

**Проект автопилота «Мозголёт - Navigator»**  
(оно же в стартовом названии «Flying Brain»)

**Руководство пользователя**  
**Версия 1.2**

Редакция от 16.01.2013г

## Оглавление

1. Начальная прошивка или обновление программного обеспечения
  - 1.1. обновление прошивки платы автопилота
  - 1.2. обновление прошивки модуля СТДАПП
2. Общая схема электрических соединений при установке на борт самолета
3. Подключение и распиновка модуля СТДАПП
  - 3.1. Подключение СТДАПП к плате АП
  - 3.2. Подача питания на модуль СТДАПП
  - 3.3. Дискретные PPM входа от приемника
  - 3.4. Комплексный SUMPPM и S-BUS (Futaba) вход от приемника
  - 3.5. Подключение различных внешних датчиков и объектов мониторинга напряжения
    - 3.5.1. подключение дополнительных батарей и прочие зарезервированные входа АЦП (ADC)
    - 3.5.2. Подключение датчика воздушной скорости, датчика RSSI и датчика тока ходовой батареи
  - 3.6. Подключение сервоприводов и регулятора хода на PWM выхода
  - 3.7. Установка платы СТДАПП внутрь самолета
4. Подключение, установка и распиновка платы автопилота
  - 4.1. Подключение платы АП к РС хосту
  - 4.2. Схема запитки платы АП
  - 4.3. Подключение видео и аудио от видео-передатчика
  - 4.4. Подключение интегрированного GPG модуля
  - 4.5. Назначение кнопок и светодиодов на плате АП
  - 4.6. Установка платы АП внутрь самолета
  - 4.7. Прочие вещи, которые необходимо знать при проектировании размещения АП внутри самолета и не только
5. Работа с настройкой параметров системы АП и СТДАПП через консоль персонального компьютера
  - 5.1. Как это работает и что нужно для подключения платы АП к своему ПК или ноутбуку
  - 5.2. Принцип работы в командной строке
  - 5.3. Вызов справки по командам
  - 5.4. Просмотр текущей версии ПО, загруженной в плату АП
  - 5.5. Общий список команд, доступных в консоли
  - 5.6. Сброс всех настроек в дефолтное состояние по умолчанию
  - 5.7. Начальная калибровка искусственного горизонта и проверка качества его работы
    - 5.7.1. Проверка работы гироскопа и его калибровка
    - 5.7.2. Проверка работы акселерометра
    - 5.7.3. Проверка работы компаса и его калибровка
    - 5.7.4. Проверка работы бародатчика высоты
    - 5.7.5. Проверка работы качества AHRS
    - 5.7.6. ЕКФ

- 5.8. Сохранение текущих настроек в долговременной, энергонезависимой флеш памяти АП
- 5.9. Настройка параметров OSD для правильной работы со своей видеокамерой
- 5.10. Переключение АП в режим присутствия СТДАПП
- 5.11. Выбор режима входных каналов. PPM дискретные, SUMPPM или S-BUS
- 5.12. Настройка правильной работы PPM входов и PWM выходов
  - 5.12.1. Настройка входных рулевых и сервисных каналов
  - 5.12.2. Настройка выходных каналов на сервоприводы
  - 5.12.3. Сброс и сохранение настроек входных и выходных каналов
  - 5.12.4. Начальный сброс и настройка миксеров выходных воздействий
- 5.13. Калибровка и мониторинг исходных данных АЦП на датчиках, подключенных к СТДАПП
  - 5.13.1. Мониторинг показаний датчиков
  - 5.13.2. Калибровка показаний датчиков напряжений на батареях питания
  - 5.13.3. Калибровка показаний датчиков напряжений RSSI и воздушной скорости
  - 5.13.4. Калибровка показаний датчика тока и расчета израсходованной емкости ходовой батареи
  - 5.13.5. Задание минимальных и максимальных характеристик аккумуляторных батарей
- 5.14. Настройка летных параметров стабилизатора
  - 5.14.1. Настройка правильных входных и выходных рулевых реверсов
  - 5.14.2. Настройка чувствительности руления и торможения
  - 5.14.3. Настройка максимально допустимых параметров крена и тангажа
  - 5.14.4. Разблокировка газа
  - 5.14.5. Задание референсного нулевого положения перед полетом
  - 5.14.6. Работа детектора взлета и падения
- 5.15. Настройка летных параметров навигатора
  - 5.15.1. Основные принципы алгоритмов навигации
  - 5.15.2. Настройка параметров разворотов
  - 5.15.3. Настройка параметров удержания курса
  - 5.15.4. Настройка параметров отслеживания высоты
  - 5.15.5. Настройка параметров аварийной посадки
  - 5.15.6. Настройка параметров допустимой скорости
  - 5.15.7. Настройка детектора аварийного положения тела самолета в пространстве
- 5.16. Возврат на базу. Полет по маршрутному заданию
- 5.17. Полетные логи «Черный ящик»
  - 5.17.1. Активация/Запрет полетных логов
  - 5.17.2. Просмотр, экспорт логов в Excel
  - 5.17.3. Формат записи полетных логов и что они означают
- 5.18. Прочие команды управления параметрами АП и СТДАП

- 5.19. Пример быстрой настройки аппаратуры АП для самолета типа Skywalker с нуля.
- 5.20. Общие рекомендации для исследования влияния различных параметров на поведение модели самолета в воздухе.

# 1. Начальная прошивка или обновление программного обеспечения

Итак мы держим в руках две платы проекта: автопилот и СТДАПП (модуль для стандартных аппаратур). Нам необходимо их оживить. Для этого нам потребуется одна батарея от 5 до 18 вольт (самый удобный вариант 3S – LiPo), стандартный USB кабель USB-Mini и компьютер с Windows. Весь необходимый софт и программы скачиваются с сайта проекта из раздела DOWNLOADS.

## 1.1 Обновление прошивки платы автопилота

В первую очередь нам необходимо прошить плату АП. Для этого нам потребуется следующий софт:

- Текущая прошивка АП в hex формате.
- Утилита DfuSe Demo.

На сайте DfuSe Demo представлена для 32-ух и 64-ех битных Windows платформ, качайте правильную под себя. На сайте производителя ST.COM периодически появляются обновления.

Запускаем установку DfuSe. После установки у вас появятся два приложения в пути c:\Program Files\STMicroelectronics\Software\DfuSe\BIN\

- DfuSeDemo.exe
- DfuFileMgr.exe

Иногда при установке DfuSe ругается на русские буквы в путях ярлыков. Внимание на это не обращаем.

