

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра аэродинамики, конструкции и прочности
летательных аппаратов

С.Р. Боков, Е.В. Витковский,
И.Ю. Лазин, К.А. Урюпин

УЧЕБНАЯ 1. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ПРАКТИКА БАС ТИП I

Учебно-методическое пособие
по проведению практических занятий

*для студентов I курса
направления 25.03.03
очной формы обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2024

УДК 623.746.-519
ББК 052-04
Б91

Рецензент:

Киселев М.А. – д-р техн. наук, профессор

Боков С.Р.

Б91 Учебная 1. Эксплуатационная практика БАС тип I [Текст] : учебно-методическое пособие по проведению практических занятий / С.Р. Боков, Е.В. Витковский, И.Ю. Лазин, К.А. Урюпин. – М.: ИД Академии Жуковского, 2024. – 52 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Учебная 1. Эксплуатационная практика БАС тип I» по учебному плану для студентов I курса направления подготовки 25.03.03 «Аэронавигация», профиль «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» очной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 14.05.2024 г. и методического совета 23.05.2024 г.

УДК 623.746.-519
ББК 052-04

В авторской редакции

Подписано в печать 03.12.2024 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 3,25 Усл. печ. л. 3,02
Заказ № 1043/0909-УМП05 Тираж 30 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (499) 755-55-43
E-mail: zakaz@itsbook.ru

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ	4
ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС «ОПЕРАТОР БВС МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА»	6
ОТРАБОТКА НАВЫКОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ	7
ТЕМА 1 ОСНОВЫ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ВОЗДУШНЫМИ СУДАМИ	7
ТЕМА 2 КЛАССИФИКАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ	17
ТЕМА 3 КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	21
ТЕМА 4 НАСТРОЙКА КВАДРОКОПТЕРА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА	28
ТЕМА 5 ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	33
ТЕМА 6 АВТОНОМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БВС	33
ТЕМА 7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	38
ТЕМА 8 ЭКСПЛУАТАЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ	41
ТЕМА 9 РЕГИСТРАЦИЯ БВС	41
ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА	43
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	45
Приложение 1	46
Приложение 2	49
Приложение 3	52

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее пособие содержит технику безопасности при прохождении учебной практики, описание тренажерного комплекса «Оператор БАС на БВС мультироторного типа», темы практических занятий по дисциплине «Учебная 1. Эксплуатационная практик БАС тип I» с заданиями, упражнениями и критериями их оценивания в рамках подготовки бакалавров по профилю направления 25.03.03 «Аэронавигация» «Эксплуатация беспилотных авиационных систем».

Учебно-методическое пособие содержит теоретические положения, необходимые для правильного выполнения заданий по практике. Также в данном пособии содержатся требования к выполнению отчетов по учебной практике. Отчет о выполнении практических занятий предоставляется преподавателю, проводящему занятие в подгруппе, на проверку. Затем после проверки отчета, студент должен его защитить в день проведения завершающих семестр практических занятий.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Правила техники безопасности для студентов направления «Эксплуатация беспилотных авиационных систем» при прохождении учебной практики в УАТЦ «Технопарк БАС МГТУ ГА».

Общие положения

Цель правил: обеспечение безопасности студентов при прохождении практики на беспилотных воздушных судах (БВС) мультикоптерного типа.

Ответственные лица: руководители практики и преподаватели кафедры, проводящие занятия.

Требования к студентам: обязательное соблюдение всех правил техники безопасности, присутствие на всех инструктажах и выполнение указаний руководителей практики.

До начала работы:

1. Обучение и инструктаж: пройти вводный инструктаж по технике безопасности и правилам эксплуатации изучаемого БВС.
2. Осмотр БВС:
 - 2.1. Провести внешний осмотр БВС. Убедиться в отсутствие повреждений конструктивных элементов БВС.
 - 2.2. Проведите внешний осмотр аккумулятора. Убедитесь в отсутствие повреждений на элементах аккумулятора: электрического разъёма, электрических проводов, корпуса аккумулятора.
 - 2.3. Защита воздушных винтов цела и не имеет повреждений. Винты крепления защиты на месте и надежно затянуты.
 - 2.4. В зоне вращения воздушных винтов нет электрических проводов и других посторонних элементов.
3. Подготовить зону выполнения полета:
 - 3.1. Убедитесь в отсутствии людей в зоне выполнения полета.
 - 3.2. Убедитесь в отсутствии посторонних элементов вблизи взлетной площадки.
 - 3.3. Разметите БВС на взлетной площадке.
4. Перед началом полета:
 - 4.1. Проверить уровень заряда аккумулятора.
 - 4.2. При входе на лётный полигон (куб с защитной сеткой) наденьте защитные очки.
 - 4.3. Перед началом полета предупредить всех присутствующих о начале полета. Подключение передатчика к приемнику осуществляется только в следующем порядке: с начала включается передатчик (пульт дистанционного управления) БВС далее к БВС подключается аккумулятор.
 - 4.4. Доложите преподавателю о готовности к взлету.

- 4.5. После получения команды от преподавателя начинайте взлет.
5. Требование к коммуникации: студенты должны поддерживать постоянную связь с руководителем практики.
6. Техническое обслуживание:
 - 6.1. После полета осмотрите и при необходимости проведите техническое обслуживание БВС согласно инструкции (руководству по технической эксплуатации). Убедиться в исправности оборудования перед его хранением или транспортировкой.
 - 6.2. Все работы, связанные с обслуживанием, должны проводиться только после согласования с представителем. При выполнении операций по обслуживанию БВС связанных с подключением аккумуляторной батареи необходимо снять воздушные винты.
 - 6.3. Работы, связанные с пайкой, должны проходить строго под наблюдением преподавателя.
7. Аварийные ситуации: в случае непредвиденной ситуации немедленно прекратить полет и сообщить руководителю практики.
8. Медицинское состояние: студенты должны сообщать о любых ухудшениях состояния здоровья, которые могут повлиять на безопасность полетов.
9. Запрещенные действия:
 - 9.1. Не допускается использование БВС в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.
 - 9.2. Запрещено выполнение полетов вне согласованных зон и без предварительного разрешения.
10. Работы после окончания полета:
 - 10.1. Отключение передатчика (пульта дистанционного управления) осуществляется в следующем порядке: сначала отключается от БВС аккумулятор, далее отключается приемник.
 - 10.2. Доложите преподавателю об окончании полета.
 - 10.3. Передайте передатчик (пульта дистанционного управления) следующему обучающему.
11. Отчетность:

Заполнить журнал полетов, указав дату, время, продолжительность и описание полета. Сообщить о любых инцидентах или неисправностях руководителю практики.

Соблюдение правил техники безопасности является обязательным для всех участников практики. Нарушение правил может привести к дисциплинарным мерам и прекращению прохождения практики.

При работе на тренажёре в случае возникновения затруднений ничего не предпринимать и позвать преподавателя. Все настройки тренажёра должны выполняться строго после разрешения и под наблюдением преподавателя, самостоятельно ничего не предпринимать.

ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС «ОПЕРАТОР БВС МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА»

Необходимо внимательно ознакомиться с содержанием данного учебно-методического пособия. Изучить общую информацию, управление и запуск в программе, принципы подключения и управления различных типов пультов дистанционного управления (ДУ), принципы работы в программе и её интерфейс, настройку управления, режимы, а также возможные проблемы и их устранения.

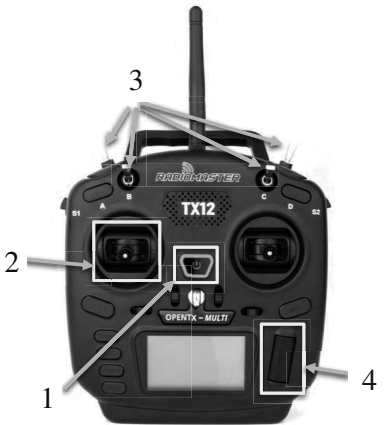
Возвращаться к инструкции и данному методическому пособию в случае возникновения затруднений, в случаях возникновения ситуаций, на которые не удаётся найти ответ, обращаться за помощью к преподавателю.

Нормативы для по выполнению заданий указаны в приложении №1. После сдачи нормативов тренажёрной практики преподавателю, Вы получаете допуск к полётам на БВС мультироторного типа в безопасном воздушном пространстве.

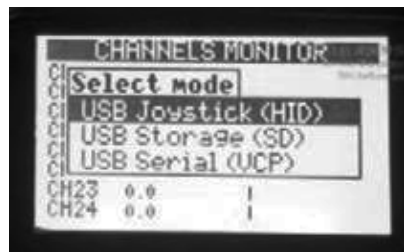
Подключение аппаратуры к тренажеру

Перед началом выполнения упражнений необходимо выполнить подключение пульта дистанционного управления (ДУ) RadioMaster TX12 к тренажеру:

1. Перед включением убедитесь, что пульт ДУ отключен от зарядки (нижний разъем USB-C под крышкой);
2. Включите контроллер путём удержания кнопки питания (Рис. 1, а – 1) до момента смены индикации на экране;
3. Подключите кабель к разъему сверху (слева от антенны), а ответную часть подключена к тренажеру;
4. Переведите все переключатели в изначальное положение (левый стик опустите вниз (Рис. 1, а – 2), а все переключатели установите в верхнее положение (Рис. 1, а – 3)) — контроллер напишет какие переключатели не на месте;
5. Выберите тип подключения, воспользуйтесь «Menu Wheel» (колесиком меню) (Рис. 1, а – 4).
6. Выберите из списка «USB Joystick (HID)» (Рис. 1, б)
7. Подтвердите выбор, нажав на колесико.
8. Контроллер подключится, можете приступить к его эксплуатации.



а) MenuWheel (колесиком меню)



б) Список USB подключений

Рис. 1 Пульт дистанционного управления БВС

Запуск и отключения БВС

Для начала следует проверить включен ли пульт ДУ, а также запущен ли виртуальный пульт ДУ непосредственно в программе тренажера.

Для того чтобы запустить двигатели БВС типа DJI необходимо выполнить следующие действия:

1. Свести или развести стики, как показано на рисунке 6 и удерживать в течение 3 с.
2. Дождитесь полного запуска двигателей БВС и перехода в режим холостого хода, а затем выполните перехват управлением.
3. Для взлета БВС медленно отклоните ручку ГАЗА (левая) вверх пока БВС не взлетит и не наберет высоту.

Для того, чтобы заглушить двигатели БВС типа DJI необходимо выполнить следующие действия:

- 1) приземлиться на ровную поверхность;
- 2) свести стики.

Для того, чтобы запустить БВС необходимо выполнить следующие действия:

- 1) Свести левый стик к правому нижнему положению и удерживать стик.
- 2) Удерживая стик в положении, нажать одну из кнопок, назначенную на действие «Вкл/выкл двигателей».

Для остановки двигателей FPV БВС необходимо выполнить следующие действие: нажать на кнопку «Вкл/выкл двигателей» в любой момент и двигатели БВС отключатся.

ОТРАБОТКА НАВЫКОВ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ

Существенный вклад в безопасность применения БВС вносит глубокое изучение возможностей технологии и связанных с ними потенциальных рисков. Новые достижения технологии малых БВС в области автономного полета и безопасности появляются постоянно; осведомленность об этих разработках может поддержать безопасность полетов. Тем не менее не рекомендуется полностью полагаться на режимы автоматического управления полетом. Режимы удержания и стабилизации по системе спутниковой навигации, но стоит любому оборудованию перестать передавать или принимать команды, как внешний пилот обязан тут же перейти на ручное управление. Чтобы приобрести навыки ручного пилотирования следует налетать на тренажере более 5 часов используя действующую аппаратуру управления следуя определённой последовательности специальных упражнений.

Самая частая проблема, которая возникает во время пилотирования – потеря ориентации в пространстве. Она заключается в том, что БВС не всегда будет ориентирован к внешнему пилоту только в одной плоскости: хвостовой частью к внешнему пилоту, в этом положении управление БВС интуитивно понятно, а, например, управление аппаратом, который ориентирован носовой частью к внешнему пилоту, будет зеркальным. Предложенные далее упражнения следует выполнять только в заданной последовательности, переход от одного упражнения к другому должен происходить только в случае уверенного выполнения предыдущего.

ТЕМА 1 ОСНОВЫ РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ВОЗДУШНЫМИ

СУДАМИ

Задания:

1. Изучение основных теоретических положений:
 - а. Силы, действующие на БВС МТ в полете. Управление БВС МТ.
 - б. Оборудование для ручного управления полетом БВС
2. Тренажерная подготовка:
 - а. изучение тренажерного комплекса «Оператор БАС на БВС мультироторного типа»;

- б. прохождение вводного обучения.
3. Летная подготовка: взлёт, удержание аппарата в одной точке на высоте не выше уровня глаз хвостовой частью к внешнему пилоту в течении 10-15 с и посадка (Рис 2).



Рис. 2 Ориентация хвостовой частью

Силы, действующие на БВС МТ в полете. Управление БВС МТ.

Квадрокоптеры, являются частным случаем мультикоптеров — мультироторных БВС, которые держатся в воздухе, управляются и перемещаются только за счет несущих пропеллеров. В этом мультироторных схожи с вертолетами.

Классический квадрокоптер представляет собой крестообразную раму, на концах лучей которой вертикально закреплены двигатели (рис. 3).

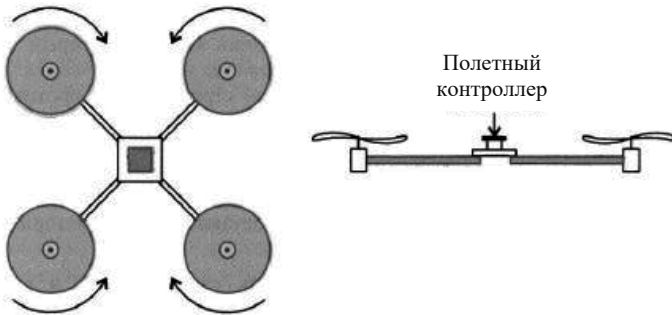


Рис. 3 Квадрокоптер

Воздушные винты, расположенные на диагональных лучах рамы, создают суммарную вертикальную тягу. Синхронно регулируя обороты двигателей, можно заставить квадрокоптер подниматься вверх, зависать или опускаться. Если изменить обороты двигателей неравномерно, то квадрокоптер отклонится от горизонтального положения и полетит в сторону отклонения. Например, при увеличении оборотов двух задних двигателей его задняя часть приподнимется и квадрокоптер полетит вперед. Из-за неравномерного изменения оборотов всех двигателей квадрокоптер способен лететь в произвольном направлении.

Очевидно, что при наклоне рамы за счет появления горизонтальной составляющей вектора тяги V_x уменьшится вертикальная составляющая V_y и квадрокоптер начнет терять высоту. Это явление иногда называют «соскальзыванием», потому что квадрокоптер начинает двигаться вниз по диагональной траектории (рис. 4), словно скользя по склону. Поэтому для

поддержания высоты при наклоне квадрокоптера обороты всех двигателей должны возрасти на некую одинаковую компенсирующую величину.

Динамика полета квадрокоптера зависит от многих факторов, таких как вес аппарата, скорость вращения винтов, направление и сила ветра, температура воздуха и другие. Для управления квадрокоптером используются различные системы автоматического управления и стабилизации, которые позволяют стабилизировать полет и выполнять различные маневры.

Одним из основных принципов динамики полета квадрокоптера является сохранение равновесия. Если один из винтов начинает вращаться быстрее или медленнее, система управления автоматически компенсирует это, изменяя скорость вращения других винтов. Таким образом, квадрокоптер может сохранять стабильность и устойчивость в полете.

Кроме того, квадрокоптеры могут выполнять различные маневры, такие как повороты, наклоны, изменение высоты и скорости полета. Для выполнения этих маневров система управления изменяет скорость вращения винтов и угол наклона аппарата.

