

# UltraBird: требования

Blokhin Yuri  
ultrablox@gmail.com

23 июня 2015 г.

# Оглавление

1	Требования верхнего уровня	1
1.1	Общие требования	1
1.1.1	Дополнительные требования для поддержки летательных аппаратов	1
1.2	Дополнительные требования в рамках решения конкретных задач	2
1.2.1	Задача прямого наблюдения	2
1.2.2	Задача фото/видео-разведки	2
1.2.3	Задача переноса полезного груза	2
1.2.4	Задача агрессивного маневрирования	2
1.2.5	Задача геодезии	2
1.3	Требования к модульности	3
1.3.1	Общие требования	3
1.3.2	Детальные требования к модулям	3
1.4	Требования к управляющей стационарной станции	7
1.4.1	Аппаратное обеспечение	7
1.4.2	Программное обеспечение	8
1.4.3	Мониторинг состояния БПЛА	8
1.4.4	Режим прямого подчинения	8
1.4.5	Полетные задания	9

## Аннотация

Данный документ описывает требования к составным элементам системы автопилота на всех уровнях.

## Глава 1

# Требования верхнего уровня

### 1.1 Общие требования

1. СА должна ориентироваться в пространстве на основании показаний бортовых датчиков, а также дополнительных сенсоров, установленных на носителе.
2. Должна быть поддержка управления габаритными огнями, устанавливаемыми на носителе.
3. СА должна быть оснащена оборудованием для двусторонней коммуникации со стационарной управляющей станцией.
4. Электронные компоненты должны питаться от электрических аккумуляторов. При этом, аккумуляторы должны быть легко сменными.
5. СА должна уметь подзаряжать свой аккумулятор от мощного аккумулятора носителя.
6. Оборудование должно быть способно работать в широком диапазоне погодных условий (подразумевается по крайней мере наличие влагозащищенности, устойчивости к ветру).

#### 1.1.1 Дополнительные требования для поддержки летательных аппаратов

1. СА должна поддерживать управление приспособлением для стоянки на земле и другой горизонтальной поверхности (посадочные шасси) в случае наличия соответствующей на носителе.
2. СА должна уметь управлять дополнительными манипуляторами, которое, например, сможет производить операцию над переносимым грузом для задачи переноски груза.

## 1.2 Дополнительные требования в рамках решения конкретных задач

### 1.2.1 Задача прямого наблюдения

1. БПЛА должен снабжаться панорамными камерами видимого спектра для захвата видео в дневных условиях, или/и камерами ИК-диапазона для ведения наблюдения в ночных условиях.
2. БПЛА должен быть способен передавать видео с бортовых камер на управляющую станцию.
3. Предполагается, что БПЛА может вести наблюдение, находясь вне пределов прямой видимости оператора в ясную погоду (на расстоянии более 1км от оператора).

### 1.2.2 Задача фото/видео-разведки

1. БПЛА должен удовлетворять всем требованиям, для выполнения задачи прямого наблюдения.

### 1.2.3 Задача переноса полезного груза

1. Для переноса груза БПЛА должен снабжаться управляемым захватом для груза. В качестве альтернативы допускается использование неуправляемого подвеса (при этом груз закрепляется на БПЛА человеком).
2. Для осуществления посадки БПЛА должен быть оснащён датчиками расстояния до поверхности земли.
3. Решить об установке короткодействующих датчиков расстояния.

### 1.2.4 Задача агрессивного маневрирования

1. БПЛА должен снабжаться двигателями с достаточным запасом мощности для выполнения резких манёвров.

### 1.2.5 Задача геодезии

1. БПЛА должен снабжаться управляемым источником света, который может быть либо включен, либо выключен. При этом он должен быть закреплен статически на БПЛА.