Теперь нам необходимо запустить плату АП в режиме загрузки ПО через USB. Делается это так:

- Жмем на плате кнопку TS1 и держим ее
- Не отпуская кнопку, включаем USB кабель

После этого Windows должна обнаружить DfuSe устройство и попросит драйвера. Если автоматически драйвера не встали, то укажите местонахождение драйверов как c:\Program Files\STMicroelectronics\Software\DfuSe\Driver\ либо другое, если вы делали установку в путях не по умолчанию. После этого драйвера встанут и устройство готово к работе.

После установки драйверов запускаем файл DfuFileMgr.exe Поскольку прошивалка хочет прошивку в некотором своем преобразованном формате, а не в чистом HEX, то необходимо сначала сконвертировать ту прошивку, которую вы скачали с сайта в нужный формат для Dfu. Для этого и служит утилита DfuFileMgr.exe. Она преобразует HEX в DFU. После запуска видим диалог, в котором выбираем опцию по умолчанию: I want to GENERATE DFU file from S19,

HEX or BIN files. Жмем <ОК>, попадаем в следующий диалог. Теперь выбираем файл для преобразования. Жмем кнопку “S19 or Hex..”. Выбираем файл со скачанной прошивкой (при необходимости в выпадающем списке указываем, что хотим \*.hex файлы). Затем указываем имя конечного файла на выходе преобразования с расширением \*.dfu. Далее жмем кнопку “Generate”. На все диалоги с предупреждениями соглашаемся. В результате видим надпись об успешном преобразовании. Теперь у нас есть файл прошивки с расширением DFU. Он нам потребуется на следующем этапе.

Полученный файл DFU нам необходимо залить на плату АП. (Если к этому моменту плата АП не введена в режим программирования, то вводим ее в этот режим при помощи удержания кнопки TS1 и передергивания USB разъема) Запускаем DfuSeDemo.exe. Если драйвера вы поставили правильно и плата АП исправна, то в окне программы вы увидите выбранное устройство «STM Device in DFU Mode». Это говорит о том, что плата АП готова к перепрошивке. В секции «Upgrade or Verify Action» жмем кнопку «Choose..» и выбираем наш \*.dfu файл, полученный на предыдущем этапе. Если выскочит предупреждение о совместимости, соглашаемся на Upgrade все равно. Включаем галочку «Verify After Download». Далее жмем кнопку «Upgrade». Наблюдаем индикатор перепрошивки. И наконец сообщение об успешном ее завершении. Закрываем программу DFU, она нам больше не нужна, так как прошивка уже обновлена. USB кабель выключаем из компьютера. Далее мы можем запустить саму прошивку АП, для этого достаточно воткнуть еще раз USB, но на этот раз кнопку TS1 не нажимаем. Как перейти в консоль, описано в разделе 5.

## 1.2 обновление прошивки модуля СТДАПП

Для обновления прошивки СТДАПП нам потребуется батарея для подачи питания на модуль СТДАПП. Шлейф для соединения модуля и платы АП, USB кабель.

Сначала соединяем модуль и АП 6-и пиновым шлейфом. (В отличие от стандартного режима работы связки модуль-АП, шлейф нужен именно 6-и пиновый.) Далее подаем питание на разъем модуля. Не следует путать плюс с минусом. Минус на плате обозначен символом «GND». Если питание подано успешно, то с платы модуля питание будет подано так же и на плату АП, о чем сигнализируют светодиоды на плате АП.

Теперь нам необходимо подключить USB кабель в АП и в компьютер. Если плата АП исправна, то Windows должен найти новое устройство Virtual Com Port For STM32. Драйвера для этого устройства можно скачать на сайте производителя или на сайте проекта. Для 32-ух битных платформ скачиваем [VCP\\_V1.3.1\\_Setup.exe](#) и устанавливаем. При необходимости еще раз передергиваем USB кабель. После этого Windows найдет драйвера и установит автоматически. Если все же этого не происходит, то указываем местонахождение драйверов в ручную как c:\Program

Files\STMicroelectronics\Software\Virtual COM Port Driver\. После этого ОС должна найти и поставить драйвера.

Если драйвера виртуального COM порта встали нормально, то в системе появится новый COM порт из верхнего диапазона. Вам необходимо посмотреть его номер в списке системных устройств и оборудования. Предположим новый порт встал как COM18. Далее нам необходимо заставить плату АП работать в качестве аппаратного преобразователя USB-COM для платы модуля. Для этого сначала подключаемся любой программой для работы с COM портом в режиме терминала и открыть наш новый порт COM18. В качестве программы консоли можно скачать с сайта проекта XShell4.

Открываем свою консольную программу и настраиваем соединение с COM18. Подключаемся к COM18 и нажимаем <Enter>. Должны увидеть приглашение в виде стрелки и мигающего курсора:

=>

Далее набираем команду DFU и ждем <Enter>. При правильно работающем модуле должны увидеть следующую картину:

=>dfu

DFU Mode activated, close console and start DFU Utility

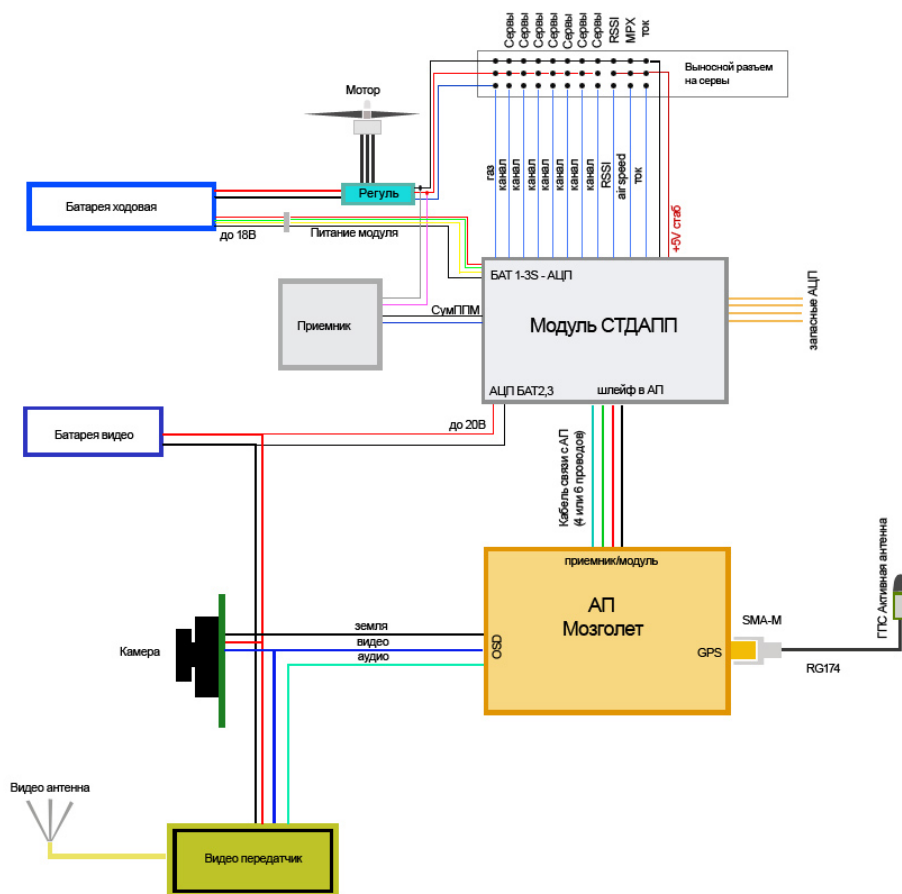
Далее отключаемся от COM18 соединения путем нажатия Disconnect в консоли, либо просто закрываем окно консоли.