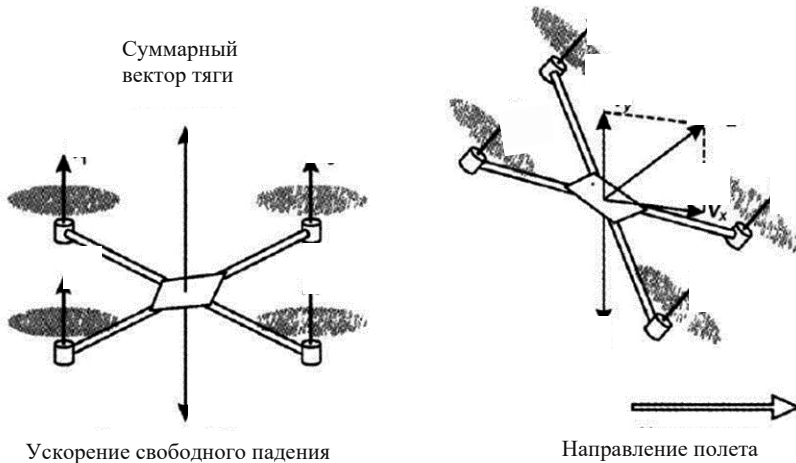


Рис. 4 Силы, действующие на квадрокоптер во время полета

Вращающиеся винты создают реактивный крутящий момент, который старается развернуть квадрокоптер в сторону, противоположную вращению винта. Поэтому в квадрокоптере два винта вращаются по часовой стрелке и два против часовой стрелки, взаимно уравновешивая реактивные моменты. Если увеличить обороты двигателей, вращающихся по часовой стрелке, и в равной мере уменьшить обороты у вращающихся против часовой стрелки, то суммарная вертикальная тяга не изменится, однако реактивный момент раскомпенсируется, и рама начнет поворачиваться против часовой стрелки. Аналогично можно заставить квадрокоптер поворачиваться по часовой стрелке.

Угловые отклонения по осям следовало бы называть «тангаж», «крен» и «рыскание» (рис.5), но на практике прижились англоязычные термины, которые читателю следует запомнить:

Тангаж, крен и рыскание – это термины, описывающие углы поворота квадрокоптера в трех плоскостях.

Тангаж (Pitch) – угол наклона квадрокоптера относительно горизонтальной плоскости. (наклон вперед–назад)

Положительный тангаж означает, что квадрокоптер наклонен носом вверх, а отрицательный – носом вниз.

Поднятие правого stick на пульте вверх – и квадрокоптер летит вперед, опускание вниз – он летит назад.

Крен (Roll) – угол наклона квадрокоптера относительно вертикальной плоскости. Положительный крен означает, что квадрокоптер наклонен влево, а отрицательный – вправо. (наклон вправо–влево).

Управляется отклонением правого stick на пульте влево и вправо соответственно.

Рыскание (Yaw) – угол поворота квадрокоптера вокруг своей оси. Положительный рыскание означает, что квадрокоптер поворачивается влево, а отрицательный – вправо. (вращение в горизонтальной плоскости)

Отклонением левого stick влево оператор добивается поворота налево, отклонением левого stick вправо – поворота направо.

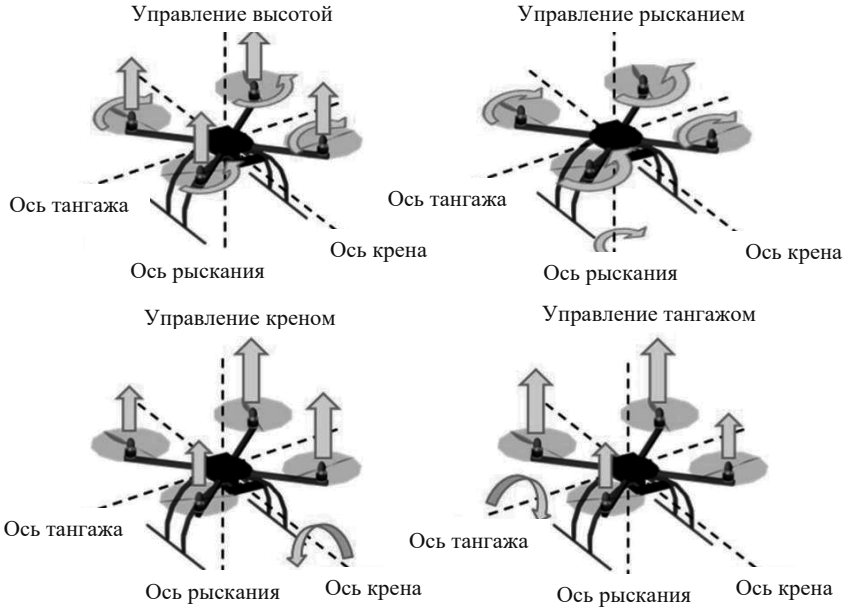


Рис. 5 Управление квадрокоптером

Повороты вокруг оси рыскания. Все воздушные винты крутятся, и вращение каждого винта создает реактивный крутящий момент, который старается повернуть БВС в сторону, противоположную вращению винта. В квадрокоптерах этот крутящий момент каждого из воздушных винтов уравнивается другим. В квадрокоптере два воздушных винта вращаются по часовой стрелке и два против, но, если увеличить обороты пары, вращающейся по часовой стрелке, и в равной мере уменьшить обороты у другой пары, нескомпенсированный реактивный момент вызовет вращение машины вокруг своей вертикальной оси.

Общий газ (Throttle) — это общий газ, с помощью движения левого stick вверх происходит увеличение оборотов воздушного винта, движение вниз уменьшает их. Соответственно изменению тяги происходит управление по высоте — при увеличении оборотов БВС идет вверх, при уменьшении — вниз.

Оборотами двигателей в режиме реального времени управляет специальная вычислительная система на основе достаточно быстродействующего микроконтроллера, так называемый полетный контроллер. Он постоянно опрашивает встроенные гироскопы,

акселерометры, барометр, сигналы от приемника радиуправления и на основе полученных данных рассчитывает управляющие сигналы для каждого двигателя в отдельности.

В управлении есть несколько основных понятий для совершения полета:

Arm (англ. — «вооружить») — режим активации двигателей БВС. После активации двигателей их рабочее состояние соответствует минимальным значениям. Этот режим является опасным, так как БВС реагирует на движение stick и полностью готов к взлету. Активировать режим необходимо непосредственно перед взлетом, когда будет совершена предполетная проверка всех систем и соблюдена техника безопасности перед полетом. На БВС «Пионер» команда «Arm» выполняется наклоном stick «Yaw» вправо вниз, в течении 3 с (рис. 6).

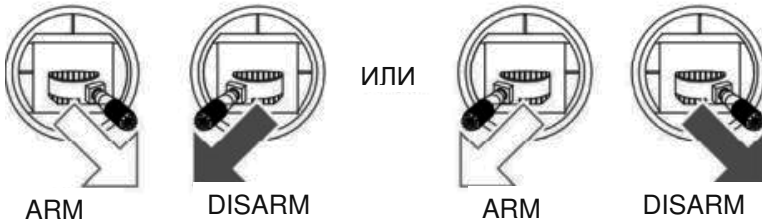


Рис. 6 Блокировка и разблокировка двигателей

Disarm (англ. — «разоружить») — режим деактивации (отключение) двигателей БВС. После деактивации двигателей их рабочее состояние соответствует нулевым значениям, регуляторы оборотов находятся в режиме ожидания и питание на двигатели не подается. БВС не реагирует на движение stick управления. На БВС «Пионер» команда «Disarm» выполняется наклоном stick «Yaw» влево вниз, в течении 3 с.

Процедура включения — последовательность действий после установки БВС «Пионер» на взлетную площадку перед взлетом.

Оборудование для ручного управления полетом БВС

БВС мультироторного типа, аэродинамически неустойчивы и требуют постоянной стабилизации в полете. Так как человек не способен одновременно контролировать скорость вращения трех и более двигателей достаточно точно, чтобы сохранять баланс беспилотного летательного аппарата в воздухе. Появление достаточно быстродействующих микроконтроллеров и интегральных датчиков ускорения и угловой скорости на основе микроэлектромеханических систем (МЭМС), позволили решить эту задачу, и стимулировать развитие высокопроизводительных полетных контроллеров (автопилотов), алгоритмы которых в свою очередь раскрывают новые возможности управления полетом.

Полетный контроллер – электронное устройство, представляющее из себя вычислительную систему, работающую по сложным алгоритмам, и управляющая полетом беспилотного летательного аппарата. Функции полетного контроллера могут определяться установленной на борту мультикоптера дополнительной периферией (GPS, модем, OSD, подвес для фото/видеокамеры, датчики тока и напряжения, поисковые средства и тд.).

Основные задачи выполняемые полетным контроллеров:

Стабилизация аппарата в воздухе.

Сбор и обработка информации с инерциального измерительного блок (IMU), датчиков ускорений и угловой скорости, обеспечивая аэродинамическую устойчивость аппарата в горизонтальной плоскости. Некоторые IMU включают в себя магнитометры позволяя

стабилизировать ориентацию аппарата относительно магнитного меридиана и удержания направления движения.

Автоматическое удержание высоты.

Сбор и обработка информации с барометрических, ультразвуковых, инфракрасных сенсоров или радиотехнических высотомеров, датчики рассчитывают высоту и обеспечивают стабилизацию аппарата в вертикальной плоскости. Возможность привязки позиции БВС на заданной высоте и в заданной точке при помощи модулей GPS/ГЛОНАСС.

Автономный полет.

Выполнение заранее построенного маршрута полетного задания созданным в специальном программном обеспечении с постоянным или переменным соблюдением телеметрических данных заданными оператором, и осуществлять автоматический возврат в точку старта при помощи модуля GPS/ГЛОНАСС.

Система искусственного (технического) зрения

Остановка перед препятствиями и их преодоление, посредством набора сенсоров, определяющих расстояние до объекта. В случае оснащения системой технического зрения, полетный контроллер должен обладать высокой вычислительной способностью, который в реальном времени будет накапливать и обрабатывать данные с сенсоров, постоянно сканирующих окружающую среду. Состав системы может отличаться типом и количеством датчиков, соответственно у разных БВС различается, как принцип, так и математические алгоритмы работы и взаимодействия между этими датчиками.

Система технического зрения может включать набор следующих сенсоров: стереоскопические (датчик изображения), инфракрасные или ультразвуковые дальномеры, двумерные лидары, 3D-лидары (Flash-LiDAR Time-of-Flight). Последние с алгоритмами одновременной навигации и построения карты (SLAM) позволяют строить 3D-модель окружающего пространства и планировать в нем безопасный маршрут, предотвращая столкновения с препятствиями.

Передача на землю текущих параметров полета

Сбор и обработка данных с внешних источников данных (GPS/ГЛОНАСС, датчики тока, напряжения, температуры) и штатных (барометр, акселерометр, магнитометр) с последующей передачей потока данных на модуль OSD, которые на земле отображаются на FPV-очках или дисплее. Данные телеметрии так же могут передаваться непосредственно с полетного контроллера при помощи радиомодема, который обеспечивает двухстороннюю связь по протоколу UART (универсальный асинхронный приемопередатчик) через радиоканал.

Инерциальный измерительный блок (IMU)

Полетный контроллер оснащен набором миниатюрных измерительных устройств (датчиков), которые лежат в основе инерциального измерительного блока.

Инерциальный измерительный блок или система инерциальной навигации (от англ. IMU – Inertial Measurement Unit) – это система, которая определяет свое положение в пространстве используя свойства инерции тел, то есть определяет на какой угол и по какой оси она была повернута и была смещена относительно начальной точки.

Измерительный блок включает в себя датчики:

- линейного ускорения (акселерометр);
- угловой скорости (гироскоп).

Основной задачей датчиков на полетном контроллере является непрерывное получение навигационных данных для математических расчетов микроконтроллером (микропроцессором), который устанавливает положение БВС относительно горизонта и обнаруживает изменения углов ориентации, относительно его предыдущего положения в пространстве, затем направляет данные в электронные регуляторы оборотов двигателей (ESC). Вычисленные данные микроконтроллером позволяют обеспечивать полет мультикоптером, управляя газом, углами крена, тангажа и рысканья (throttle, pitch, roll, yaw).

Современные датчики положения и ускорений, используемые при управления беспилотными летательными аппаратами основаны на технологии.

МЭМС (MEMS) представляет собой технологию, которая позволяет миниатюризировать механические структуры и полностью интегрировать их с электрическими схемами, что приводит к одному физическому устройству, где механические и электрические компоненты работают для реализации желаемой функциональности.

Таким образом, МЭМС-устройство представляет собой микро (т.е. очень маленький) чип, в котором одновременно находятся электрическая система, отвечающая за обработку сигналов и движущаяся механическая система. Физические размеры МЭМС-устройств могут варьироваться от одного микрона до нескольких миллиметров, а также от относительно простых структур практически без движущихся элементов до очень сложных электромеханических систем.

Принцип работы интегрального гироскопа

Гироскоп – это устройство, которое измеряет и отслеживает изменения в ориентации объекта или системы. Он делает это путем измерения угловой скорости объекта вокруг одной или нескольких осей. Схема показана на рис. 7.

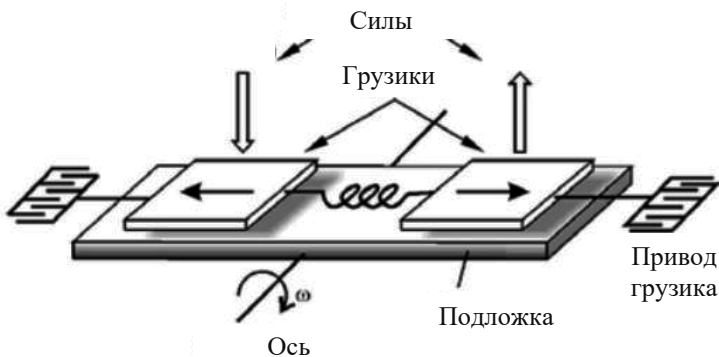


Рис. 7 Устройство интегрального гироскопа

Чувствительным элементом интегрального гироскопа являются две подвижные массы (грузики), которые находятся в непрерывном движении на упругом подвесе в противоположных направлениях. Источником колебаний подвижной массы является гребенчатые электростатические двигатели. Подвижная масса, вместе с электродами, расположенная на подложке, образуют конденсаторы, входящие в состав дифференциальной схемы, вырабатывающей сигнал, пропорциональный разности емкостей конденсатора. Линейное ускорение одинаково воздействует на обе подвижные массы и подложку, поэтому сигнал на выходе дифференциальной схемы не появляется. Как только произойдет изменение угловой скорости относительно оси вращения, то на подвижные массы начинает действовать сила Кориолиса, отклоняя подвижные массы в противоположных направлениях. Соответственно, емкость одного конденсатора увеличивается, а другого уменьшается, что порождает разностный сигнал, пропорциональный величине углового ускорения. Таким образом, осуществляется преобразование угловой скорости гироскопа в электрический параметр, величина которого детектируется специальным датчиком.

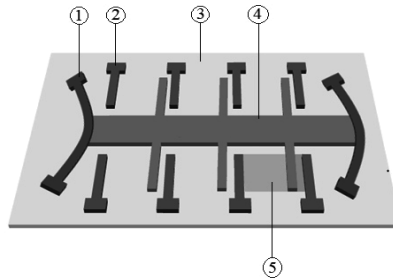
Для того, чтобы мультикоптер определял положение в пространстве относительно трех ортогональных направлений x , y и z , внутри одного корпуса микросхемы располагаются три датчика перпендикулярно осям. Отсюда происходит название – трех осевой гироскоп.

Принцип работы интегрального акселерометра

Акселерометр (от лат. «accelero» – ускоряю и греч. «metreo» – измеряю) – это устройство, которое измеряет кажущееся ускорение (разность между истинным ускорением объекта и гравитационным ускорением).

Прибор для измерения ускорения, который работает как датчик изменения положения устройства в пространстве. Он определяет направление, степень, скорость отклонения устройства.