## 1.3 Требования к модульности

### 1.3.1 Общие требования

1. Модульность. СА должна делиться на модули так, чтобы можно было заменить один модуль, не изменяя при этом железо / программу на других.
2. Размеры. Размеры мозгов должны быть минимально возможными. При этом они должны быть достаточно большими для того, чтобы не нарушать простоту сборки / замены модулей.
3. Все модули должны иметь одинаковый интерфейс (находиться на общей шине). Необходим унифицированный протокол общения между модулями. Провода питания и заземления конструктивно объединены со шлейфом шины связи.
4. Необходимо наличие выведенного на специальный разъем интерфейса для прошивки имеющихся на модуле контроллеров.
5. Модули должны иметь одинаковый размер в плоскости платы.
6. Модули должны иметь конструктивные элементы для установки.
7. Модули должны принимать информационные запросы. При этом, приняв запрос, модуль должен его обработать, сформировать ответ, и отправить ответ запросившему модулю.
8. При поступлении запроса на модуль, исполнение которого подразумевает отправку простого отчета о выполнении (выполнен / не выполнен), модуль должен обрабатывать поступивший запрос и отправлять соответствующий отчет. Такие запросы будут называться простыми.
9. Конкретные размеры. Так как на данный момент в качестве центрального модуля выбрана плата BeagleBone, то данная плата и должна определять размеры остальных модулей.

### 1.3.2 Детальные требования к модулям

#### Модуль шасси

1. Модуль должен иметь возможность управления различным модельным электро-оборудованием посредством ШИМ сигнала. Вследствие унификации разъемов и типа ШИМ, используемых в модельной техники, расчет должен быть на них.
2. Модуль должен иметь 16 независимых выходных ШИМ-каналов.
3. Модуль должен иметь возможность обработки на вход 8 ШИМ-каналов, например для прямого управления с классической радиоаппаратуры.

4. Модуль должен иметь программный интерфейс, позволяющий:
  - (a) Установить значение ШИМ определенного канала
  - (b) Установить значение ШИМ всех каналов
  - (c) Включить или выключить определенный выходной канал
5. Так как плата является частью большого "бутерброда" разъемы должны выходить вбок. Таким образом, будет возможно подключать требуемые каналы, если модуль будет находиться внутри стопки.

#### Навигационный модуль

1. Принимаемая информация
  - (a) Модуль должен обрабатывать запрос на данные о текущем местоположении (высота, широта, долгота, ориентация, производные по вышеперечисленным параметрам).
  - (b) Модуль должен принимать запрос на диагностику датчиков.
  - (c) Модуль должен принимать простой запрос на сброс летной информации. При этом, модуль содержит информацию о текущем местоположении, но из-за погрешностей датчиков или других внешних факторов иногда может потребоваться привести память аппарата в состояние, когда он не знает где находится - для этого и служит данный запрос.
  - (d) Модуль должен обрабатывать простой запрос на включение / выключение определенных датчиков.
  - (e) Модуль должен обрабатывать запрос на данные о пройденной траектории за указанный интервал времени.
2. Отправляемая информация
  - (a) Модуль должен по запросу предоставлять приведенную информацию с датчиков (высота, широта, долгота, ориентация, производные по вышеперечисленным параметрам) (ответ на запрос 1).
  - (b) Модуль должен предоставлять результат диагностики датчиков, производить диагностику и предоставлять отчет (ответ на запрос 2).
  - (c) Модуль должен предоставлять данные о пройденной траектории за запрошенный интервал (ответ на запрос 5).
3. Требования к датчикам ускорения (акселерометры)
  - (a) Ускорение должно фиксироваться по 3-м перпендикулярным осям.
  - (b) Предельно измеряемые значения должны быть не меньше 1g (свободное падение аппарата должно фиксироваться датчиками).

- (с) Должно фиксироваться ускорение при полёте вертикально вниз на полной мощности двигателей. Оценка максимального суммарного ускорения 2.5g (уточнить в обязательном порядке).
4. Требования к датчикам вращения (гироскопы)
- (а) Вращение должно фиксироваться по всем 3-м перпендикулярным осям.
  - (b) Должно фиксироваться максимальное вращение вокруг вертикальной оси, создаваемое самим аппаратом, за счет момента импульса винтовых двигателей.
  - (с) Должно фиксироваться максимальное вращение вокруг горизонтальных осей, производимое на максимальной тяге двигателей, направленных на вращения аппарата.
5. Требования к датчикам магнитного поля (магнитометрам)
- (а) Магнитное поле должно фиксироваться по всем 3-м осям инерциальной системы БПЛА.
  - (b) Спутниковые датчики местоположения (GPS)
  - (с) При перемещении на расстояние, величина которого сравнима с погрешностью GPS, данные с датчика носят исключительно справочный характер.
  - (d) Допускается временная потеря связи. При этом, навигация должна происходить по инерциальной системе.
  - (e) Для инициализации текущего местоположения после включения, в случае необходимости полета на дальние расстояния, может использоваться как GPS, так и ручное задание местоположения.
  - (f) Допускается наличие выносной внешней антенны для повышения качества приема.
6. Требования к датчикам высоты (альтиметр)
- (а) Особые требования отсутствуют.
7. Требования к контроллеру модуля
- (а) Контроллер должен собирать информацию с датчиков с определенным интервалом времени.
  - (b) Контроллер должен осуществлять коммуникацию навигационного модуля с другими.
  - (с) Контроллер должен обеспечивать сохранение текущей траектории на носитель информации, а так же показания датчиков и время фиксации.