Теперь нам необходима программа для прошивания STM32 микроконтроллеров через COM порт. Называется она STMicroelectronics flash loader.exe и находится в архиве [stm32-stm8\\_flash\\_loader\\_demo-2.5.0.zip](#), который можно скачать с сайта проекта. После установки в путях c:\Program Files\STMicroelectronics\Software\Flash Loader Demonstrator\ вы обнаружите STMicroelectronics flash loader.exe. Запускаем его. Выбираем свой COM18(или другой ваш номер!) порт. Скорость 19200 (с другими скоростями поэкспериментируете самостоятельно), Parity Even, Echo disabled, timeout 10. Жмем кнопку <Next>. Если все хорошо и микроконтроллер нашего модуля доступен, то вы увидите следующую страницу с надписью “Target is readable” и размер флеш памяти своего устройства: 128 либо 64к в зависимости от типа МК на вашем модуле. Жмем кнопку <Next>. Видим диалог с перечисленными страницами доступной памяти. Жмем кнопку <Next>. Далее мы видим диалог с возможными действиями. Нам нужно программирование. Для этого ставим точку напротив “Download to Device”, указываем путь к hex-файлу прошивки модуля и ставим точку рядом с “Erase necessary space”. Жмем кнопку <Next> и наблюдаем процесс до момента успешного завершения. Все, мы прошили наш СТДАПП. Закрываем Flash Loader Demonstrator. Отключаем USB, отключаем питание модуля.

Далее мы можем приступить к начальной настройке параметров АП и модуля. Все это делается через команды консоли платы АП. Об этом читайте в соответствующих разделах.

## 2. Общая схема электрических соединений при установке на борт самолета

Для инсталляции модуля и АП в ваш носитель, можно воспользоваться общей схемой электрических соединений, представленной на рисунке ниже.



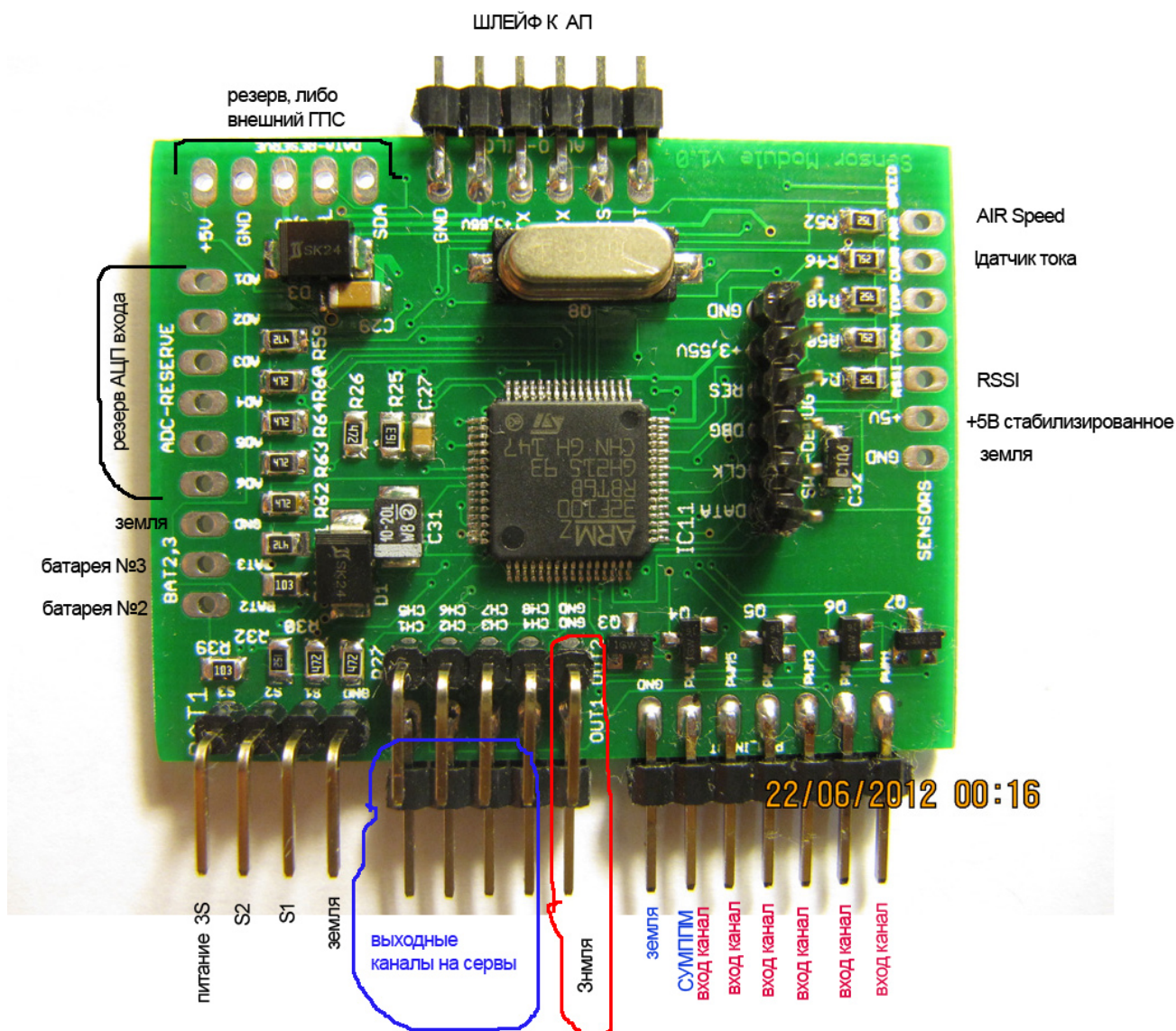
Красные провода на схеме – это шины питания. Черные провода – общие шины «земля».