В состав интегрального акселерометра входят высокоточный чувствительный элемент (движущийся) для определения ускорений и электронная часть, осуществляющая обработку сигнала (рис. 8).



1 – Поликремневые пружины; 2 – Фиксированные пластины (контакты); 3 – Кремниевая подложка (корпус); 4 – Подвижная масса с проводниками; 5 – Изменение емкости.

Рис. 8 Устройство интегрального акселерометра

На статическом корпусе (не подвижном) параллельно размещены тонкие фиксированные пластины (контакты), снимающие показания, а источником данных является подвижная масса, закрепленная на упругих поликремневых пружинах и выполненная в виде тонкой рамки с отведенными в стороны проводниками и допускающая перемещение в определенных пределах, когда к определенной оси применяется ускорение.

Отведенные в сторону проводники подвижной массы располагаются между фиксированными пластинами (контактами), через которые снимаются показания перемещения проводников. Объектом измерения выступает изменяющаяся емкость между фиксированными пластинами и проводниками подвижной массы, где изменение емкости пропорционально ускорению оси относительно которой происходит движение.

Датчик обрабатывает это изменение емкости и преобразует его в аналоговое выходное напряжение, где специальный чип, интегрированный в корпус МЭМС–устройства, его измеряет. С учетом этих данных и заранее известных массы и параметров подвижного элемента, чип выдает итоговое значение ускорения по одному из трех ортогональных направлений x , y , и z . Это значение используется микроконтроллером для автоматического выравнивания полета мультикоптера.

Интегральные акселерометры, как и гироскопы в мультикоптерах являются трехосевыми, с тремя датчика расположены внутри одного корпуса микросхемы перпендикулярно осям x , y и z .

В современных МЭМС микросхемах трехосевые акселерометры и трехосевые гироскопы часто объединяют в одном корпусе, в этом же корпусе располагается электронная часть для предварительной обработки сигналов, с внешним протоколом обмена I²C или SPI. В таблице 1 приведены наиболее популярные IMU, объединяющие акселерометр и гироскоп, используемые в полетных контроллерах.

Использование внешних протоколов обмена I²C и SPI в БАС

В беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) протоколы I²C и SPI используются для связи между различными электронными компонентами, такими как датчики, контроллеры двигателя, полетные контроллеры и модули телеметрии.

Например, в квадрокоптерах используются различные датчики, такие как акселерометры, гироскопы и магнитометры, которые подключаются к полетному контроллеру через протокол I²C. Это позволяет снизить количество проводов и упростить подключение датчиков к системе.

Кроме того, протокол SPI может использоваться для подключения более сложных устройств, таких как камеры, которые требуют более высокой скорости передачи данных. В некоторых случаях полетный контроллер может иметь встроенный модуль камеры, который подключается через SPI для получения изображений с высоким разрешением.

В целом, выбор между протоколами I²C и SPI в беспилотных летательных аппаратах зависит от типа устройства, которое необходимо подключить, и требований к скорости передачи данных.

Внешние протоколы обмена данными, такие как I²C (Inter-Integrated Circuit) и SPI (Serial Peripheral Interface), используются для связи между электронными устройствами и микроконтроллерами.

I²C – это двухпроводной протокол, который позволяет обмениваться данными между устройствами, находящимися на одной шине. Он обеспечивает простой и недорогой способ подключения периферийных устройств, таких как датчики, дисплеи и EEPROM.

SPI также является последовательным протоколом, но он обычно используется для подключения более быстрых и сложных устройств, таких как память, АЦП и ЦАП. В отличие от I²C, SPI имеет больше проводов и может поддерживать несколько устройств одновременно.

Оба протокола широко используются в микроконтроллерных системах и могут быть настроены для разных скоростей передачи данных и топологий шины. Выбор между I²C и SPI зависит от требований приложения, таких как количество подключаемых устройств, скорость передачи данных и сложность системы.

У IMU есть две основные характеристики, это частота работы или частота сэмпирования и чувствительность к шумам (механическим вибрациям и электрическим помехам). Чтобы частично решить проблему с возникающими механическими вибрациями, на полетный контроллер устанавливаются демпферы или пористый материал, который сможет гасить вибрацию.

I²C и SPI – это протоколы связи (BUS) между микроконтроллером и IMU. В зависимости от того, какой протокол будет выбран, будут зависеть ограничения в скорости работы IMU. При использовании SPI, появляется возможность работать с большими частотами 32KHz, в то время как с протоколом I²C лимит ограничен в 4KHz. Поэтому большинство современных полетных контроллеров используют протокол SPI.

Таблица 1

Модели IMU и способы подключения

IMU	Способ подключения, шины	Макс. Частота сэмпирования
MPU6000	SPI, I ² C	8К
MPU6050	I ² C	4К
MPU6500	SPI, I ² C	32К
MPU9150*	I ² C	4К
MPU9250*	SPI, I ² C	32К
ICM20602	SPI, I ² C	32К
ICM20608	SPI, I ² C	32К
ICM20689	SPI, I ² C	32К

Тренажерный комплекс: «Вводное упражнение»

В режиме обучения вы должны изучить основные принципы управления БВС. Последовательно выполняйте указания, появляющиеся в верхней части экрана.

В начальном обучении необходимо изучить основы пилотирования любых БВС, взлеты и подъемы, повороты и вращения. Стрелка показывает направление куда необходимо двигаться (рис. 9).

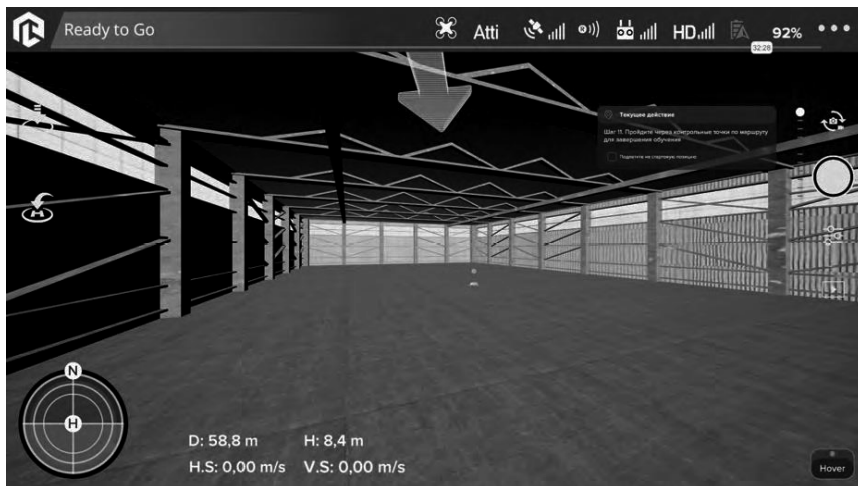


Рис. 9 Задание направления

Необходимо пролететь через все кольца, размещенные на маршруте. Необходимое кольцо подсвечивается голубым цветом (Рис. 10).

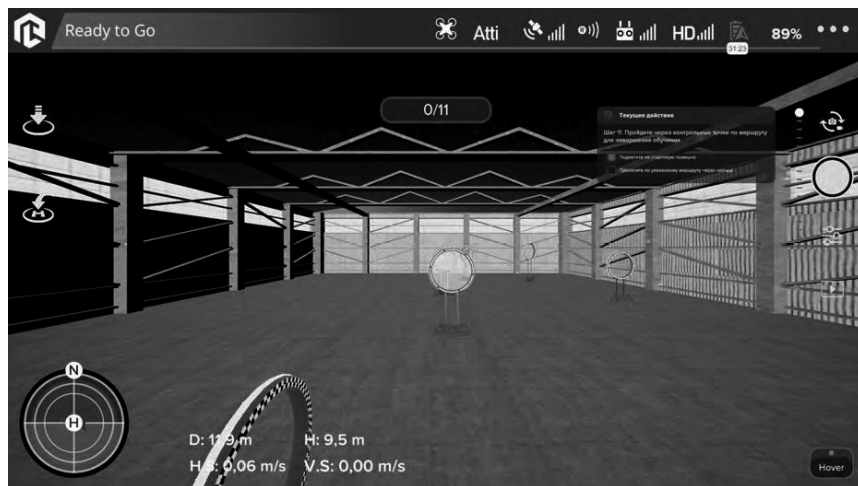


Рис. 10 Полет по маршруту

ТЕМА 2 КЛАССИФИКАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Задания:

1. Тренажерная подготовка: манёвр «полёт по кругу»
2. Летная подготовка: взлёт, удержание аппарата в одной точке на высоте не выше уровня глаз левым или правым бортом (Рис 11) к внешнему пилоту в течении 10-15 с и посадка.

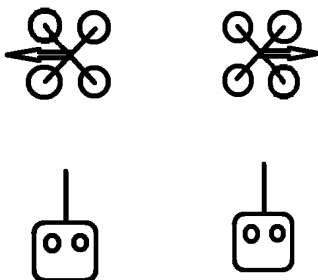


Рис. 11 Ориентация левым и правым бортом

3. Изучение основных теоретических положений.

Беспилотное воздушное судно (БВС) — это летательный аппарат, который управляется либо автоматически, либо дистанционно, без присутствия человека на борту.

Он может быть выполнен в виде самолета, вертолета, мультикоптера и других конструкций. БВС используются для различных целей, включая разведку, наблюдение, транспортировку грузов и другие.

Беспилотная авиационная система (БАС) — это комплекс, состоящий из БВС, наземного пункта управления, а также необходимого оборудования для выполнения задач. БАС могут включать в себя несколько БВС, которые работают вместе для достижения общей цели.

Основное отличие между БВС и БАС заключается в том, что:

БВС — это непосредственно сам летательный аппарат.

БАС — это система, включающая в себя БВС и необходимое оборудование для его работы.

Классификация БАС

В настоящее время Международной ассоциацией по беспилотным системам AUVSI (Association for Unmanned Vehicle Systems International) разработана методика классификации БАС, которая помимо конструктивных особенностей учитывает множество лётных характеристик, таких как взлетная масса, дальность, высота и продолжительность полета, размеры аппарата и т.д., но для упрощения задачи при классификации БВС можно выделить лишь два ключевых параметра БВС:

Виды беспилотных воздушных судов согласно ГОСТ Р 57258—2016:

Воздушное судно (aircraft): Летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет его взаимодействия с воздухом, за исключением случаев взаимодействия с воздухом, отраженным от поверхности земли или воды.

Категория воздушного судна: Классификационная группа ВС, выделяемая на основе особенностей их конструкции, характеристик и условий эксплуатации.

Дирижабль (airship): Воздушное судно легче воздуха, управление траекторией полета которого обеспечивается с помощью силовой установки и специальных устройств.

Мультикоптер (multicopter): Летательный аппарат с произвольным числом несущих винтов.

Примечание — В качестве синонима термина «мультикоптер» применяется также «многооторный вертолет».

Квадрокоптер (quadrocopter / quadrotror): Беспилотное воздушное судно с четырьмя несущими винтами, вращающимися попарно в противоположных друг другу направлениях.

Легкое дистанционно пилотируемое воздушное судно (light remotely piloted aircraft): дистанционно пилотируемое воздушное судно с взлетной массой менее 150 кг.

Малое беспилотное воздушное судно (small unmanned aircraft): Беспилотное дистанционно пилотируемое воздушное судно с взлетной массой менее 30 кг.

Таблица 2

Классификация БВС

Категория	Взлётная масса, кг	Дальность действия, км
Микро и мини БВС ближнего действия	0 — 5	5 — 10
Легкие БВС малого радиуса действия	5 — 50	10 — 70
Легкие БВС среднего радиуса действия	50 — 100	70 — 150
Средние БВС	100 — 300	150 — 1000
Средне – тяжелые БВС	300 — 500	70 — 300
Тяжелые БВС среднего радиуса действия	500 — 1500	300 — 500
Тяжелые БВС большого радиуса действия	более 1500	500 — 1500

БВС можно также квалифицировать по способу управления.

БВС могут управляться различными способами:

1. Ручное управление: оператор управляет БВС с помощью пульта дистанционного управления или мобильного устройства.

Ручное управление БВС осуществляется с помощью пульта дистанционного управления (ПДУ). ПДУ представляет собой устройство, которое позволяет управлять полетом БАС и выполнять различные маневры.

2. Автоматическое управление: БВС выполняет заранее запрограммированный полет по заданным точкам или в соответствии с данными от системы навигации.

Автоматическое управление БВС осуществляется с помощью специальных программ и алгоритмов, которые позволяют БВС выполнять различные задачи без участия оператора. Это может включать в себя автоматическое следование за объектом, облет препятствий, возвращение на базу и т. д.

3. Управление с помощью искусственного интеллекта БАС использует алгоритмы машинного обучения для принятия решений о своем полете на основе данных, полученных от различных сенсоров.

Управление БВС с помощью искусственного интеллекта позволяет БАС самостоятельно принимать решения на основе анализа данных, полученных от сенсоров и систем навигации.

Например, БВС может автоматически выбирать маршрут полета на основе информации о препятствиях и погодных условиях.

4. Роевое управление позволяет управлять несколькими БАС, координируя свои действия для выполнения общей задачи.

Роевое управление — это метод управления группой роботов (в данном случае беспилотными летательными аппаратами), при котором каждый робот действует независимо, но при этом учитывает информацию о действиях других роботов.

Для реализации роевого управления используются различные алгоритмы, например, алгоритм муравьиной колонии или алгоритм пчелиного роя.

5. Комбинированное управление: использование различных методов управления в зависимости от условий полета и требований к выполнению задачи.

Если обратиться к классификации БАС согласно их конструкционным особенностям, то можно выделить их следующие типы:

1. Самолетные БАС с неподвижным крылом.

БАС с неподвижным крылом — это беспилотные аппараты, у которых крыло не меняет свою форму во время полета. К таким аппаратам относятся самолеты.

Самолеты — это БАС с неподвижным крылом, которые используют для полета тягу двигателей. Они могут быть как пилотируемыми, так и беспилотными. Беспилотные самолеты обычно используются для разведки, наблюдения и доставки грузов на большие расстояния.

2. Беспилотные вертолеты (однодвигательные соосные БАС);

Беспилотные вертолеты — беспилотный винтокрылый летательный аппарат вертикального взлёта и посадки, у которого подъёмная и движущая силы на всех этапах полёта создаются одним или несколькими несущими винтами с приводом от одного или нескольких двигателей.

3. Мультироторные (БАС с несколькими оппозиционно расположенными двигателями).

Отличительными конструктивными особенностями мультироторных БВС является количество и расположение двигателей. На рисунках 12-13 изображены основные варианты конструкции БВС мультироторного типа.

Основным показателем размера мультироторных БВС является расстояние между осями двигателей по диагонали.

По расположению двигателей относительно направления полета выделяют два основных типа рам: «+» и «X». Подвидом рамы типа «X» является рама типа «Н».

Наиболее популярны рамы типа «X». Очевидное преимущество такой рамы — удобное расположение видеокамеры, когда лучи рамы не попадают в кадр. У рамы типа «X» более высокая устойчивость к мелким авариям. Наиболее частой аварией, особенно в период обучения, является касание земли. В случае «+» образной рамы весь удар чаще приходится на один луч, который сильно страдает, тогда как при распределении удара на два луча ущерб обычно ограничивается сломанными воздушными винтами. Кроме того, большинству внешних пилотов психологически комфортнее управлять именно типом «X». В свою очередь, мультикоптер с рамой типа «+» несколько быстрее и острее реагирует на команды «вправо–влево» и «вперед–назад», поэтому больше подходит любителям динамичного пилотирования.

Рама типа «Н» удобна при построении миниатюрных мультикоптеров, а также полноразмерных конструкций из карбоновых трубок и часто используется при построении специализированных мультикоптеров для видеосъемки и полетов по GPS, т. к. предоставляет больше места для монтажа оборудования.

