 3-осевой акселерометр/гироскоп, MEAS MS5611 – барометр. Блок-схема системы управления показана на рисунке 24.    Рисунок 24 – Блок-схема системы управления.   Выявим противоречия описанной системы: ТП20. При повышении гибкости управления аппарата недопустимо повышается сложность аппаратуры управления. Противоречия ТП20 были разрешены с помощью приёмов объединения, универсальности, путём создания многофункционального БПЛА с открытым кодом для любительских разработок. Этап эволюции представлен на рисунке 25.       Рисунок 25 – Восьмой этап эволюции.   9. Готовое решение. В 2010 году французская фирма Parrot выпустила на рынок свой беспилотный летательный аппарат AR.Drone. Через пару лет была выпущена обновлённая версия Parrot AR.Drone 2.0 (рис. 29). Проект квадрокоптера был полностью открыт для идей пользователей, что помогло ему стать хитом. У Parrot AR.Drone 2.0 имеются четыре мотора мощностью 14,5 Вт. Максимальная скорость – 18 км/ч. Масса дополнительной полезной нагрузки – 150 г. Процессор ARM Cortex A8 с частотой 1 ГГц. с 800 Гц. DSP TMS320DMC64x для обработки видео сигналов. RAM DDR2 1Гбит. Две камеры: основная для съёмки и режима FPV с разрешением 720p; дополнительная камера с разрешением 240p для измерения горизонтальной скорости, расположена снизу.Wi-Fi точка для подключения устройства управления (смартфон или планшет с ОС Android или iOS) [9].       Рисунок 29 – Внешний вид Parrot AR.Drone 2.0   Открытость проекта позволяет к готовому аппарату подключать дополнительные компоненты. Это была одна из привлекательных черт описываемого квадрокоптера. Также пользователи могли программировать его полётный контроллер, либо создавать различные приложения для управления на языках C, Java и Objectiv-C. Примерная блок-схема управления представлена на рисунке 30. Одна из главных проблем всех беспилотных летающих аппаратов заключается в том, что если во время режима автопилота перед ними возникнет препятствие (будь то стена, дерево, другой летающий аппарат или даже человек) столкновения не избежать. Максимум на что можно рассчитывать, что БПЛА попытается остановиться или оператор вовремя вмешается в процесс. Однако, если прогнозы развития верны и в ближайшее время нас ожидает дальнейшее развитие рынка беспилотных летательных аппаратов, эта проблема будет всё больше набирать актуальность.    Рисунок 30 – Блок-схема системы управления.    Выявленные противоречия: ТП21. При добавлении дополнительной аппаратуры, повышающей функционал автопилота, недопустимо повышается вес аппарата. 10. Дальнейшее развитие. Дальнейшее развитие беспилотных систем, в том числе БПЛА, заключается во внедрении в систему управления искусственного интеллекта. Интеллектуальная система управления позволит ещё больше развить функции автопилота, автоматизировать беспилотные аппараты. При этом действия оператора сводятся только к подготовке аппарату к началу полёта и непосредственно к самому запуску. Но возникает техническое противоречие ТП21. Это противоречие разрешается принципами объединения, универсальности, непрерывности полезного действия, «посредника».   Интеллектуальную систему управления можно реализовать на микропроцессорном компьютере (например, Raspberry Pi) с несколькими датчиками (2 видео камеры и лидар). Такая система при движении по заданному маршруту сможет определить появившееся препятствие, которым может быть человек, другой БПЛА или дерево, стена, которые не заметил оператор при составлении маршрута. Данная система будет распознавать объекты методом компьютерного зрения и определять вектор движения этих объектов. После определения вектора движения, система сравнит его с вектором БПЛА и построит маршрут уклонения с минимальным уходом с маршрута. Такая схема несильно повлияет свои весом на характеристики беспилотного летательного аппарата, но значительно повысит степень его «выживаемости».   Литература и примечания:   [1] Куда полетит беспилотник без пилота – День за днем [электронный ресурс] // LIVEJOURNAL.COM : Живой журнал. – Электрон. данные. URL: http://novser.livejournal.com/9293 99.html (дата обращения 14.11.2016 г.). – Заглавие с экрана. [2] OQ-2 [электронный ресурс] // AVIA.PRO : Новости авиации. – Электрон. данные. URL: http://avia.pro/blog/oq-2 (дата обращения 14.11.2016 г.). – Заглавие с экрана. [3] Фау-1 [электронный ресурс] // ANAGA.RU : Информационный портал «Столичный комитет». 2008 г. – Электрон. данные. URL: http://anaga.ru/v-1.htm (дата обращения 17.12.2016 г.). – Заглавие с экрана. [4] Gyrodyne Helicopter Co. Mfg of QH-50 series of VTOL UAVs. [электронный ресурс] // GYRODYNEHELICOPT ERS.COM : Информационный сайт. – Электрон. данные. URL: http://www.gyrodynehelicopters.com/dash\_weapon\_system.htm (дата обращения 14.11.2016 г.). – Заглавие с экрана. [5] AR.Drone 2.0: обзор возможностей и дополнений [электронный ресурс] // XAKER.RU : Электронный журнал. – Электрон. данные. URL: https://xakep.ru/2012/11/11/ar-drone-2-0/ (дата обращения 24.12.2016 г.). – Заглавие с экрана. 26.10.2018