Схема рассчитана на запитку от ходовой батареи. Дополнительно две батареи могут быть подключены в качестве источников, которые необходимо контролировать. Все сервы запитываются от 3-х пинового разъема регулятора входа, при этом +5В регулятора на плату СТДАПП не попадают! Сигналы PPM с приемника подаются на PPM входа СТДАПП. А уже с модуля подаются на сервы и регулятор входа. На СТДАПП предусмотрено 6 каналов для дискретных PPM входов, либо СУМППМ. Для выхода предусмотрено 8 PPM каналов. Управление назначением каналов и их программное разветвление осуществляется через консоль АП.



### 3. Подключение и распиновка модуля СТАПП

Общая схема распиновки представлена ниже на рисунке.



#### 3.1 Подключение СТАПП к плате АП

Первоначально модуль СТАПП соединяется с АП через шлейф из 6 проводов. Провода соединяют одноименные пины. На стороне АП это: GND, +3.55V, TX, RX, RES, BOOT. Со стороны СТАПП это пины: GND, +3.55V, AP\_TX, AP\_RX, RESET, BOOT-M. Все 6 проводов используются только, если необходимо обновить программное обеспечение модуля. В противном случае достаточно соединить только 4 провода: GND, +3.55V, TX, RX. На рисунке разъем для связи с АП показан сверху.

#### 3.2 Подача питания на модуль СТАПП

Далее на модуль СТДАПП заводится питание от ходовой батареи. Конструктивно разъем предполагает подключение 3S батареи и её балансировочного разъема. При наличии батареи большего напряжения, необходимо сделать разъемный переход. При этом черный провод батареи подключать на пин GND (пин №1), а красный провод подключать на пин S3( №4) того же разъема. Этот разъем на картинке модуля слева внизу. Пин S3 допускает входное напряжение до 18В. Пин S2 допускает входное напряжение до 11В, пин S1 допускает входное напряжение до 6,5В.

### **3.3 Дискретные PPM входа от приемника**

Для подключения сигналов с приемника служит разъем расположенный справа. Он имеет 6 входных пинов и GND. PPM сигналы с приемника подключаются на PPM входа, как обозначено на картинке. Входной уровень PPM сигналов допускается от 1 до 6В. Логическое сопоставление номера канала приемника и номера входного пина, конечного значения не имеет. Можете подключать как попало. Назначение номеров входов и логической интерпретации воздействия производится через консоль АП. Питание на приемник подается с разъемного перехода, куда подключается разъем от регулятора хода. Далее с разъема регулятора хода +5В попадает на приемник и на исполнительные сервы.

### **3.4 Комплексный SUMPPM и S-BUS (Futaba) вход от приемника**

Один из входов (рядом с GND) является комбинированным и может принимать как стандартный PPM канал, так и СУМППМ сигнал. Переключение режимов данного входа задается из консоли АП.

SUMPPM – принимается на пин, помеченный как PWM6 (шестой пин справа). Для подключения S-BUS от Futaba необходимо использовать вход на модуле, помеченный как PWM2 (второй пин справа).

### **3.5 Подключение различных внешних датчиков и объектов мониторинга напряжения**

#### **3.5.1 Подключение дополнительных батарей и прочие зарезервированные входа АЦП (ADC)**

Модуль позволяет мониторить напряжение на дополнительных двух батареях. Для этого используется длинный разъем с левой стороны. Нижние три пина на картинке слева: BAT2, BAT3, GND используются для подачи напряжения с дополнительных батарей. Остальные пины разъема зарезервированы под будущие нужды. Пины BAT2,3 допускают входное напряжение до 25В. Остальные пины этого разъема делят входное напряжение в соотношении  $\frac{1}{2}$ , поэтому максимально допускают входное напряжение до 6,5В.

### **3.5.2 Подключение датчика воздушной скорости, датчика RSSI и датчика тока ходовой батареи**

Для считывания показаний датчиков тока, воздушной скорости и RSSI используется разъем с правой стороны. Задействуются пины: GND, +5V, RSSI, CURRENT, AIR\_SPEED. Два пина в середине остаются пустыми. +5V является стабилизированным выходом питания и может подаваться на нагрузку до 100мА. Например он может быть использован для запитки датчика воздушной скорости. Вход RSSI буферизирован через ОУ, остальные входы не буферизированы. Все АЦП входы этого разъема делят входное напряжение в соотношении 1/2, поэтому подавать напряжение на них более 6,5В запрещено.