Необходимо подчеркнуть, что для полетных контроллеров, с точки зрения системы стабилизации полета, конструкция рамы вообще не имеет значения. Достаточно лишь указать в настройках тип рамы и угол, под которым смонтирована плата контроллера относительно направления полета.

Рама, которую мы условно обозначили «Quad Xv», имеет несимметричные лучи. Такая рама часто используется при фото– и видеосъемке с воздуха. Дело в том, что для любого мультикоптера должно соблюдаться условие симметрии по весу. Центр тяжести конструкции должен находиться в точке пересечения диагоналей квадрата, образованного осями двигателей. Если вы крепите в передней части рамы тяжелую фото– или видеокамеру, то удлиненные задние лучи играют роль противовеса. Однако и в этом случае двигатели, как правило, расположены по диагоналим воображаемого квадрата.

Рама может быть, как со складными, так и с фиксированными лучами. На летные качества это не влияет, при выборе конструкции нужно исходить из соображений простоты изготовления, стоимости, удобства транспортировки, при условии соблюдения достаточной

прочности. Рамы миниатюрных «наладонных» мультикоптеров иногда представляют собой единое целое с печатной платой полетного контроллера и целиком изготавливаются из текстолита.

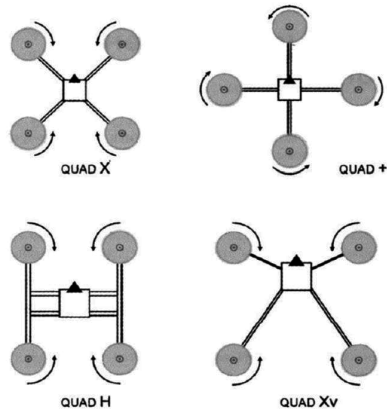


Рис. 12 Виды схем мультикоптеров

Трикоптер (рис. 13) — это единственный мультикоптер, не оснащенный четным количеством пропеллеров (их только три). Компенсация вращательного момента и управление по курсу осуществляются отклонением заднего двигателя на некоторый угол относительно вертикали.

Гексакоптер — еще один популярный вариант, т. к. позволяет нести дополнительную нагрузку, оставаясь достаточно динамичным. Оснащен шестью воздушными винтами (рис. 13). В обиходе иногда называется "плоская шестерка".

Октокоптер часто применяется в случаях, когда нужно нести увеличенную нагрузку, имея при этом возможность для резервирования. Поскольку он оснащен восемью воздушными винтами (рис. 13), у него есть шанс остаться в воздухе при выходе из строя одного из двигателей или пропеллеров. Оставшиеся семь двигателей должны удерживать аппарат в воздухе. В обиходе иногда называется «плоская восьмерка».

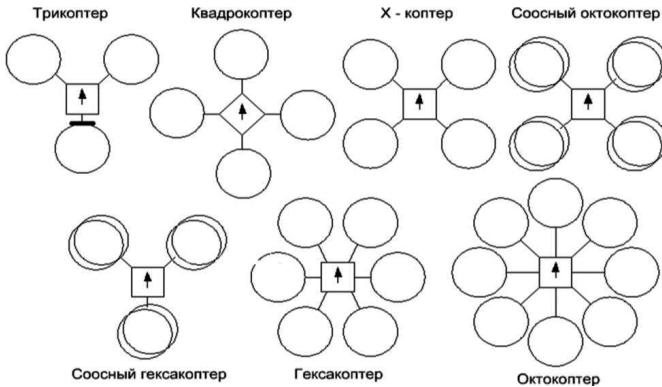


Рис. 13 Виды схем мультироторных аппаратов

ТЕМА 3 КОНСТРУКЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Задания:

1. Тренажерная подготовка: манёвр «спиральная змейка»
2. Летная подготовка: взлёт, удержание в точке носовой частью (рис. 14) к внешнему пилоту в течении 10-15 с и посадка.



Рис. 14 Ориентация носовой частью

3. Изучение основных теоретических положений: конструкция мультироторных БВС.
4. Сборка мультикоптера типа Geoscan «Пионер».

Конструкция мультироторных БВС

Рама — это основа конструкции БЛА, на которой устанавливаются все его компоненты, такие как двигатель, винты, корпус, электроника и датчики.

Рама обеспечивает жесткость и стабильность конструкции, а также помогает распределить вес по всему аппарату, чтобы улучшить его летные характеристики. Рама также может иметь дополнительные функции, такие как возможность установки дополнительных компонентов.

Воздушный винт предназначен для преобразования мощности двигателя в тягу, необходимую для создания подъёмной силы и движения аппарата в воздухе. Он состоит из нескольких лопастей, которые вращаются вокруг центральной оси, создавая поток воздуха, поднимающий БВС. Воздушный винт является одним из ключевых компонентов.

Обозначение воздушных винтов:

$$L \times P \times V,$$

где L – длина, P – шаг, V – количество лопастей (для двух лопастей может не указываться)

Например, 5045x3 – длина 5 дюймов, шаг 4.5 дюйма, 3 лопасти.

Например, 545x3 – длина 5 дюймов, шаг 4.5 дюйма, 3 лопасти.

А также в конце присутствует буква R или C. Буквы определяют направление вращения воздушного винта: R – по часовой стрелке; C – против часовой стрелки.

Аккумулятор — это устройство для хранения электрической энергии на БВС.

Аккумуляторы могут быть разных типов в зависимости от требований к аппарату и условий эксплуатации. Некоторые из наиболее распространенных типов аккумуляторов включают:

Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы – наиболее распространенный тип аккумуляторов для БВС. Они обладают высокой энергоемкостью, малым весом и продолжительным сроком службы. Однако они могут перегреваться при неправильной эксплуатации и теряют емкость при низких температурах.

Никель-кадмиевые (NiCd) аккумуляторы — имеют высокую энергоемкость и продолжительный срок службы, но они тяжелые и имеют высокое внутреннее сопротивление. Они также обладают эффектом памяти, что требует специального режима зарядки.

Никель–металлогидридные (NiMH) аккумуляторы — обладают высокой энергоемкостью и меньшим эффектом памяти, чем NiCd аккумуляторы. Однако они имеют более высокое внутреннее сопротивление и меньший срок службы.

Свинцово–кислотные аккумуляторы — обладают большой энергоемкостью и продолжительным сроком службы, но они тяжелые и подвержены коррозии. Они также имеют длительное время зарядки и могут терять емкость при глубоких разрядах.

Обозначение, маркировка аккумуляторов

Емкость батареи (Capacity) выражается в миллиампер–часах (mAh) либо в ампер–часах (Ah).

Например, "3300" или "3.3", и сокращенно обозначается буквой С.

Предельный разрядный ток в амперах принято обозначать величиной, кратной емкости С.

Например, маркировка 20С при емкости 3300 mAh означает, что разрядный ток не должен превышать

$$20 \cdot 3,3 = 66 \text{ A.}$$

Предельный зарядный ток в амперах обычно ограничивается значением 1С. Например, батарею емкостью 3300 mAh можно заряжать током не более 3,3 А.

Запрещается ставить на зарядку аккумулятор, который только что эксплуатировался, нужно дать ему остыть, минимум 15 мин, и только потом подключать к зарядному устройству.

Схема соединения ячеек обозначается буквой S (serial) при последовательном соединении и буквой P (parallel) при параллельном соединении (рис.15). Например, маркировка 3S обозначает три последовательно соединенные ячейки, что дает рабочее напряжение.

$$3,7 \cdot 3 = 11,1 \text{ В.}$$

При этом полностью заряженная ячейка выдаёт напряжение 4,2 В (исключение "high voltage" аккумуляторы, которые в заряженном состоянии выдают 4,3 В), а полностью разряженная 3,3 В.

В случае длительной консервации аккумулятора каждая ячейка должна иметь напряжение 3,85 В, что соответствует 50-60% заряда аккумулятора.

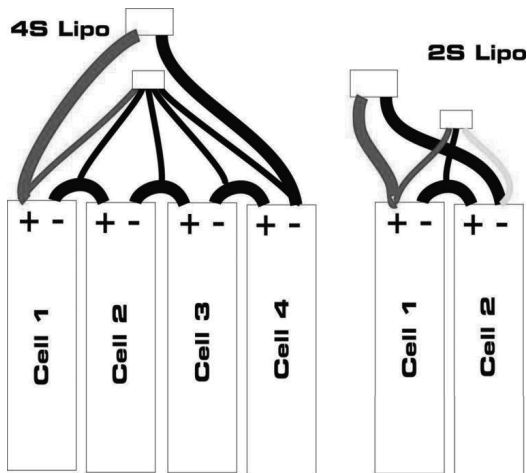


Рис. 15 Схема соединения ячеек в аккумуляторе

Приемник — это устройство, которое принимает сигналы от передатчика (пульта дистанционного управления) и передает их на сервоприводы или электронные регуляторы скорости (ESC) БВС, позволяя внешнему пилоту контролировать его движения в воздухе.

Плата разводки питания (PDB) — это плата которая передает ток от аккумулятора к регуляторам оборотов (ESC) и питать полетный контроллер. Дополнительные функции: регулирование напряжения; фильтры напряжения

Передатчик (пульт дистанционного управления) – это устройство, которое передает сигналы к передатчику, что, позволяя внешнему пилоту контролировать движения БВС в воздухе.

Видеокамеры:

1. Профессиональные камеры — это высококачественные камеры, которые используются для съемки профессионального видео и фотографий. Они имеют высокое разрешение и могут снимать в различных форматах.

2. Любительские камеры — это более доступные камеры, которые подходят для любителей и начинающих операторов. Они имеют меньшее разрешение, но могут быть достаточно качественными для любительской съемки.

4. Камеры для аэрофотосъемки — это специальные камеры, которые предназначены для съемки с большой высоты. Они имеют большой угол обзора и высокое разрешение, чтобы получить качественные снимки.

5. Камеры с инфракрасным излучением — это камеры, которые используют инфракрасное излучение для съемки в темноте. Они могут быть полезны для съемки ночных сцен или скрытых объектов

Комплектация учебного БВС типа Geoscan «Пионер».

Учебный комплекс Geoscan «Пионер» состоит из следующих элементов:

- 2-х воздушных винтов правого вращения;
- 2-х воздушных винтов левого вращения;
- базовой платы;
- 8 дуг защиты;
- 8 перемычек защиты;
- 4 оснований защиты;
- торца отсека аккумуляторной батареи;
- основания рамы;
- верхней и нижней частей шасси;
- платы дополнительных модулей;
- 2 двигателя правого вращения;
- 2 двигателя левого вращения;
- Li-Po аккумулятора 7,4 В 1300 mAh (2S).

Сборка мультиротора типа Geoscan «Пионер».

Перед началом сборки мультиротора Вам необходимо организовать удобное рабочее место. В наборе много мелких деталей, поэтому необходимо позаботиться о том, чтобы не потерять их при сборке.

Шаг 1.

Используются основание рамы, двигатели правого вращения – 2 шт., двигатели левого вращения – 2 шт., винт M2×4 – 8 шт.

Места установки двигателей с серебристыми гайками отмечены на основании рамы белыми кругами. Следуя цветовой маркировке, установите двигатели на основание рамы и закрепите каждый двигатель двумя винтами, расположив винты по диагонали (рис. 16).

Шаг 2.

Используются: узел, собранный на шаге 1, стойки длинные 4 – шт., винты М3×10 – 4 шт.

Установите стойки с противоположной от двигателей стороны основания рамы и закрепите их винтами М3×10, как показано на рисунке 16.

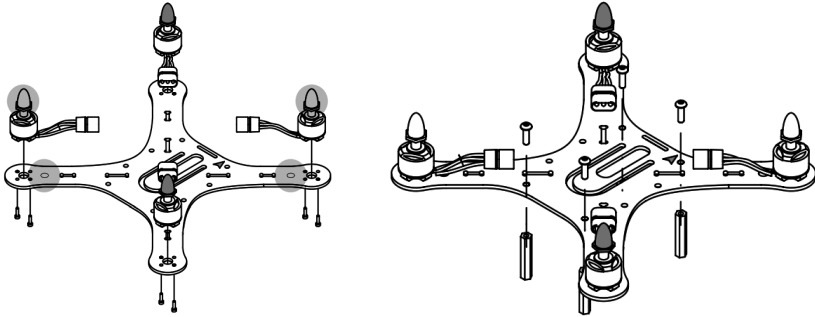


Рис. 16 Шаг 1 и шаг 2

Шаг 3.

Используются: узел, собранный на шаге 2, демпферы – 4 шт., винты М3×4 – 4 шт.

Установите демпферы на основание рамы со стороны двигателей и закрепите их винтами М3×4, как показано на рис. 17.

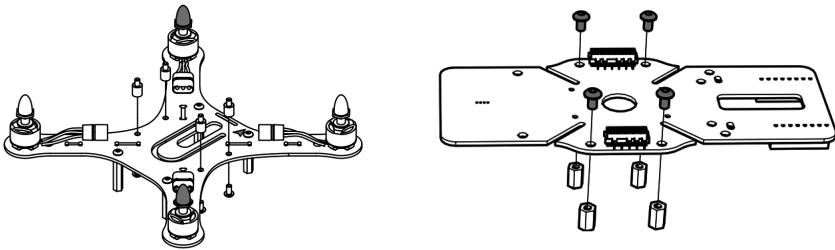


Рис. 17 Шаг 3 и шаг 4

Шаг 4.

Используются: плата дополнительных модулей, стойки 8 мм – 4 шт., винты М3х5 – 4 шт.

С помощью винтов М3х5 прикрепите стойки к плате подключения дополнительных модулей, как показано на рисунке. Эти стойки могут потребоваться в дальнейшем для крепления дополнительных модулей (рис. 17).

Шаг 5.

Используются: узел, собранный на шаге 3, шасси верх, шасси низ, торец отсека АКБ.

Вставьте шасси и торец отсека АКБ в соответствующие пазы, расположенные на основании рамы (рис. 18).

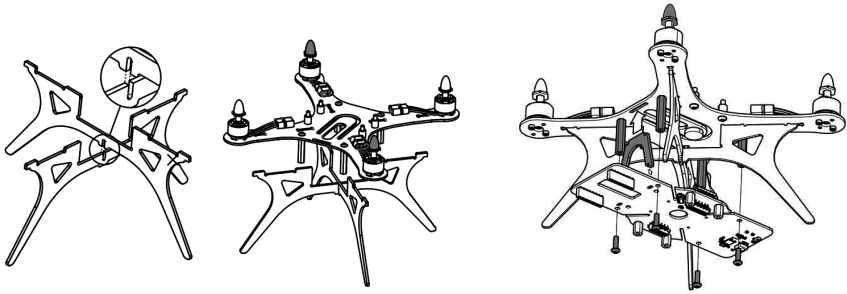


Рис. 18 Шаг 5 и шаг 6

Шаг 6.

Используются: узел, собранный на шаге 4, узел, собранный на шаге 5, винты М3×10.

С помощью винтов М3×10 соедините узел, собранный на шаге 4, с узлом, собранным на шаге 5, как показано на рисунке 18.

Шаг 7

Используются: узел, собранный на шаге 6, стойки короткие металлические 4 шт., базовая плата.

Установите плату на демпферы так, чтобы направления стрелок на плате и на основании рамы совпадали. Зафиксируйте плату с помощью стоек. Подключите разъемы двигателей к соответствующим разъемам на плате. Разъемы имеют ключ для соблюдения полярности, будьте внимательны и не прикладывайте излишних усилий при соединении разъемов (рис. 19).