### Силовой модуль

1. Силовой модуль должен обеспечивать питание всего БПЛА.
2. Силовой модуль должен быть посредником между аккумуляторами и любыми другими электронными компонентами БПЛА.
3. Принимаемые запросы
  - (а) Модуль должен принимать запрос на уточнение информации об контролируемых двигателях.
  - (б) Модуль должен принимать запрос на изменение мощности работы двигателей.
  - (с) Модуль должен принимать запрос на включение / отключение питания указанных модулей.
  - (d) Модуль должен принимать запрос на уточнение заряженности аккумуляторов.
4. Отправляемая информация
  - (а) Модуль должен сообщать о положении требуемого двигателя.
  - (б) Модуль должен сообщать о скорости работы требуемого двигателя.
  - (с) Модуль должен сообщать о текущих параметрах заряженности аккумуляторов.
  - (d) Модуль должен сообщать о прогнозируемом времени остатка работы аккумуляторов. В случае, если прогноз не возможен, модуль должен вместо времени работы сообщить о невозможности его вычисления. Для этого допускается использование информации как о текущем напряжении на аккумуляторе, так и статистическая информация о реальном времени работы аккумулятора, и другие данные, которые могут быть загружены в модуль о конкретном аккумуляторе.

### Радиомодуль

1. Принимаемая информация
  - (а) Модуль должен принимать запрос от вычислительного модуля на отправку блока информации. При этом информация может классифицироваться как обычная (при этом, если ее отправка невозможна в течении установленного времени, то она забывается) и обязательная (информация будет отправлена, как только появится возможность ее передать; до тех пор она будет занесена во временный накопитель информации).

- (b) Модуль должен принимать запрос от видео модуля на отправку кадра видео информации, связанной с пространственной координатой и временем.
- (c) Модуль должен принимать запрос на уточнение уровня сигнала (возможности связи с управляющей станцией).

## 2. Отправляемая информация

- (a) Модуль должен отправлять отчет об отправке блока информации запросившему, либо передавать невозможность (ответы на запросы 1, 2).
- (b) Модуль должен отправлять блок информации на вычислительный модуль, в случае его поступления на радио-приемник.
- (c) Модуль должен отправлять информацию об уровне сигнала и возможности связи с базой (ответ на запрос 3).

## 3. Передача информации по радио каналу

- (a) Модуль должен иметь 2 канала радиопередачи, на одном должна достигаться высокая скорость передачи, но низкая дальность, на другом - высокая дальность при низкой скорости передачи. При этом, каналы могут работать одновременно, но не должны мешать друг другу на физическом уровне.
- (b) При поступлении блока информации, модуль должен сам принимать решение о том, по какому каналу информации его передавать.
- (c) Информация должна кодироваться так, чтобы была невозможна расшифровка в случае перехвата, а так же невозможна ложная подмена управляющей станции станцией злоумышленника.

## Вычислительный модуль

### 1. Данный модуль должен исполнять логику полетов.

### 2. Требования к носителю информации

- (a) Носитель информации должен обеспечивать достаточное количество места, которое может понадобиться для траектории рассчитанное на максимальное время полета аппарата.
- (b) Носитель информации не должен сбрасывать информацию при плановом отключении питания.
- (c) Информация не должна теряться при неожиданном отключении питания.
- (d) Память должна быть перезаписываемой.

## Видео модуль

1. Принимаемая информация. Модуль должен принимать запросы на получение видео-информации.
2. Отправляемая информация. Модуль должен отправлять блоки закодированной видео-информации с дополнительной информацией.
3. Обработка видео информации
  - (а) Модуль должен контролировать не менее одной видеокамеры, установленной на борту БПЛА.
  - (б) Модуль должен по запросу уметь снимать видео-поток с видеокамеры, после чего сжимать ее, а затем формировать блок видео-информации с добавлением поясняющей информации (например, с какой камеры какое изображение получено), который отправлять запросившему.