### **3.6 Подключение сервоприводов и регулятора хода на PWM выхода**

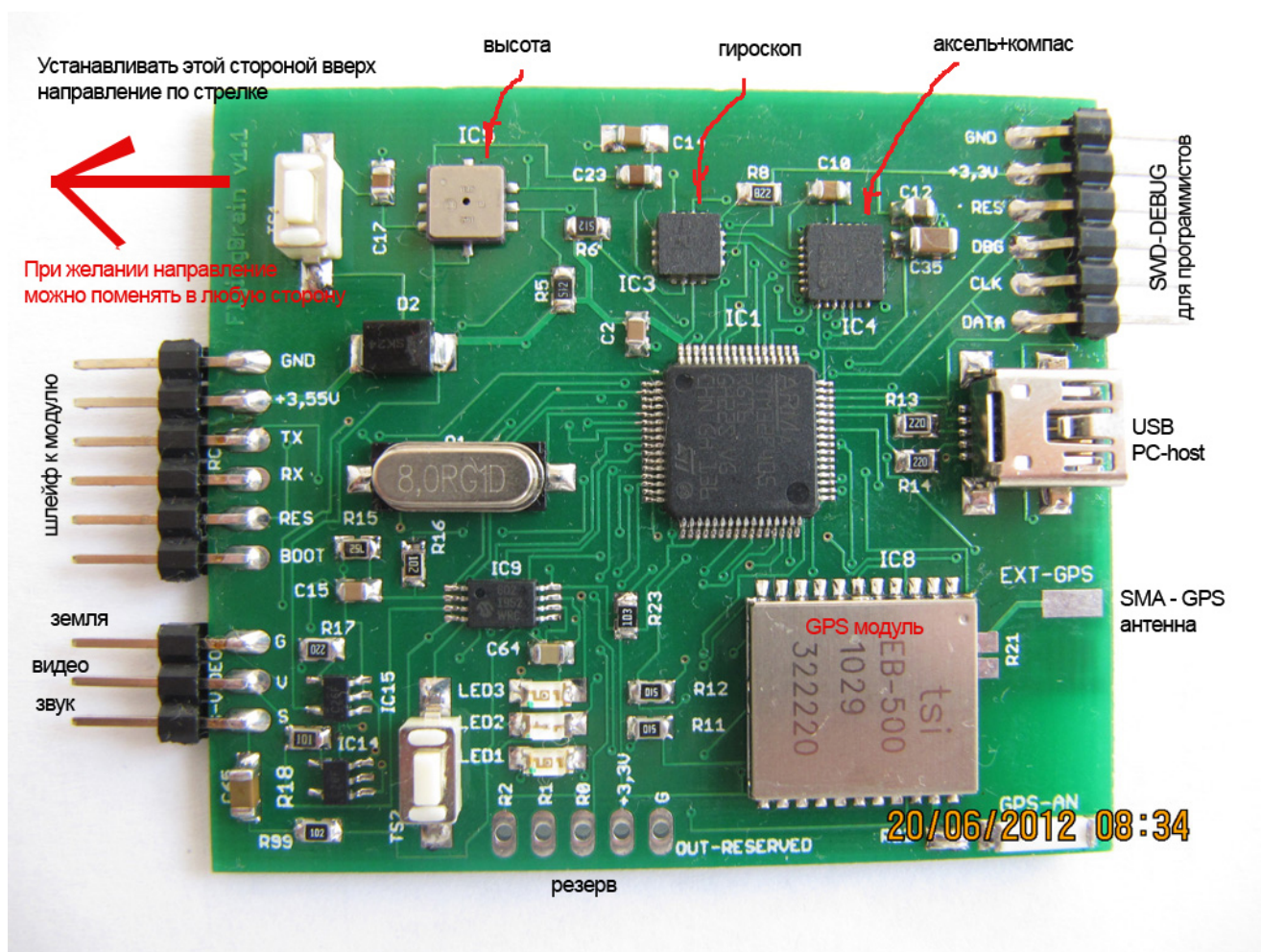
Все сервоприводы, включая регулятор хода подключаются на два средних снизу разъема. Каждый ряд содержит 4 управляющих сигнала и один GND. Сервы подключаются через разъемный переход (собирается самостоятельно, либо используется, тот, который в комплекте). Управляющее воздействие 3.3В, что достаточно для уровня серв. Категорически запрещается подавать на эти пины, какие-либо источники напряжения по избежанию конфликтов входных и выходных токов. Логика номера выходного канала и подбора правильного действия рулевых поверхностей на этапе начальной установки не имеет. Любые каналы конфигурируются в консоли АП программно. Предполагается, что питание серв будет подано с регулятора хода напрямую (разъемный переход в комплекте это предполагает), поэтому ввод +5В от регулятора на плату СТДАПП не предполагается.

### **3.7 Установка платы СТДАПП внутрь самолета**

Вариант установки платы модуля СТДАПП внутри самолета не предполагает существенных ограничений. Не имеет никакого значения ни наклон, ни вертикально-горизонтальное расположение. Единственное условие – это обеспечение изоляции от случайных замыканий и ЭМС. Все остальное – на усмотрение пилота. При необходимости можно нарастить любые шлейфы и провода. Особых требований за исключением обеспечения ЭМС конкретной модели не накладывается.

## 4. Подключение, установка и распиновка платы автопилота

Распиновка платы АП представлена на рисунке ниже.



В плату АП подключается модуль СТДАПП, либо специализированный приемник проекта. Кроме того, имеется разъем для подключения композитного видео и снятия звука. Имеется разъем для подключения GPS антенны и USB для связи с ПК.

### 4.1 Подключение платы АП к PC хосту

Для подключения АП к ПК хосту используется USB кабель с mini-usb типом разъема. Подключение не требует дополнительного источника питания платы АП. Все необходимое питание АП берет с USB разъема, при этом запитка СТДАПП **НЕ ПРОИСХОДИТ!!!** Для запитки СТДАПП необходимо иметь и использовать отдельную батарею. В то же время плата АП может взять питание от СТДАПП. При одновременном питании от СТДАПП и USB плата АП будет работать от USB питания. При этом при выдергивании USB разъема переход на питание от СТДАПП происходит автоматически и внутреннего сброса АП не происходит. Это надо иметь ввиду при передергивании USB с целью сброса состояния самого USB соединения.



При первичном подключении АП с прошивкой через USB, ПК найдет устройство STM32 Virtual Comport. Вам необходимо установить драйвера, которые можно скачать с сайта проекта, либо с сайта производителя ST.COM. На сайте проекта необходимые драйвера для WindowsXP находятся в разделе Download и называются [VCP\\_V1.3.1\\_Setup.exe](#). После установки драйверов и переподключения USB ПК найдет драйвера и установит. Если же этого не происходит, необходимо вручную указать путь, откуда брать драйвера. Обычно после установки по умолчанию это будет путь c:\Program Files\STMicroelectronics\Software\Virtual COM Port Driver\. После этого ОС должна найти и поставить драйвера.

Если драйвера виртуального COM порта встали нормально, то в системе появится новый COM порт из верхнего диапазона. Вам необходимо посмотреть его номер в списке системных устройств и оборудования. Предположим новый порт встал как COM18. Далее нам необходимо подключиться к консоли АП. Для этого сначала подключаемся любой программой для работы с COM портом в режиме терминала и открываем наш новый порт COM18. В качестве программы консоли можно скачать с сайта проекта XShell4.

Открываем свою консольную программу и настраиваем соединение с COM18. Подключаемся к COM18 и нажимаем <Enter>. Должны увидеть приглашение в виде стрелки и мигающего курсора:

=>

Дальнейшие действия и команды описаны в разделе 5

## **4.2 Схема запитки платы АП**

Запитывание платы АП может происходить либо от СТДАПП модуля, либо от USB. Второй вариант наиболее актуален при работе в связке с ПК. Первый вариант – используется во время полетов и других тестов. Для запитки по каналу разъема СТДАПП необходимо подавать строго 3.5 – 3.6 В. Превышать нельзя, делать меньше не желательно. При превышении, паленый МК и пара датчиков гарантированы, а при пониженном питании вероятно неустойчивая работа I2C шины MEMS датчиков. При одновременном питании от двух вариантов потребление будет происходить от USB. При этом при отключении USB АП автоматически переходит на питание от СТДАПП. Поэтому для обеспечения общего сброса необходимо обесточить как СТДАПП так и АП.