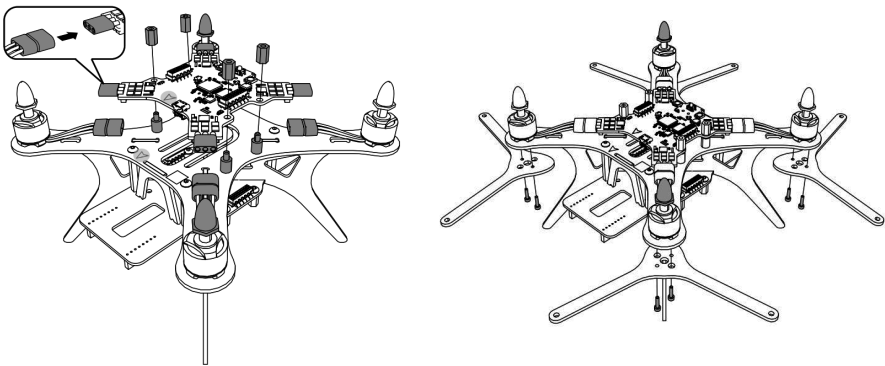


Рис. 19 Шаг 7 и шаг 8

Шаг 8

Используются: узел, собранный на шаге 7, основания защиты – 4 шт., винты М2×6 – 8 шт.

Установите основания защиты и закрепите их винтами М2×6, как показано на рисунке 19.

Шаг 9

Используются: узел, собранный на шаге 8, дуга защиты – 8 шт., перемычка защиты – 8 шт., винты М3×10 – 8 шт., стойки длинные – 8 шт.

С помощью винтов М3×10 закрепите на основаниях защиты дуги защиты, перемычки защиты и стойки, как показано на рисунке 20.

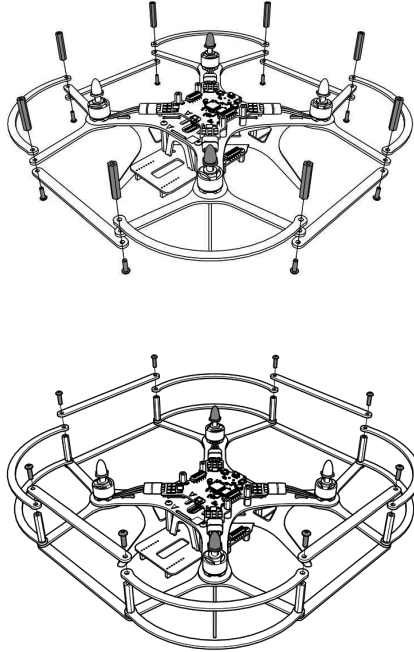


Рис. 20 Шаг 9 и 10

Шаг 10

Используются: узел, собранный на шаге 9, дуга защиты – 8 шт., перемычка защиты – 8 шт., винты М3×10 – 8 шт.

С помощью винтов М3×10 закрепите на стойках защиты дуги защиты и перемычки защиты, как показано на рисунке 20.

Шаг 11

Используются: узел, собранный на шаге 11, шлейф платы дополнительных модулей (10 пинов), шлейф платы дополнительных модулей (12 пинов).

С двух сторон подключите шлейфы платы дополнительных модулей к базовой плате и к плате подключения дополнительных модулей. Обратите внимание, что разъемы шлейфов отличаются по размеру и количеству пинов подключения. При этом оба шлейфа подключаются аналогичным способом (рис. 21).

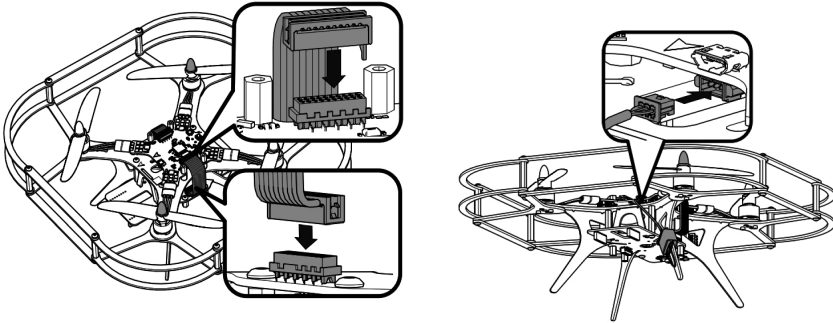


Рис. 21 Шаг 11 и шаг 12

Шаг 12

Используются: узел, собранный на шаге 11, приемник (находится в упаковке пульта управления).

Закрепите приемник на шасси с помощью эластичного фиксатора. Вставьте разъем кабеля в разъем PPM на базовой плате (Разъем PPM находится под разъемом micro USB).

Шаг 13

Используются: узел, собранный на шаге 12, аккумуляторная батарея

Установите батарею в слот и подключите её к базовой плате непосредственно перед использованием мультикоптер (рис. 22).

Мультикоптер собран и готов к работе.

После использования всегда отключайте батарею!

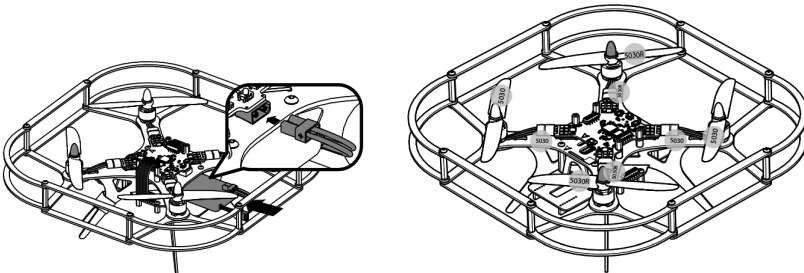


Рис. 22 Шаг 13 и шаг 14

Шаг 14

Используются: узел, собранный на шаге 10, воздушный винт 5030 – 2 шт., воздушный винт 5030R – 2 шт.

Обратите внимание: черные гайки имеют левую резьбу. Надписи на воздушных винтах (5030 или 5030R) должны совпадать с надписями на раме (рис. 22).

Открутите гайки с осей двигателей, установите воздушные винты (надписи на винтах должны быть сверху) и закрепите их гайками. Серебристые гайки закручиваются по часовой стрелке (правая резьба), черные гайки – против часовой стрелки (левая резьба).

ТЕМА 4 НАСТРОЙКА КВАДРОКОПТЕРА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА

Задания:

1. Тренажерная подготовка: поиск объекта
2. Летная подготовка: взлёт, плавный полет по периметру зоны полётов, пролетая через специальные кольца (рис. 23), и посадка, периодически меняя ориентацию в пространстве: полет по периметру двигая носовой частью вперед, далее левым бортом вперед, правым бортом вперед, хвостовой частью вперед.

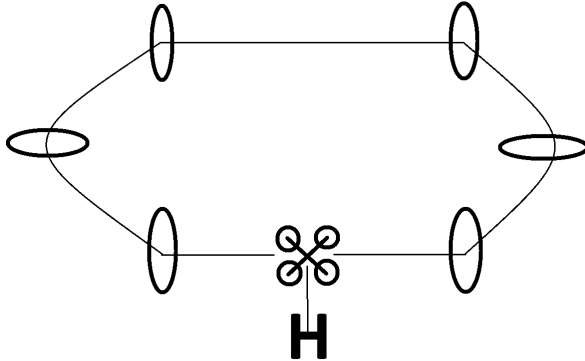


Рис. 23 Полёт по периметру

3. Изучение основных теоретических положений: настройка мультикоптера типа Geoscan «Пионер».

Настройка мультикоптера типа Geoscan «Пионер».

В ручном режиме управление мультикоптера осуществляется с помощью пульта дистанционного управления (рис. 19), работающего по протоколу PPM. В стандартный комплект поставки входит пульт управления FlySky i6S.

Подробное описание элементов управления и функций пульта управления приведено в инструкции к пульту.

В инструкции рассмотрены только те элементы управления, которые необходимы для выполнения полета «Пионера».

Для того, чтобы избежать случайного отключения пульта во время полета мультикоптера, включение и выключение пульта происходит только при одновременном нажатии на две кнопки.

Основное управление мультикоптером осуществляется с помощью двух подпружиненных стиков (от английского stick – рукоятка, рычаг). Левый stick (газ–курс) регулирует подъем, спуск и вращение мультикоптера вокруг вертикальной оси, правый stick (крен–тангаж) отвечает за наклоны мультикоптера вокруг горизонтальных осей.

Переключатель режимов имеет три положения. При включении пульта переключатель режимов (и все остальные переключатели) должен находиться в верхнем положении. При попытке включить пульт при другом положении переключателей на экране пульта появится сопровождаемое звуковым сигналом сообщение «Warning! Place all switches in their up position» (Внимание! Переведите все переключатели в верхнее положение).

Чтобы освоить приемы управления мультикоптером, можно воспользоваться бесплатно распространяемой программой–симулятором, которая позволяет выполнить полет на экране компьютера. Для работы с программой пульт управления подключается к компьютеру с помощью USB–кабеля. Кабель входит в комплект поставки пульта.

Пульт, поставляемый вместе с мультикоптером, готов к эксплуатации и не требует дополнительной настройки или привязки.

В случае использования мультикоптера и пульта из разных комплектов необходимо выполнить привязку пульта к приемнику мультикоптера и настройку пульта.

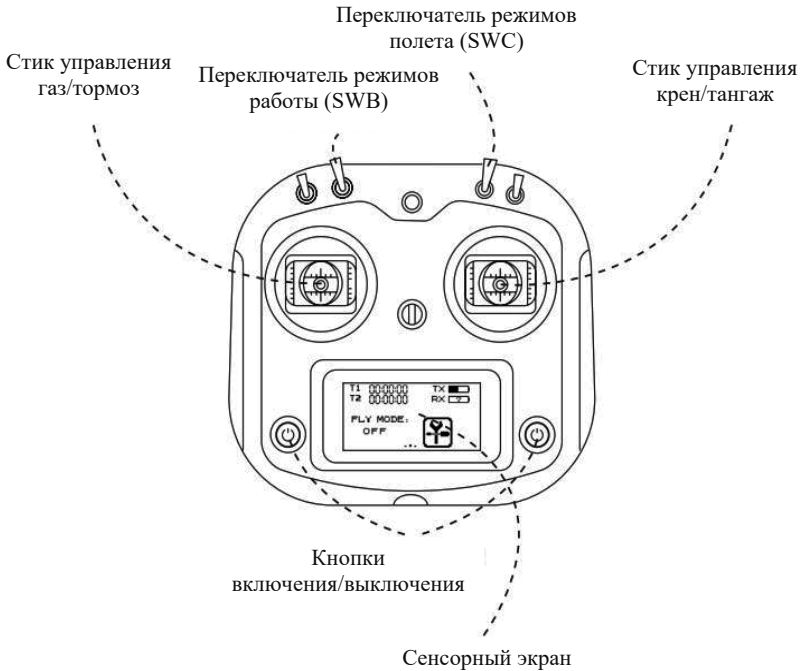



Рис. 24 Пульт дистанционного управления

Установка элементов питания в пульт управления

Откройте крышку отсека для батарей. Вставьте 4 элемента AA в отсек, соблюдая полярность. Закройте крышку отсека для батарей.

«Привязка» пульта к приемнику

1. Включите пульт дистанционного управления. Для этого нажмите одновременно две кнопки включения питания и удерживайте их до включения экрана пульта.

2. Войдите в меню настроек, нажав на сенсорном экране значок настроек .

3. Во вкладке SYSTEM выберите пункт Rx Bind. Появится надпись «Binding to RX...».

4. Найдите на приемнике кнопку с обозначением «BIND» (рис. 25), нажмите и удерживайте ее.

5. Удерживая кнопку нажатой, подайте питание на мультикоптер.

6. Выйдите из настройки Rx Bind, нажав на сенсорном экране пульта кнопку .

Если привязка прошла успешно, мультикоптер должен издать звуковой сигнал. Светодиодный индикатор будет непрерывно гореть красным.

В случае отсутствия звукового сигнала и светодиодной индикации попробуйте повторить процедуру привязки или обратитесь в техническую поддержку.

Описанная выше процедура привязки работает только для приемника FlySky-A8S.

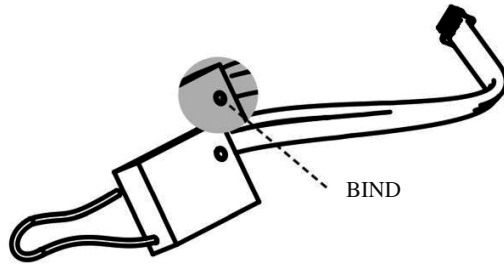



Рис. 25 Размещение кнопки Bind на приемнике сигнала

«Привязка» пульта к приемнику


1. Включите пульт дистанционного управления. Для этого нажмите одновременно две кнопки включения питания и удерживайте их до включения экрана пульта.


2. Войдите в меню настроек, нажав на сенсорном экране значок настроек .


В меню настроек имеется вкладка FUNCTION, в которой производится настройка пульта управления, а также вкладка SYSTEM, в которой производится настройка модели, управляемой пультом.

Во вкладке FUNCTION установите следующие настройки:

1. REVERSE → Ch2 и Ch4–Rev.

2. AUX. CHANNELS → Channel 5 →  → В открывшемся окне CH TYPE выберите тип переключателя SWx → нажмите на надпись SwA, и в открывшемся меню выберите SwC.


3. AUX. CHANNELS → Channel 6 →  → В открывшемся окне CH TYPE выберите тип переключателя SWx → нажмите на надпись SwA, и в открывшемся меню выберите SwD.

4. AUX. CHANNELS → Channel 7 →  → В открывшемся окне CH TYPE выберите тип переключателя SWx → нажмите на надпись SwA, и в открывшемся меню выбрать SwB.

Во вкладке SYSTEM:

1. OUTPUT MODE → Output → PPM.

2. STICKS MODE → M2 (Mode 2).

Для выхода из режима настройки нажмите на сенсорном экране пульта кнопку .

Внимание!!! Привязка выполняется один раз, повторять алгоритм привязки следует только в случае замены пульта управления или приёмника!

Основные процедуры и техника безопасности при выполнении полетов

Включение БВС «Пионер» на взлётной площадке:

1. Пульт управления — включить;
2. Заряд батареек пульта – проверить, при необходимости заменить;
3. Li-Po аккумулятор на борту БВС — подключить;
4. Arm — выполнить. (stick YAW право вниз на 1–3 секунды);
5. Газ — включить на 10%;
6. Процедура выключения — последовательность действий после посадки или крушения БВС.

Выключение БВС «Пионер» и завершение полета:

1. Газ – перевести в минимум;
2. Disarm — выполнить. (stick YAW влево вниз на 1–3 секунды);
3. Газ — включить на 10% для проверки, что Disarm прошел успешно;
4. Li-Po аккумулятор на борту БВС — отключить;
5. Пульт управления — выключить.

Предполетная подготовка БВС «Пионер» в помещении

Перед каждым полетом ответственно выполняйте все проверки. Формальное и безответственное выполнение проверок приводит к разрушению или потере БВС и серьезным травмам.

Перед каждым взлетом, даже если не было аварий необходимо проверять:

1. Воздушные винты — проверить правильность установки и что вращению ничего не мешает, при необходимости — устранить помехи. Осмотреть на наличие повреждений, и убедиться в отсутствии зазубрин, вмятин, трещин, при необходимости — произвести замену пропеллеров, имеющие повреждения. Убедиться в затянутости гаек пропеллеров.

2. Рама и элементы защиты — убедиться в отсутствии повреждений и проверить затянутость всех винтов. При необходимости — произвести замену или ремонт поврежденных элементов рамы или защиты.

3. Аккумуляторы — убедиться в отсутствии механических повреждений защитной пленки, вздутий и характерного запаха химической реакции. При появлении малейших подозрений на повреждения, не используйте аккумулятор, и замените на исправный.

4. Полезная нагрузка — в случае использования полезной нагрузки необходимо убедиться в надежности установки и ее фиксации (камера, модуль захвата груза), а также отсутствия повреждений.

5. Провода — убедиться в отсутствии выпирающих и незакрепленных проводов, при необходимости зафиксировать и визуально убедиться в том, что воздушный винт не будет их касаться.

Важно: невыполнение данных условий может вызвать вибрацию, потерю одного или нескольких винтов в воздухе, внезапную потерю управления и аварию. При обнаружении посторонних шумов немедленно совершите посадку следуя правилам «Процедура выключения» в разделе базовые процедуры и совершите визуальный осмотр БВС.