## 1.4 Требования к управляющей стационарной станции

### 1.4.1 Аппаратное обеспечение

1. Управление БПЛА должно производиться с помощью компьютера, к которому подключается специальный модуль связи.
2. Модуль связи должен иметь USB-интерфейс для связи с компьютером.
3. Модуль связи должен иметь необходимые трансиверы для коммуникации с БПЛА.

### 1.4.2 Программное обеспечение

1. Пользователь должен иметь возможность задания полетного задания. Задания должны быть нескольких типов.
2. В любой момент пользователь должен иметь возможность прервать исполнение полетного задания и остановить аппарат. При этом, аппарат должен переходить в режим прямого подчинения.
3. В любой момент пользователь должен иметь возможность отозвать БПЛА. При этом БПЛА должен произвести возврат в точку взлета и приземлиться.
4. Пользователь должен иметь возможность просмотреть весь переданный видеопоток за время полета. При этом, он должен видеть его в виде набора фотоизображений, закрепленных в пространстве виртуальной карты так, как их видел БПЛА во время захвата.

### 1.4.3 Мониторинг состояния БПЛА

При работе управляющего программного обеспечения, должен производиться мониторинг состояния БПЛА. Пользователь должен в любой момент времени ее видеть на экране. К ней относятся:

1. Данные о местоположении (3 измерения скорости, 3 измерения координаты, 3 измерения поворота - однозначное положение в пространстве). При этом, необходимо чтобы пользователь видел траекторию движения БПЛА на виртуальной карте, чтобы он мог пространственно представлять движение аппарата
2. Уровень заряда аккумуляторов
3. Интенсивность работы двигателей
4. Исправность оборудования

### 1.4.4 Режим прямого подчинения

Данный режим служит для решения задачи прямого наблюдения. Пользователь должен управлять БПЛА с компьютера, как с пульта ДУ. При этом пользователь может исполнять следующие команды:

1. Включить моторы и приготовиться к полету
2. Изменить высоту (производить подъем / спуск)
3. Производить движение вперед
4. Установить предельную скорость движения
5. Производить поворот вокруг вертикальной оси Z
6. Лететь в заданную точку
7. Приземлиться

### 1.4.5 Полетные задания

1. Полет в заданную точку. Данное полетное задание служит для перемещения аппарата в нужную точку. Для пользователя назначение данного задания должно происходить как можно проще, например щелчком мыши по виртуальной карте. При этом не важно, каким маршрутом полетит БПЛА, важно чтобы БПЛА прилетел в точку назначения как можно быстрее.
2. Полет по маршруту. Данное полетное задание служит для перемещения аппарата в нужную точку, если есть требования к маршруту. Пользователь должен при этом нарисовать маршрут, после чего приказать исполнять его. Аппарат должен спокойно его придерживаясь,

прилететь в заданную точку назначения. При покидании зоны связи, аппарат должен прервать выполнение задания и вернуться в зону связи.

3. Отработка заданной траектории. Данное полетное задание служит для исполнения задачи маневрирования. Пользователь должен изобразить траекторию к исполнению, приказать начать ее исполнение, после чего аппарат должен ее исполнить. При этом, если пользователь прикажет остановить ее исполнение, БПЛА должен зависнуть в ближайшем устойчивом положении, как только у него появится такая возможность (например, в случае если он исполняет траекторию с переворотами в опасной зоне, то не всегда он сможет тут же зависнуть).
4. Слежение за объектом. Данное полетное задание может быть выдано из режима прямого подчинения и служит для выполнения задачи слежения. Для этого пользователь должен выделить распознанный БПЛА образ, и приказать следовать за ним. Сразу после подтверждения, БПЛА должен приступить к выполнению задания. В случае потери цели, БПЛА должен вернуться в зону связи и доложить о провале.
5. Разведка. Данное полетное задание служит для выполнения задачи разведки. Оно эквивалентно полету по маршруту, но в отличие от него, оно не будет остановлено в случае выхода из зоны связи. Так же, помимо маршрута полета, задается зона, которую необходимо разведать. БПЛА должен скорректировать маршрут исходя из указанной зоны и сфотографировать ее. После возвращения в зону связи, с наивысшим приоритетом будет передана развединформация, и только потом будет передаваться текущий видеопоток.

# Литература

- [1] Leslie Lamport,  $\text{\LaTeX}$ : A Document Preparation System. Addison Wesley, Massachusetts, 2nd Edition, 1994.