## **4.3 Подключение видео и аудио от видео-передатчика**

Подача композитного видео сигнала с камеры должна производиться на левый нижний разъем. Наложение OSD осуществляется аддитивным методом, поэтому видео вход одновременно является и выходом. То есть, сигнал видео должен соединяться с камерой, АП и передатчиком по схеме «ЗВЕЗДА».

Кроме того, камера не должна снимать постоянную составляющую с видео сигнала. То есть, камеры с разделительным конденсатором на выходе, работать не будут, синхронизация с них не распознаётся.

Аудио выход берется с того же разъема с крайнего пина. Подается на прямую в видео передатчик, либо на смеситель с другим звуком.

#### **4.4 Подключение интегрированного GPS модуля**

На плате АП присутствует интегрированный GPS модуль. Он может быть использован как с пассивной антенной так и с активной. Пассивная керамическая антенна уже присутствует на плате, поэтому не требует дополнительных манипуляций. Однако не всегда пассивная антенна может найти спутники и перейти в режим слежения. Мощный видео передатчик может являться причиной неудовлетворительной работы GPS с пассивной керамической антенной. В таком случае решение проблемы – приобретение и использование активной GPS антенны. Подходит любая с SMA-Male разъемом. Интегрированный GPS модуль автоматически подает питание на активную антенну без дополнительных конструктивных доработок. Разъем SMA-Female для подключения активной GPS антенны на плате уже предусмотрен и установлен.

После подачи питания, индикатором работы GPS является зеленый светодиод Led1. Если он горит, значит спутники не найдены. Если он мигает, значит спутники найдены и модуль перешел в режим «слежение». Не стоит искать GPS в глубине комнаты, положите устройство на окно и подождите. С керамической пассивной антенной ждать захвата можно более 5 минут. С активной антенной захват происходит, как правило, в течение 1 мин.

#### **4.5 Назначение кнопок и светодиодов на плате АП**

Для управления на плате АП предусмотрено 2 кнопки.

Кнопка TS1 – используется для ввода платы АП в состояние апгрейда прошивки МК. Для перехода в режим программирования необходимо нажать кнопку и, не отпуская ее, вставить USB кабель от ПК. Подробно об обновлении прошивок написано в разделе 1.

Кнопка TS2 – используется для установки всех настроек в состояние по умолчанию. Для этого необходимо нажать TS2 и, удерживая ее, подать питание на плату АП любым способом. Кнопка удерживается, пока не начнет мигать красный светодиод. После этого кнопку можно отпустить. Все настройки сброшены. Дальнейшие действия по сохранению дефолтных настроек пользователь предпринимает сам через командную консоль АП.

Светодиод LED1 (зеленый) – состояние GPS. Горит – нет захвата, идет поиск спутников. Мигает – есть захват, идет «слежение».

Светодиод LED2 (желтый) – обнаружение и тест датчиков, либо статус обнаружения GPS модуля. Если после сброса горит, то произошла ошибка тестирования датчиков. Если погас и через несколько секунд загорелся, то GPS

модуль найден и установлена коммуникация. Если замигал в процессе работы, то произошел останов по причине сбоя I2C шины.

Светодиод LED3 (красный) – состояние коммуникации с СТДАПП модулем. Горит – модуль не найден, либо обрыв связи с модулем. Не горит – модуль найден, идет обмен пакетами. Мигает – связь USB активирована, идет обмен по USB с ПК, при этом связь с СТДАПП не индицируется (светодиод может гореть и при нормальной связи с СТДАПП). До обнаружения GPS модуля после системного сброса LED3 горит.

#### **4.6 Установка платы АП внутрь самолета**

При установке платы АП внутрь самолета необходимо руководствоваться следующими правилами:

- Та сторона платы, куда указывает красная стрелка на рисунке, должна смотреть в сторону носа самолета.
- Та сторона, на которой установлен МК, должна смотреть вверх(в небо), по ходу полета самолета.
- При установке допускаются небольшие разумные крены в ту или иную сторону. Крены балансируются в последствии программно через консоль или сбросом референсного положения перед взлетом.
- Поскольку на плате есть компас, который чувствителен к сильным магнитным полям, то рекомендуется располагать плату АП внутри фюзеляжа подальше от мотора, в котором присутствуют магниты.

#### **4.7 Прочие вещи, которые необходимо знать при проектировании размещения АП внутри самолета и не только**

Кроме того, рекомендуется принимать во внимание:

- Толстые провода, в которых текут большие токи, могут запросто быть источником магнитных помех для компаса.
- У некоторых самолетов магниты присутствуют не только в моторе, но и в креплениях крышек отсеков.
- Рекомендуется принять меры для защиты оголенных частей платы АП, от случайных замыканий и прикосновений любых других незапланированных оголенных проводов или разъемов. В противном случае пшик и дым гарантирован.
- С обратной стороны USB разъема находится стабилизатор, который греется при подключенном USB. Категорически не рекомендуется лишать эту маленькую трехногую микросхему естественной вентиляции при работе от USB. Обычно такое происходит на диване, когда включили USB, бросили на диван и забыли. Оставляйте щель для вентиляции этой микросхемы. При помещении АП в термоусадку прорежьте для нее дырку, пусть она имеет возможность охлаждаться, многого ей не надо.

- Настраивать и калибровать компас не всегда возможно в некоторых, на первый взгляд идеальных помещениях. Не факт, что у вас дома или на работе магнитная обстановка хорошая.
- Не стоит помещать плату АП в вакуумный отсек на самолете. Высотомер-барометр хочет видеть атмосферное давление, а не как вы умеете создавать вакуум вокруг платы АП. Не стоит так же закрывать дырку барометра термоусадкой, прорежьте в этом месте аккуратную маленькую дырочку.
- Не стоит помещать плату в упор регулятора хода либо прислонять к батарее. АП немного нагревается естественным образом от МК и GPS модуля, но не стоит греть его дополнительно. Кроме того, это может сбить с толку термометр внутри барометра.
- Математический алгоритм IMU АП обладает некоторым запасом виброустойчивости, которого достаточно почти для всех тяжелых случаев «грамотного» сетапа самолета и несбалансированных ходовых винтов. Однако не стоит пренебрегать виброизоляцией, если конструктивно это возможно и несущественно затрудняет сетап. В любом случае первый облет должен совершаться максимально внимательно на достаточной высоте и под визуальным контролем пилота, чтобы иметь возможность перехватить ручное управление при отказе искусственного горизонта.
- Наличие АП на борту самолета не отменяет наличия мозга у пилота. Перед любым дальним рейсом, сразу после взлета необходимо проверить работу автовозврата и только после этого, рассчитав и приняв во внимание, куда дует ветер и хватит ли самолету сил вернуться, лететь за пределы зоны визуального контроля.