Обеспечение безопасности при подготовке к взлету:

1. Соблюдение правил предполетной подготовки БВС.

2. Проверить заряд пульта управления и аккумуляторов БВС. Убедиться в том, что все полностью заряжено!

3. Аккумулятор должен плотно прилегать к корпусу и вставляться в отсек свободно, без перекосов.

4. Подключение аккумулятора осуществляться в последнюю очередь, только перед вылетом!

Важно: невыполнение данных условий может вызвать вибрацию, потерю одного или нескольких винтов в воздухе, вызвать потерю аккумулятора в полете, внезапную потерю управления, аварию и привести к травмам.

Для полетов необходимо приготовить:

1. БВС «Пионер»;

2. пульт управления;

3. аккумуляторы;

4. зарядное устройство (при наличии места подключения);

5. мультиметр или другой измеритель напряжения;

6. запасные воздушные винты и элементы защиты;

7. изоленту, ножницы, набор отверток;

8. ленту или скотч для обозначения зоны полетов.

При соблюдении правил предполетной подготовки и обеспечение безопасности к вылету, можно отправляться к зоне полетов.

Предполетная подготовка БВС «Пионер»

Проверить следующие пункты:

1. Аккумуляторы плотно установлены в отсек и провода аккумулятора уложены так, что, будучи подключенными не помешают полетам.
2. Пропеллеры установлены правильно, закреплены и свободно вращаются.
3. Элементы защиты БВС «Пионер» целы и закреплены.
4. Выбран правильный режим полета.
5. Присутствующие люди находятся за спиной. На расстоянии 10 метров спереди и сборку нет людей.

Обеспечение безопасности перед взлетом:

1. Располагать всех зрителей за спиной пилота и не допускать выхода зрителей в полусферу перед лицом пилота (в область пилотирования БВС «Пионер»).
2. Помнить рассчитанное время полета БВС «Пионер» и его аккумулятора.
3. Располагаться на расстоянии не менее 3–х метров от БВС «Пионер» при пилотировании на открытой площадке. Исключение может составлять лишь безопасное воздушное пространство, в виде куба ограниченное сеткой, здесь допускается расположение до 2 метров.
4. Взлет осуществлять с ровной площадки.
5. Если при активации двигателей (Arm) Вы услышите посторонний шум, незамедлительно отключите двигатели (Disarm) и совершите визуальный осмотр БВС «Пионер» и установите причину возникновения постороннего шума.

Важно: невыполнение данных условий может привести к конструктивным повреждениям БВС «Пионер» вплоть до выхода аппарата из строя, внезапную потерю управления, травм и несчастным случаям.

При соблюдении правил предполетной подготовки, обеспечение безопасности к вылету и перед взлетом, можно выполнить процедуру включения двигателей и переходить к взлету.

Обеспечение безопасности во время полёта:

1. Во время полета БВС «Пионер» четко выполнять все указания преподавателя или летного инструктора.
2. Учебные полеты производить строго в обозначенной зоне и не допускать вылета за ее пределы. В случае если Вы ее нарушили, незамедлительно вернуть БВС «Пионер» в обозначенное летное пространство или совершить посадку на месте, отключите двигатели, пульт дистанционного управления (Disarm) и вернитесь на исходную стартовую позицию.
3. При обучении полетам летать на уровне ниже собственного роста и рядом с собой на расстоянии, на котором видна ориентация БВС «Пионер» в пространстве. В случае сомнений ориентации БВС «Пионер» немедленно совершить посадку на месте, отключите двигатели, пульт дистанционного управления (Disarm) и вернитесь на исходную стартовую позицию.

Примечание: для определения ориентации БВС «Пионер» на полетном контроллере изображена специальная метка, которая подсказывает, где у БВС находится носовая часть. Однако в процессе полета разглядеть ее практически не представляется возможным, и в случае изменения курса по рысканию становится достаточно просто перепутать кормовую и носовую часть, что приводит к инверсии управления в следствии к быстрой дезориентации пилота, потере управления, аварии и привести к травмам. Для того, чтобы в процессе полета всегда понимать, где у БВС «Пионер» носовая часть рекомендуется наклеить цветную ленту на элементы защиты «Пионер».

4. При управлении БВС «Пионер» запрещаются резкие движения stick, все движения выполняются плавно и аккуратно. Старайтесь не отрывать ваши пальцы от stick управления.

5. Летную практику осуществлять с предельной осторожностью и выполнять элементы пилотирования, в которых нет сомнений. Запрещается выполнять фигуры пилотажа, в успехе которых возникают сомнения, и фигуры, связанные с высоким риском аварийности.

Примечание: Опыт пилотирования будет приходить со временем, получаемые практические и теоретические навыки будут открывать новые возможности пилотирования и помогать справляться с внештатными ситуациями оперативно. Не подвергайте высокой степени опасности себя и окружающих.

6. Соблюдайте скоростной режим. Скорость полёта БВС держать в пределах скорости идущего человека.

Примечание: инерция — свойство тел сохранять состояние покоя или движения, пока любая внешняя сила не изменит это состояние. БВС продолжит движение в заданном направлении, даже если переместить stick направления в центральное положение. Чем выше скорость смены направления движения, тем выше значение силы инерции. Если лодку толкнуть на озере она плывет, пока трение об воду не остановит её, а трение воздуха еще ниже, чем воды, поэтому БВС будет лететь туда, куда вы его направите пока обратный импульс, не погасит предыдущий. Для постоянного контроля инерции БВС необходим строгий скоростной режим и максимальная плавность передвижения stick управления. Чем медленней и плавней движения stick, тем выше контроль над БВС «Пионер» в воздухе.

7. Вернуть «Пионер» к месту посадки к рассчитанному времени, не допускать полной разрядки аккумулятора в полёте.

8. Посадку осуществлять только на ровную открытую площадку вдали от препятствий.

9. После запланированной посадки выполнить действия следуя правилам «Процедура выключения» в разделе базовые процедуры.

ТЕМА 5 ИСТОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Задания:

1. Тренажерная подготовка: режимы облета объектов завода.
2. Летная подготовка: взлёт, пролет через специальные кольца, расставленные в произвольном порядке, и посадка, периодически меняя ориентацию в пространстве: полет по периметру двигаясь носовой частью вперед, далее левым бортом вперед, правым бортом вперед, хвостовой частью вперед.
3. Изучение основных теоретических положений по теме «История зарождения БВС. Назначения БВС».

ТЕМА 6 АВТОНОМНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БВС

Задания:

1. Тренажерная подготовка: слежение за объектом.
2. Летная подготовка: взлёт, пролет через специальные кольца, расставленные в произвольном порядке, используя FPV шлем и посадка на точность на площадку, указанную преподавателем.
3. Изучение основных теоретических положений:
 - a. Задание полетного задания БВС МТ.
 - b. Знакомство с Pioneer Station.
 - c. Загрузка программы в «Пионер».
 - d. Мигание светодиодом.
 - e. Подключение к Geoscan «Пионер».
 - f. «Полет по маршруту».

Задание полетного задания БВС МТ

Автономное управление БВС производится путем задания полетного задания. Это происходит с помощью написания, компилирования и записи программы на полетный контроллер БВС. Для практического освоения данной технологии воспользуемся инструментами визуального программирования.

Визуальное программирование – технология программирования, которая предусматривает создание программ с помощью визуальных блоков кода.

Одним из вариантов программирования Geoscan «Пионер» является программа TRIK Studio. Рассмотрим основные блоки, используемые для программирования БВС.

Условие – позволяет создать два сценария действия «Пионера» в зависимости от заданного логического условия. У блока должны быть две исходящие связи, в одной из которых в редакторе свойств должно быть назначено значение параметра «условие» (истина или ложь)

Конец условия – обозначает слияние двух веток условного оператора. Никаких действий не выполняет, но полезен для обеспечения структурности программы.

Инициализация переменной – позволяет объявить новую переменную. В редакторе свойств или прямо на диаграмме задается имя переменной и ее значение.

Случайное число – присваивает выбранной переменной случайное значение из выбранного диапазона.

Комментарий – позволяет включить в программу текстовые пояснения, упрощающие понимание структуры участка или конкретного блока.

Таймер – задает время ожидания перед выполнением следующего блока программы в миллисекундах.

Взлет, Посадка – команды начала и завершения полета.

Лететь в точку – указывает координаты точки, в которую полетит БВС.

Координаты вводятся без точек и запятых в строки широты и долготы. Строка «высота» отображает расстояние (в метрах) от поверхности в конечной точке полета.

Лететь в точку (ЛК) – команда аналогична предыдущей, но точка назначения задается в локальных координатах. За точку отсчета (0,0,0) принимается место взлета. Значения координат задаются в метрах.

Светодиод – управляет работой светодиодов на плате «Пионера». Меняя значения для каждого цвета (рис. 26), можно зажигать светодиоды по одному или в различных комбинациях. В паре с блоком «Таймер» можно задать длительность свечения.

«RGB-светодиод – это три одноцветных кристалла совмещенные в одном корпусе. Название RGB расшифровывается, как Red – красный, Green – зеленый, Blue – синий соответственно цветам, которые излучает каждый из кристаллов.

```
local colors = {
    {1,0,0},    -- красный
    {1,0.15,0}, -- оранжевый
    {1,1,0},    -- желтый
    {0,1,0},    -- зелёный
    {0,1,1},    -- голубой
    {0,0,1},    -- синий
    {1,0,1}     -- фиолетовый
```

Рис. 26 Задание кодом цвета светодиода

Магнит – управляет работой модуля захвата груза. Чтобы включить магнит, поставьте галочку в чек-боксе значения свойств блока.

Команда – позволяет выполнить написанную в свойствах команду. Для написания команды используется язык Lua. Для выполнения команды поставьте галочку в чекбоксе.

Блочное программирование просто для понимания, однако TRIK Studio не позволяет использовать функционал БВС полностью. Основной средой для программирования Пионера является Pioneer Station.

Знакомство с Pioneer Station

Программа Pioneer station – это среда программирования, позволяющая обновлять прошивку квадрокоптера, изменять и настраивать параметры автопилота, создавать и загружать полетные задания, а также тестировать скрипты.

В верхней части окна программы представлено *Главное меню*, в котором производится обновление Pioneer station и прошивки автопилота. Также в *Главном меню* производится настройка модема. В центральной части расположены кнопки запуска/остановки программы и остановки двигателей. В правой части окна – индикатор подключения. После подключения в нем будет отображаться номер квадрокоптера и заряд аккумулятора. В центральной части окна располагаются окна: *Редактор кода* и *Настройка параметров автопилота*, работа с ними подробно описана в соответствующих разделах.

Внимание: если ваша программа предполагает полет, не запускайте ее из интерфейса Pioneer station. Запуск квадрокоптера, подключенного по USB, опасен для вас и окружающих!

Редактор кода

Этот раздел поможет научиться работать с Pioneer station

Основное окно Pioneer station — это редактор кода. В нём вы можете разрабатывать и редактировать полетные задания «Пионера» на языке *Lua*.

Главное меню редактора кода представлено на рисунке 27.

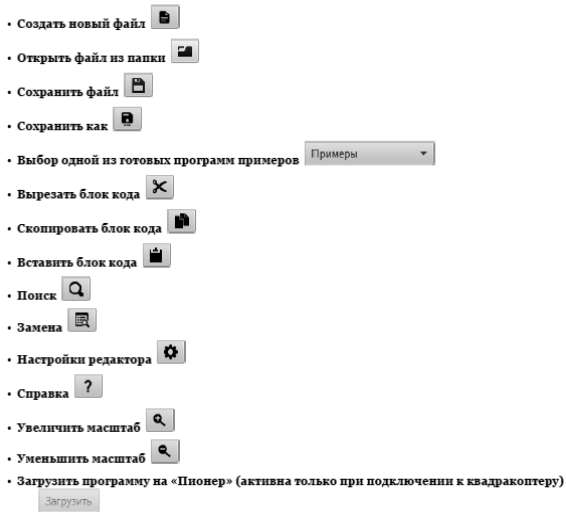


Рис. 27 Главное меню редактора кода

Загрузка программы в BBC micro Geoscan «Пионер»

Имея код программы, созданный в TRIK Studio или написанный в Pioneer Station, можно приступить к его загрузке на квадрокоптер. Подключите «Пионер» к компьютеру USB кабелем и откройте нужную программу в Pioneer Station.

В правом нижнем углу Pioneer Station выберите вариант подключения «По кабелю USB». В окне программы должны появиться текущие параметры «Пионера», углы наклона, напряжение питания и номер.

Примечание: Попробуйте наклонять квадрокоптер в разные стороны и убедитесь, что авиагоризонт корректно отображает его положение. В случае ошибки соединения проверьте соединение кабеля и версию прошивки в Pioneer Station, при необходимости обновите её.

Если программа изначально была создана в TRIK Studio, нажмите кнопку «Загрузить программу на «Пионер». Текст программы должен появиться в окне Pioneer Station.

Теперь нажмите кнопку «Загрузить».

На плате «Пионера» должен несколько раз мигнуть светодиод «прием», а в программе появиться уведомление об успешной загрузке.

Запустить выполнение программы можно разными способами. Если программа не предполагает полета, не отключая кабель от квадрокоптера нажмите кнопку «Старт прогр.» в Pioneer Station, и через пять с сможете наблюдать результат её работы.

Питания от USB достаточно для работы светодиодов и некоторых дополнительных модулей.

При более сложных сценариях: отключите квадрокоптер от компьютера, поместите его в комнату или площадку, достаточно просторную для выполнения задач, и подключите аккумулятор. После звукового сигнала дождитесь, когда перестанут мигать основные светодиоды на плате, и нажмите кнопку «Старт» и отойдите от квадрокоптера. Через пять с начнется выполнение программы.

Внимание: для безопасного полета, на случай нештатной ситуации держите в руках пульт, связанный с вашим «Пионером». Настройте на пульте режим автоматического полёта. Для этого переведите рычаг В в нижнее положение. Рычаги «А», «С», «D» – в верхнем положении. Для экстренного завершения программы переведите рычаг «В» в верхнее положение, управление квадрокоптером перейдет к вам.

Подключение по USB модему

Для загрузки программ на «Пионер», помимо USB, может использоваться беспроводное соединение. Для подключения необходим радиомодем. Его можно подключить в любой свободный USB порт компьютера.

Запустите Pioneer Station на компьютере, подключите «Пионер» кабелем USB и запомните номер канала, который появится в поле телеметрии справа от авиагоризонта.

В меню «Настройки» выберите пункт «Настроить модем». В открывшемся окне сохраните номер канала, который запомнили при выполнении предыдущего шага.

Выберите квадрокоптер который хотите подключить по данному каналу и нажмите ОК.

В дальнейшем для подключений «Пионера» к компьютеру после запуска Pioneer Station в меню «подключение» выбирайте вариант «По радиомодему». При этом на плату должно быть подано питание от основной батареи, либо от стороннего источника по кабелю USB.

Мигание светодиодам

1. Первая программа в TRIK Studio, работа со светодиодом.
2. На главной плате Пионера находятся 4 светодиода, пронумерованные от 0 до 3.
3. Каждый светодиод может светить в любом цвете (о том, как настроить цвета и яркость светодиодов мы поговорим на следующих занятиях).
4. Возьмём с панели справа блок «Светодиод» и поставим его между блоками «Начало» и «Конец».

Подключение к Geoscan «Пионер»

Запустите Pioneer Station на компьютере, подключите «Пионер» кабелем USB и запомните номер канала, который появится в поле телеметрии справа от авиагоризонта.

1. В меню «Настройки» выберите пункт «Настроить модем». В открывшемся окне сохраните номер канала, который запомнили при выполнении предыдущего шага.

2. Выберите квадрокоптер который хотите подключить по данному каналу и нажмите ОК.

3. В дальнейшем для подключений «Пионера» к компьютеру после запуска Pioneer Station в меню «подключение» выбирайте вариант «По радиомодему». При этом на плату должно быть подано питание от основной батареи, либо от стороннего источника по кабелю USB.

«Полет по маршруту»

Задание выполняется в кубе. Задание программируется в TRIK Studio. Пример заданий приведены на рис 28 и 29.

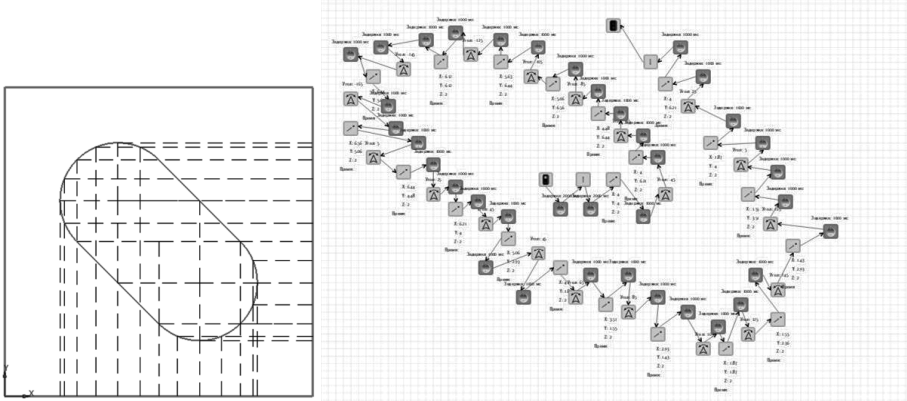


Рис. 28 Первый вариант задания полета по маршруту

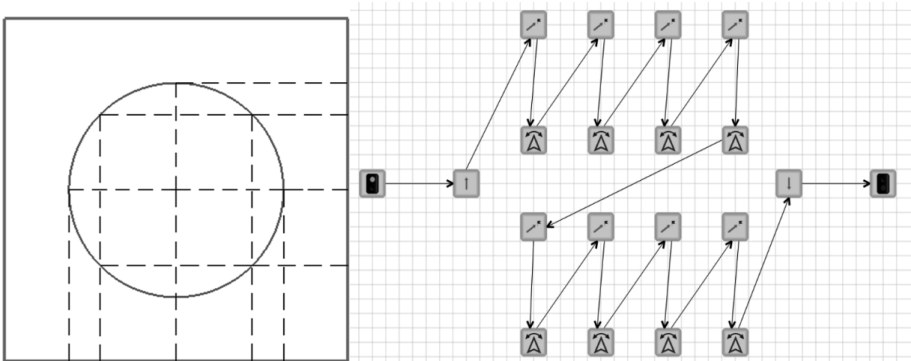


Рис. 29 Второй вариант задания полета по маршруту

ТЕМА 7 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Задания:

1. Тренажерная подготовка: гонка по точкам.
 2. Летная подготовка: взлёт, пролет через специальные кольца, расставленные в произвольном порядке, используя FPV шлем и посадка на точность на площадку, указанную преподавателем. С имитацией отказа шлема.
 3. Изучение основных теоретических положений:
 4. Задание на практику: демонтаж и ТО электродвигателя мультироторного БАС.
- Классификация электрических двигателей представлена на рис. 30.

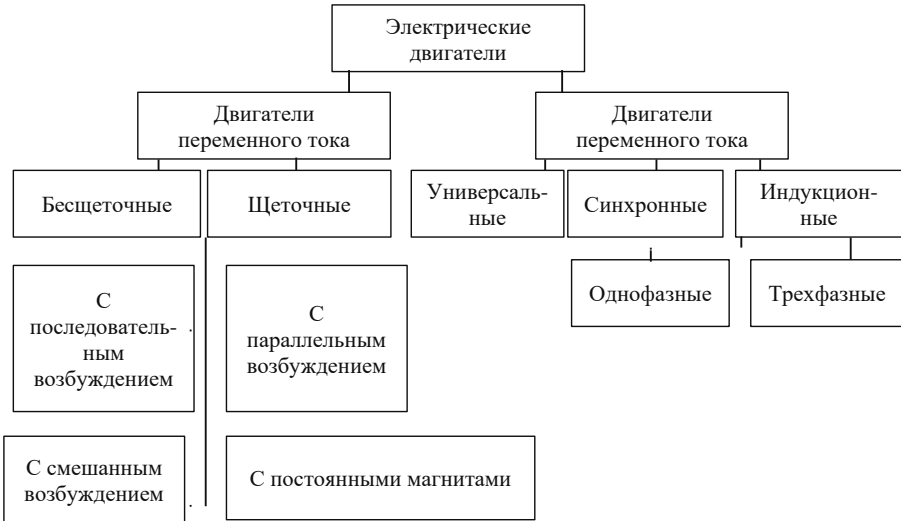


Рис. 30 Классификация электрических двигателей

В БВС чаще всего используются электродвигатели постоянного тока с щетками (в БВС, для обучения или развлекательных целей, взлетной массой не более 0,4 кг) и синхронные электродвигатели переменного тока с постоянными магнитами (самый основной вид электрической силовой установки для БВС).

Принцип работы и устройство электродвигателя постоянного тока

Помещенная в магнитное поле проволочная рамка с пропущенным по ней током начинает вращаться, создавая механическую энергию. Принцип действия электродвигателя постоянного тока основывается на взаимодействии магнитных полей рамки и самого магнита. Но одна рамка после определенного количества вращений замирает в положении, параллельном внешнему магнитному полю. Для продолжения движения необходимо добавить вторую рамку и в определенный момент переключить направление тока.

Вместо рамок в двигателе используется набор проводников, на которые подается ток, и якорь. При запуске вокруг него возбуждается магнитное поле, взаимодействующее с полем обмотки. Это заставляет якорь повернуться на определенный угол. Подача тока на следующие проводники приводит к следующему повороту якоря, и далее процесс продолжается.

Магнитное поле создается либо с помощью постоянного магнита (в маломощных агрегатах), либо с помощью индуктора/обмотки возбуждения (в более мощных устройствах).

Попеременную зарядку проводников якоря обеспечивают щетки, сделанные из графита или сплава графита и меди. Они служат контактами, замыкающими электрическую сеть на выводы пар проводников. Изолированные друг от друга выводы представляют собой кольцо из нескольких ламелей, которое находится на оси вала якоря и называется коллекторным узлом. Благодаря очередному замыканию ламелей щетками двигатель вращается равномерно. Степень равномерности работы двигателя зависит от количества проводников (чем больше, тем равномернее).

Основу двигателя (рис. 31) составляют статор (индуктор) – неподвижная часть, и якорь вкпе с щеточно-коллекторным узлом – подвижная часть. Обе части разделены воздушным зазором.

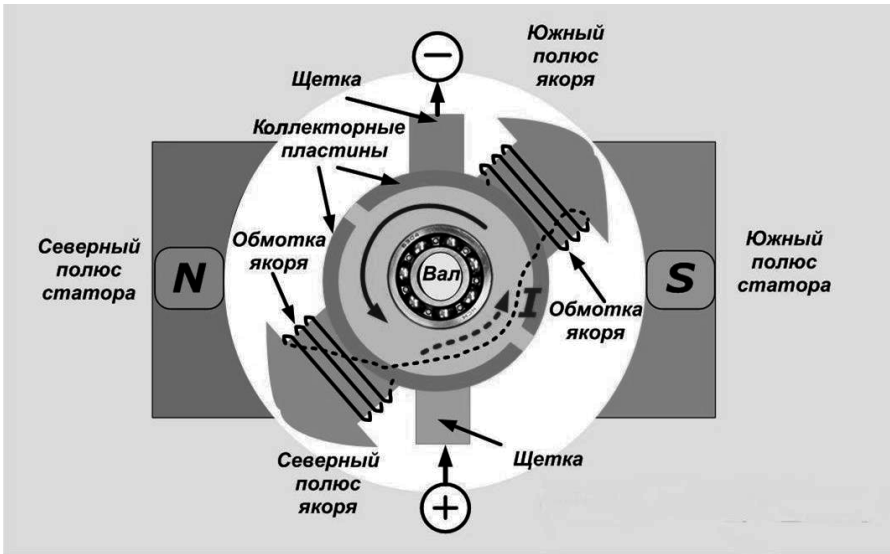


Рис. 31 Схема электрического двигателя постоянного тока

В состав статора входят станина, являющаяся элементом магнитной цепи, а также главные и добавочные полюса. Обмотки возбуждения, необходимые для создания магнитного поля, находятся на главных полюсах. Специальная обмотка, улучшающая условия коммутации, расположена на добавочных полюсах.

Якорь представляет собой узел, состоящий из магнитной системы (она собрана из нескольких листов), набора обмоток (проводников), уложенных в пазы, и коллектора, который подводит постоянный ток к рабочей обмотке.

Коллектор имеет вид цилиндра, собранного из изолированных медных пластин. Он насажен на вал двигателя и имеет выступы, к которым подходят концы секций обмотки якоря. Щетки снимают ток с коллектора, входя с ним в скользящий контакт. Удержание щеток в нужном положении и обеспечение их нажатия на коллектор с определенной силой осуществляется щеткодержателями.

Принцип работы синхронного трёхфазного электродвигателя переменного тока

Синхронный двигатель с постоянными магнитами (СДПМ) – подтип синхронных двигателей без обмоток возбуждения ротора, их роль выполняют постоянные магниты. Как и

у всех синхронных электродвигателей, угловая скорость их ротора равна частоте вращающегося магнитного поля в зазоре между подвижной и неподвижной частью.

Электрические машины такого типа обладают всеми возможностями управления двигателями постоянного тока, а также достоинствами машин переменного тока.

СДПМ состоят из 2 основных узлов: вращающегося (ротора) и неподвижного (статора) (рис. 32).

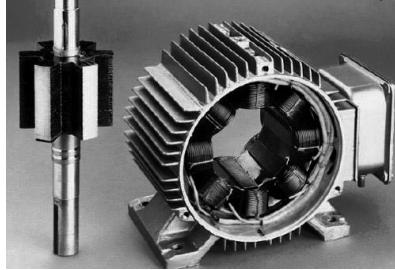


Рис. 32 Ротор и статор синхронного электродвигателя

Принцип действия СДПМ не отличается от стандартных синхронных электрических машин. Вращение ротора осуществляется при сцеплении магнитного поля роторов с крутящимся магнитным полем, наведенным обмотками неподвижной части двигателя. Отличие – в поле вращающегося узла, оно создается не обмотками, на которые подается постоянный ток, а постоянными магнитами. При этом скольжение ротора отсутствует, его скорость равна частоте оборотов магнитного поля статора.

Запуск СДПМ не может осуществляться прямым подключением к электросети, для управления электрической машиной необходим частотный преобразователь или сервосистема. Рассмотрим базовые способы управления приводами на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами.

Различают два базовых принципа управления электродвигателями такого типа: трапецеидальное (коммутацией обмоток) и синусоидальное (поле ориентированное, прямое управление моментом).

Коммутация обмоток СДПМ – наиболее простой метод. За счет простоты схемы такой способ активно применяют в приводах, где не требуется особо точное управление. Различают два способа трапецеидального управления – с обратной связью и без нее. Последний метод практически не применяют в приводах с переменной нагрузкой из-за потери управления.

Регулирование момента и частоты с обратной связью реализуется при помощи датчиков положения вала или путем вычисления угла поворота вала по уже имеющимся функциям. Такие схемы позволяют организовать достаточно точное управление, однако, обладают некоторыми недостатками:

- требуют ввода в схему датчиков Холла или применения контроллеров большей вычислительной мощности.

- не подходят при работе двигателя на малых оборотах.
- не обеспечивают отсутствие пульсации момента.

Для более требовательных приводов используют поле ориентированное управление. Способ позволяет плавно изменять скорость и момент на валу СДПМ. Поле ориентированное управление также реализуется на базе индуктивных, оптических, магниторезистивных датчиков положения или вычислительного устройства. В последнем случае положение вала рассчитывается по величине обратной ЭДС.

ТЕМА 8 ЭКСПЛУАТАЦИЯ БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА МУЛЬТИРОТОРНОГО ТИПА В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Задания:

1. Летная подготовка: тестирование подготовленных полётных заданий с отработкой особых случаев в полёте.
2. Изучение основных теоретических положений: особые условия эксплуатации.

В процессе выполнения полёта Вы можете столкнуться с особыми случаями в виде отказов различных систем БВС мультироторного типа, ниже приведен перечень событий и соответствующих действий.

1. Отказ системы навигации в пространстве включая отказ компаса: БВС не может самостоятельно удержать своё положение в пространстве или самостоятельно начинает улетать в произвольном направлении. Действие: переход на ручное управление (Для БВС Геоскан «Пионер» тумблер SWB в верхнее положение), быть готовым самостоятельно удерживать высоту и положение БВС и совершить посадку на специальной площадке.

2. Отказ системы FPV: частично или полностью пропадает сигнал с камеры, которая установлена на БВС. Действие: установить визуальный контакт с БВС и совершить посадку в точке взлёта или в районе Вашего местоположения. В случае если визуальный контакт с БВС установить не удаётся, нужно сориентироваться на местности, задать направление БВС в район Вашего местоположения отталкиваясь от последнего полученного изображения и держать это направление до тех пор, пока Вы не установите визуальный контакт с БВС.

3. Просадка напряжения аккумуляторной батареи: падает тяговооружённость БВС, уменьшение напряжения, в процессе разряда аккумулятора, происходит быстрее обычного. Действие: максимально разгрузить двигатели выполняя снижение по пологой траектории и выполнить аварийную посадку на любой подходящей просторной площадке без людей, животных и препятствий.

ТЕМА 9 РЕГИСТРАЦИЯ БВС

Задания:

1. Ознакомиться с порядком предоставления государственной услуги по постановке на учет БВС.
2. Заполнить заявление по постановке на учет БВС.
3. Проверить заявление соседа.

Постановка на учет БВС

С 29 декабря 2020 владельцы беспилотных гражданских воздушных судов могут получить услугу по государственному учету БВС в электронной форме с использованием «Единого портала государственных услуг» или Портала учета воздушных судов.

Учету согласно Правилам государственного учета БВС, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 25.05.2019 № 658 подлежат гражданские БВС с максимальной взлетной массой от 0,15 килограмма до 30 килограммов, сверхлёгкие пилотируемые гражданские воздушные суда с массой конструкции 115 килограммов и менее, ввезенные в Российскую Федерацию или произведенные в Российской Федерации.

Для постановки БВС на государственный учет владелец БВС представляет заявление о постановке БВС на государственный учет с приложением фотографии этого БВС любым из следующих способов:

1. Через Единый портал государственных услуг (<https://www.gosuslugi.ru>).
2. Через Портал учета воздушных судов (<https://bvs.favt.ru>).
3. Почтовым отправлением.

На конверте письма должен быть указан: адресат Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация) 125167, г. Москва, Ленинградский проспект, д. 37, корп. 2. На конверте сделайте отметку «учет БВС».

Конверт с заявлением можно передать самостоятельно или через курьерскую службу в экспедицию Росавиации, которая находится в здании Росавиации, на конверте сделать отметку «учет БВС».

В соответствии с Правилами государственного учета БВС заявления о постановке БВС на учет, направленные по электронной почте или через общественную приемную Росавиации не рассматриваются.

Предоставление государственной услуги осуществляется в срок не превышающий 10 рабочих дней со дня представления заявления о предоставлении государственной услуги.

В срок, не более 3 рабочих дней со дня формирования учетной записи (отказа в постановке на учет) или внесения изменений (отказа во внесении изменений) в учетную запись, или снятия БВС с учета Заявителю направляется соответствующее уведомление в форме электронного документа на электронную почту Заявителя.

Заявление должно содержать в себе следующие сведения:

1. Информацию о воздушном судне: тип, серийный (идентификационный) номер, количество двигателей и их вид, максимальную взлетную массу в килограммах, наименование изготовителя.