## **5. Работа с настройкой параметров системы АП и СТДАПП через консоль персонального компьютера**

Все основные настройки и манипуляции параметрами системы можно производить, используя текстовую консоль, подключенную к СОМ порту ПК. АП содержит множество настроек. Рекомендуем внимательно прочитать эту главу и тщательно настроить аппаратуру перед первым полетом.

### **5.1 Как это работает и что нужно для подключения платы АП к своему ПК или ноутбуку**

Для того, чтобы управлять настройками и параметрами АП необходимо иметь MINI-USB кабель и ПК с ОС Windows. Подключите кабель одним концом в ПК, а другим концом в АП. Если ОС сообщает о новом найденном оборудовании, то необходимо установить драйвер виртуального СОМ порта для STM32. как это сделать, описано в разделе 1.

Если драйвер установлен, то необходимо определить номер СОМ порта, который появился в результате подключения АП. Далее необходимо воспользоваться любой программой, которая позволяет работать с СОМ портом в терминальном режиме. В самом простом случае, в составе ОС всегда есть HyperTerminal. На сайте проекта можно скачать программу XShell, она так же позволяет подключаться к СОМ порту в терминальном режиме.

После подключения к СОМ порту необходимо нажать клавишу «ENTER». Если все работает исправно, то вы увидите ответ АП в виде символа =>

Это означает, что вы можете приступить к изучению и настройке АП.

### **5.2 Принцип работы в командной строке**

Принцип работы в консоли, основан на вводе текстовых команд с некоторыми параметрами. В ответ АП отвечает текстом, сообщая о произведенных действиях или об ошибках. В процессе набора команд работает клавиша «backspace» для стирания последнего введенного символа. Стрелки не распознаются. После завершения ввода команды необходимо нажимать «Enter». Интерпретатор консольных команд не распознает верхний и нижний регистр, поэтому нет никакой разницы в заглавных и прописных буквах. Допускается ввод только латинских букв, цифр и спецсимволов. Кириллица не распознается.

### **5.3 Вызов справки по командам**

Команда **HELP**

После ввода данной команды на экране будет распечатан краткий справочник по всем доступным командам в консоли на данный момент.

## 5.4 Просмотр текущей версии ПО, загруженной в плату АП

### Команда VER

После ввода данной команды на экране распечатываются текущие версии ПО платы АП и, если подключен, модуля СТДАПП.

## 5.5 Общий список команд, доступных в консоли

Общий список команд, который доступен из консоли, следующий:

HELP	Распечатка списка доступных команд
VER	Вывод версий текущих прошивок
UPTIME	Вывод текущего времени от подачи питания на АП
CAL GYRO	Калибровка гироскопа
CAL MAG	Старт калибровки компаса
CAL MAG_SAVE	Завершение калибровки компаса, вычисление параметров калибровки
SAVE REF	Сохранение текущего пространственного положения платформы АП, как идеально горизонтального с нулевой начальной высотой
SAVE CONFIG	Запись всех настроек, переменных АП на долговременную флеш память
SAVE CONTROLS	Запись всех входных и выходных канальных настроек модуля СТДАПП на долговременную флеш память
MON ON ACCEL	Включить мониторинг сырых данных акселерометра
MON ON MAG	Включить мониторинг сырых данных с компаса
MON ON GYRO	Включить мониторинг сырых данных с гироскопа
MON ON BARO	Включить мониторинг сырых данных барометра и датчика воздушной скорости
MON ON EKF	Включить мониторинг данных текущего положения платформы по всем координатам
MON ON STAB	Включить мониторинг параметров работы стабилизатора
MON ON GPS	Включить мониторинг текущих данных, полученных от GPS модуля
MON ON PPM_INPUT	Включить мониторинг текущих данных, получаемых на входе модулем СТДАПП с приемника
MON ON ADC_VALUES	Включить мониторинг данных, получаемых на всех аналоговых датчиках СТДАПП
MON OFF	Отключить мониторинг всех режимов

CAT RCV_STAT	Статистика принятых и отправленных пакетов в СТДАПП
CAT GYRO	Выводит текущие параметры калибровки гироскопа
CAT MAG	Выводит текущие данные калибровки компаса
CAT STAB	Выводит текущие переменные настроек стабилизатора и некоторые системные переменные
CAT OSD_STAT	Выводит статистику работы OSD
CAT CONTROL IN	Выводит текущие настройки входных каналов СТДАПП
CAT CONTROL OUT	Выводит текущие настройки выходных каналов СТДАПП
CAT CONTROL MIXERS	Выводит текущие настройки модуля микширования
CAT WP	Выводит текущие установки контрольных точек полета
CAT ADC_SETTINGS	Выводит текущие параметры и коэффициенты преобразований аналоговых датчиков СТДАПП
CAT BATTERIES	Выводит текущие настройки и АЦП коэффициенты мониторинга батарей
CAT IMU	Выводит текущие коэффициенты внутренних настроек EKF алгоритма
SET <variable_name> <value>	Устанавливает новое значение <value> для переменной с именем <variable_name>
SET WP <num> <lat> <lon> <alt>	Устанавливает цель полета – широта, долгота, высота для контрольной точки с номером <num>
SET CH_IN <sn> <type> <ch_num> <min> <center> <max>	Настройка структуры интерпретации данных входных каналов
SET CH_OUT <sn> <type> <ch_num> <min> <center> <max>	Настройка структуры интерпретации данных выходных каналов
SET MIX <out_type> <base_type> <percent>	Настройка формул микширования.
PLAY <sound_number>	Проиграть в звуковой канал звуковую дорожку с номером <sound_number>
RESET CONTROL IN	Сброс всех описателей входных каналов СТДАПП в начальное нулевое состояние
RESET CONTROL OUT	Сброс всех описателей выходных каналов СТДАПП в начальное нулевое состояние
RESET CONTROL MIXERS	Сброс всех каналов микширования в исходное состояние
RESET OSD	Сброс всех настроек OSD в исходное состояние

RESET IMU	Сброс настроек ЕКФ в исходное состояние
START CURRENT_INTEG	Пуск интегрирования тока проходящего через датчик тока
LOG DIR	Анализ находящихся на флеш памяти дампов полета и вывод доступного списка логов
LOG DUMP <flight_number>	Вывод лога полета с номером <flight_number>
DFU	Переход АП в режим программирования (обновления прошивки)СТДАПП

## 5.6 Сброс всех настроек в дефолтное состояние по умолчанию

Если возникает необходимость сбросить все настройки в исходное состояние, то существует для этого аппаратная процедура.