2. Информацию о владельце (физическом лице): Ф.И.О., дата и место рождения, СНИЛС, номер серия и дата выдачи документа удостоверяющего личность, номер телефона, адрес электронной почты.

3. Приложение с фотографиями БВС.

Требования к фотографии БВС.

Фотография БВС должна быть цветной на светлом однотонном фоне. Размер БВС, изображенного на фото, должен занимать не менее 70% от общего размера снимка и содержать изображение всех элементов конструкции БВС. Ракурс съемки, должен обеспечивать отображение всей видимой площади БВС, позволяющий провести его идентификацию.

Требования к нанесению учётного опознавательного знака на элементы конструкции беспилотного воздушного судна.

В соответствии с приказом Минтранса от 25.01.2023 № 18, на гражданское БВС учетный опознавательный знак должен наноситься (дублироваться) на следующие его части при их наличии в конкретном типе беспилотного гражданского воздушного судна: верхняя и нижняя поверхности крыла (обоих консолей), боковые поверхности фюзеляжа, верхняя и нижняя поверхности стабилизатора, киль, луч крепления двигателя мультироторного воздушного судна, обтекатели или иные капотирующие элементы беспилотного гражданского воздушного судна вертолетного типа.

Высота шрифта учетного опознавательного знака беспилотного гражданского воздушного судна не должна составлять менее 5 мм. Не допускается использовать шрифты с орнаментами, в виде курсива или с засечками, затрудняющими распознавание учетного опознавательного знака. При нанесении учетного опознавательного знака на беспилотное гражданское воздушное судно должна обеспечиваться контрастность с фоном частей беспилотного гражданского воздушного судна путем нанесения цветным шрифтом либо путем гравировки номера на малоразмерных элементах конструкции.

Одновременное нанесение на гражданское воздушное судно опознавательных знаков разных государств не допускается.

Государственный и регистрационный опознавательные знаки должны быть удалены владельцем воздушного судна после исключения данных о гражданском воздушном судне из Государственного реестра гражданских воздушных судов Российской Федерации.

ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ УПРАЖНЕНИЙ ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Вводное обучение

В режиме обучения вы должны изучить основные принципы управления БВС. Последовательно выполняйте указания, появляющиеся в верхней части экрана.

В начальном обучении необходимо изучить азы пилотирования любых БВС, взлёт и посадка, повороты и вращения. Научиться выполнять базовые действия для управления дроном. Стрелка показывает направление куда необходимо двигаться, при выполнении упражнения. Следующем шагом необходимо пролететь через все кольца, размещенные на маршруте. Необходимое кольцо подсвечивается голубым цветом. По завершению, обучения появится результат, который не должен превышать установленные нормативы (Приложение 1). После выполнения норматива в данном упражнении переходите к выполнению следующих задач.

Манёвр «полёт по кругу»

Упражнение на отработку манёвра «полёт по кругу». Совершите 3 манёвра по следующим фигурам:

- большой круг (радиус 7,5 м);
- средний круг (радиус 5 м);
- малый круг (радиус 2,5 м).

Манёвр «полёт по кругу» необходимо выполнять, следуя заданной траекторией, в случае вылета из допустимых отклонений на экране появится предупреждение и упражнение необходимо начать заново. При успешном пролёте круг уменьшит диаметр, Вам необходимо выполнить упражнение по всем заданным траекториям, после чего появится окно об успешном выполнении. Данное упражнение необходимо выполнить сначала в виде от первого лица, а затем от третьего лица с земли. В зачёт идёт оба пролёта, при условии выполнения норматива (приложение 1).

Манёвр «спиральная змейка»

Упражнение на отработку манёвра «спиральная змейка» необходимо выполнять, следуя заданной траекторией, в случае вылета из допустимых отклонений на экране появится предупреждение и упражнение необходимо начать заново. При успешном пролёте появится окно об успешном выполнении. Данное упражнение необходимо выполнить сначала в виде от первого лица, а затем от третьего лица с земли. В зачёт идёт оба пролёта, при условии выполнения норматива (приложение 1).

Поиск объекта

В данном упражнении Вам необходимо выработать тактику для обследования территории для поиска объектов. Для выполнения задания и фиксации затраченного на него времени нужно обнаружить все объекты (при каждом запуске месторасположение объектов меняется). Количество найденных целей фиксируется внизу в центре экрана. При подлёте к объекту его можно обнаружить обычной курсовой камерой. Успешное обнаружение сопровождается текстовым сообщением и изменением счёта на табло обнаруженных объектов.

В тренажёре реализовано два режима тепловизора. Для включения тепловизора нажмите клавишу «Т» (латинская раскладка). Для обнаружения объекта необходимо лететь над лесом и дождаться появления небольшой точки на камере тепловизора. При приближении точка будет увеличиваться.

Упражнение выполняется на всех доступных картах в виде от первого лица. При использовании тепловизора, время фиксируется отдельно, нормативы указаны в приложении 1.

Режимы облета объектов завода

Выполняя данное упражнение следуйте инструкциям на экране. Полёт выполняется в виде от первого лица. Для обследования объекта в этом режиме необходимо подлететь к объекту и видеть его в камеру и удерживать в поле зрения до завершения процедуры обследования, точка засчитывается, когда полностью заполнится индикатор «глаз». Время на выполнение задания, приведенное в нормативе (приложение 1).

Слежение за объектом

В данном режиме в интерфейсе летательного аппарата отображаются дополнительные датчики. Это расстояние до объекта, рамка захвата объекта и шкала выполнения задания.

Для заполнения шкалы необходимо удерживать объект в поле фиксации. Если всё выполнено верно, рамка вокруг объекта станет зелёной и шкала начнёт заполняться. При потере объекта цвет рамки изменится на красный, и шкала прогресса начнёт убывать.

В верхней части рамки есть текстовый статус. «Цель в прямой зоне видимости» — значит, что шкала прогресса заполняется. «Цель вне поля фиксирования» — значит, что объект потерян и нужно снова зафиксировать его в поле зрения.

При успешном выполнении задания выйдет соответствующее уведомление и затраченное время. Упражнение выполняется на всех доступных картах в виде от первого лица за время, отведённое в приложении 1.

Гонка по точкам

В этом режиме необходимо облететь все кольца, размещенные в локации. В верхней части экрана отображается время, затраченное на гонку.

Чтобы кольцо засчиталось нужно пролететь внутри него. У кольца отображается его порядковый номер, количество оставшихся колец (шлюзов) и расстояние до него.

После прохождения гонки можно добавить себя в рейтинг. Упражнение выполняется на всех доступных картах в виде от первого лица и от 3-го лица на карте “ангар” и “спортивный зал”. Упражнение должны быть выполнены за отведённое время (Приложении 1).

Повышение навыков пилотирования

После успешной сдачи всех упражнений необходимо продолжать совершенствовать навыки. Для этого необходимо сокращать время выполнения упражнения, а также выполнить все приведенные выше упражнения в других режимах и пилотированию с применением шлемов FPV.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аккумуляторные батареи. // Геоскан Пионер. Документация URL: <https://docs.geoscan.ru/pioneer/database/const-module/battery/battery.html> (дата обращения: 30.04.2024 г.)
2. Визуальное пилотирование. // Геоскан Пионер. Документация URL: <https://docs.geoscan.ru/pioneer/database/pilot-module/pilot-1part.html> (дата обращения: 30.04.2024 г.)
3. Полетный контроллер. // Геоскан Пионер. Документация URL: <https://docs.geoscan.ru/pioneer/database/const-module/flightcon/flightcon.html> (дата обращения: 30.04.2024 г.)
4. Классификация БПЛА по летным характеристикам// Геоскан Пионер. Документация URL: <https://docs.geoscan.ru/pioneer/database/const-module/classification/classification.html#uvs-international> (дата обращения: 30.04.2024 г.)
5. Рамы и защитные конструкции. // Геоскан Пионер. Документация URL: <https://docs.geoscan.ru/pioneer/database/const-module/frame/frame.html#id2> (дата обращения: 30.04.2024 г.)

Нормативы тренажерной практики

№	НАЗВАНИЕ УПРАЖНЕНИЯ	ВРЕМЯ ВЫПОЛНЕНИЯ	ЛОКАЦИЯ	ОБЗОР	ТИП БВС	ПРИМЕЧАНИЕ
1.	Вводное обучение	4 мин	Ангар	От 1-го лица	DJI Mavic 2 PRO	
2.	Манёвр «полёт по кругу»	1 мин 30 с	Ангар	От 1-го лица	DJI Mavic 2 PRO	
		3 мин 30 с	Ангар	От 3-го лица		

3.	Манёвр «спиральная змейка»	4 мин	Ангар	От 1-го лица	DJI Mavic 2 PRO	
		3 мин				
4.	Поиск объекта	40 с	Ангар	От 1-го лица	DJI Mavic 2 PRO	
		1 мин 15 с	Стадион			
		9 мин	Аэропорт			
		10 мин	Город			
		12 мин	Лес			
		1 мин 30 с	Нефтеперерабатывающий завод			
5.	Режимы облета объектов завода	3 мин	Нефтеперерабатывающий завод	От 1-го лица	DJI Mavic 2 PRO	Облет ЛЭП. Осмотр трубопровода. Осмотр факельных установок. Фиксация нарушений. Забор пробы воды

6.	Слежение за объектом	40 с	Ангар	От 1-го лица	DJI Mavic 2 PRO
		40 с	Стадион		
		7 мин	Аэропорт		
		4 мин	Город		
		1 мин 10 с	Лес		
7.	Гонка по точкам	50 с – DJI; 20 с – PRO (режим “Астро”)	Ангар	От 1-го лица и от 3-го лица	DJI DJI Mavic 2 PRO PRO CX-91 F450 Syma X5 Mark4 DIATONE Roma F7 FPV
		2 мин 30 с – DJI; 1 мин 20 с – PRO (режим “Астро”)	Стадион		
		2 мин 30 с – DJI; 2 мин 30 с – PRO (режим “Астро”)	Аэропорт	От 1-го лица	
		5 мин – DJI; 40 с – PRO (режим “Астро”)	Город		
		1 мин 10 с – DJI; 30 с – PRO (режим “Астро”)	Лес		
		1 мин – DJI; 30 с – PRO (режим “Астро”)	Нефтеперерабатыва ющий завод	От 1-го лица и от 3-го лица	
		1 мин – DJI; 30 с – PRO (режим “Астро”)	Спортивный зал		

Требования к оформлению отчетов по практике.

Формат страницы: А4 (210x297 мм), ориентация книжная, все поля 20 мм.

Заголовки: шрифт – Times New Roman, размер (кегель) – 14, полужирное начертание, выравнивание по центру, абзацный отступ – 0 см, межстрочный интервал – одинарный.

Пример заголовка:

Заголовок

Формат текста: шрифт обычного текста: Times New Roman, размер (кегель) – 14, выравнивание по ширине, абзацный отступ – 1,25 мм, межстрочный интервал – одинарный.

Пример текста:

Пример.

Формулы набираются в редакторе совместимом с Word.

Рисунки и таблицы должны иметь номер, название и ссылку в тексте, например,

«...Внешний пилот во время полета должен постоянно смотреть на БВС. Пример обучения представлен на рис. 1...»

Подпись к рисунку (располагается под рисунком, выравнивание по центру). Пример подписи рисунка:



Рис. 1. Процесс обучения внешнего пилота

«...сводные данные за 2017 год указаны в таблице 2...»

Таблица 2 (выравнивание по правому краю)

Название таблицы:

Сводные данные за 2022 год (выравнивание по центру)

Пример подписи таблицы:

Таблица 1

Сводные данные за 2024 год

--	--	--	--

Формулы должны иметь номер и, при необходимости, ссылку в тексте.

В тексте отчета ссылки на источники даются в квадратных скобках, ссылки на источники располагаются в порядке их упоминания в статье и описываются строго в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Структура отчета:

Титульный лист – 1 лист

Введение – 0,5-1 лист

Отчет по теме N – до 20 страниц

Заключение – не более 1 листа

Список использованных источников до 2 страниц.

Во введении необходимо указать цели и задачи практики. В отчетах по темам кратко изложить основные положения, что запомнилось, какое оборудование использовали, какие задания выполняли, что изучали. В заключении нужно подвести итоги за семестр (цели достигнуты, задачи выполнены).

Примеры оформления библиографического списка:

Описание статьи из журнала:

1. **Чащин В. П., Гудков А. Б., Попова О. Н., Одланд И. О., Ковшов А. А.** Характеристика основных факторов риска нарушений здоровья населения, проживающего на территориях активного природопользования в Арктике // Экология человека. - 2014. - N1. - С. 3-12.
2. **Конторович А. Э., Коржубаев А. Г., Эдер Л. В.** Прогноз глобального энергообеспечения: методология, количественные оценки, практические выводы [Электронный ресурс] // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление: сетевой журн. - 2006. - N5. - URL: <http://www.vipstd.ru/gim/content/view/90/278/> (дата обращения: 22.05.2012).
3. **Раскина Т. А., Пирогова О. А., Зобнина О. В., Пинтова Г. А.** Показатели системы остеокластогенеза у мужчин с различными клиническими вариантами анкилозирующего спондилита // Современная ревматология. - 2015. - Т. 9, N2. - С. 23-27. DOI: 10.14412/1996-7012-2015-2-23-27
4. **Терещенко Ю. В.** Трактовка основных показателей вариабельности ритма сердца // Материалы межрегиональной конференции «Новые медицинские технологии на службе первичного звена здравоохранения», Омск, 10–11 апреля, 2010. - С. 3–11.
5. **Абдурахманов Г.М., Лопатин И.К.** Основы зоологии и зоогеографии. Москва: Академия, 2001. - 496 с.
6. **Иванова А. Е.** Проблемы смертности в регионах Центрального федерального округа [Электронный ресурс] / Социальные аспекты здоровья населения. 2008. N2. URL: <http://vestnik.mednet.ru/content/view54/30/> (дата обращения: 15.08.2008).
7. ГОСТ 8.586.5–2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. М.: Стандартинформ, 2007. - 143 с.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

Кафедра

Аэродинамика, конструкция и прочность летательных аппаратов

ОТЧЕТ ПО ПРАКТИКЕ

Б2.ОП.У.1 Учебная 1. Эксплуатационная практика. БАС тип I

*Направление подготовки: 25.03.03 – Аэронавигация;
квалификация – бакалавр*

Отчет составил студент

____-го курса МФ (бакалавриат)
группы БАС ____

(Ф.И.О.)

Шифр _____

Моб. тел.: _____
« ____ » _____ 20__ г.

Проверил - руководитель практики

(Ф.И.О.)

(оценка)

(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

Москва 20__г.

Приложение 3

В Федеральное агентство
воздушного транспорта

ЗАЯВЛЕНИЕ

Прошу поставить на учет беспилотное воздушное судно.

Информация о воздушном судне	
Тип (наименование)	
Серийный (идентификационный) номер	
Количество двигателей и их вид	
Максимальная взлетная масса (кг)	
Наименование изготовителя	
Владелец (физическое лицо)	
Фамилия, имя, отчество (при наличии)	
Дата и место рождения	
СНИЛС	
Номер, серия и дата выдачи документа, удостоверяющего личность	
Адрес места жительства	
Номер телефона (телефакса)	
Адрес электронной почты	

Приложение: фотография беспилотного воздушного судна

В соответствии с частью 4 статьи 9 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных», в целях получения государственной услуги по учету БВС, даю согласие Федеральному агентству воздушного транспорта на обработку моих персональных данных, содержащихся в настоящем заявлении, включая сбор, запись, систематизацию, накопление, хранение, уточнение (обновление, изменение), использование, обезличивание, блокирование, удаление и уничтожение.

Настоящее согласие действует со дня его подписания до дня предоставления соответствующего отзыва в письменной форме.

«__» _____ 20__ г.

Владелец _____
подпись

Фамилия И.О.