- Отключите питание платы АП
- Нажмите и удерживайте кнопку TS2
- Подайте питание, либо вставьте USB кабель от ПК
- Держите кнопку, пока не начнет мигать LED3 (красный)
- Отпускаем кнопку. Все настройки сбрасываются в начальные.

Сброшенные настройки не прописываются на флеш память сразу, а хранятся только в оперативной памяти. Таким образом, если вы желаете сохранить дефолтные настройки после сброса, вы должны в явном виде в консоли дать команду сохранения текущих настроек **SAVE CONFIG**. Если этого не сделать, то после передергивания питания, АП откатится к предыдущим настройкам.

После обновления программного обеспечения АП, существует вероятность того, что были добавлены или удалены некоторые переменные настроек системы. В таком случае рекомендуется руководствоваться рекомендациями, сопровождающими новую версию прошивки АП, особенно, если явно указано, что появились новые переменные. Как правило, новые переменные будут содержать неверные, а зачастую и откровенно мусорные значения, если они ни разу не были явно заданы.

## 5.7 Начальная калибровка искусственного горизонта и проверка качества его работы

Перед началом эксплуатации АП необходимо произвести начальную калибровку датчиков положения в пространстве и убедиться в корректной работе искусственного горизонта. Калибровка требуется для компаса и гироскопа. Для акселерометра калибровка не требуется.

При первой настройке платы АП не лишним будет убедиться, что датчики положения вообще работоспособны. Делается это при помощи мониторинга сырых и рассчитанных данных с датчиков.

### 5.7.1 Проверка работы гироскопа и его калибровка

Для проверки работоспособности гироскопа необходимо дать команду **MON ON GYRO**. В результате на экране мы будем наблюдать данные, которые идут с гироскопа. Пример мониторинга данных гироскопа из консоли XShell:

```
Connecting to COM12...  
Connected.
```

```
=>mon on gyro
```

```
$GYRO: 00:00:39, -2.030 0.245 0.368 39104 2302 16958  
$GYRO: 00:00:39, 1.452 -0.192 0.053 39202 2300 17001  
$GYRO: 00:00:39, 1.365 0.000 -0.210 39302 2302 17044  
$GYRO: 00:00:39, -0.350 0.245 -0.123 39400 2302 17087  
$GYRO: 00:00:39, 0.262 0.245 0.228 39502 2302 17131  
$GYRO: 00:00:39, -0.525 -0.350 -1.452 39600 2302 17174  
$GYRO: 00:00:39, -0.595 -0.087 -0.980 39702 2302 17218  
$GYRO: 00:00:39, -0.490 -0.472 -1.278 39800 2302 17261  
$GYRO: 00:00:39, -0.192 0.053 -0.840 39902 2302 17305  
$GYRO: 00:00:40, -0.280 0.262 0.892 40000 2302 17348  
$GYRO: 00:00:40, -0.192 0.472 0.228 40100 2302 17391  
$GYRO: 00:00:40, -0.892 0.053 -0.613 40202 2302 17435
```

.....  
После запятой идут колонки с числами. Существенными для нас являются первые три числа (-2.030 0.245 0.368 для первой строки). Эти числа являются показателями угловых скоростей (градусы в секунду) по осях X,Y,Z. Для проверки работы гироскопа последовательно вращаем плату в плоскости одной из осей и наблюдаем правильное изменение показателей. При этом при вращении в одну сторону значение будет со знаком плюс, а в другую со знаком минус. Таким образом, последовательно проверяем все три оси гироскопа. Если все три оси реагируют на вращение, значит гироскоп - работоспособен. Останавливаем мониторинг данных командой **MON OFF**. Теперь его необходимо откалибровать.

Для калибровки гироскопа необходимо:

- Положить плату на неподвижную поверхность
- Дать команду в консоли **CAL GYRO**
- В течение нескольких секунд не прикасаться к плате АП и не создавать вибраций
- Дождаться появления на экране коэффициентов калибровки.
- Сохранить калибровку командой **SAVE CONFIG**

Калибровку гироскопа можно проводить любое кол-во раз до тех пор, пока работа искусственного горизонта не станет удовлетворительной.

Пример калибровки гироскопа:

```
=>cal gyro
=>Gyro calibrated:
bias_X= 54
bias_Y= 26
bias_Z= -7
=>
```

### 5.7.2 Проверка работы акселерометра

Для проверки работоспособности компаса необходимо дать команду **MON ON ACCEL**. В результате на экране мы будем наблюдать данные, которые идут с акселерометра. Пример мониторинга данных акселерометра из консоли XShell:

```
=>mon on accel
$ACCEL: 01:09:03, -0.012 0.010 -0.928 96 -80 7600 4143816 20016 212461
$ACCEL: 01:09:03, 0.014 -0.027 -0.967 -112 224 7920 4143912 18348 212466
$ACCEL: 01:09:04, 0.008 -0.016 -0.979 -64 128 8016 4144010 19182 212471
$ACCEL: 01:09:04, 0.008 0.014 -0.984 -64 -112 8064 4144108 19182 212476
$ACCEL: 01:09:04, 0.004 -0.025 -0.979 -32 208 8016 4144206 19182 212481
$ACCEL: 01:09:04, 0.014 -0.012 -0.992 -112 96 8128 4144304 20016 212486
$ACCEL: 01:09:04, 0.012 -0.027 -0.980 -96 224 8032 4144400 18348 212491
$ACCEL: 01:09:04, -0.000 -0.018 -0.992 0 144 8128 4144498 19182 212496
$ACCEL: 01:09:04, 0.010 -0.023 -0.992 -80 192 8128 4144616 19182 212502
$ACCEL: 01:09:04, 0.004 -0.018 -0.992 -32 144 8128 4144714 20850 212507
$ACCEL: 01:09:04, -0.000 -0.014 -0.979 0 112 8016 4144810 19182 212512
$ACCEL: 01:09:04, -0.000 -0.023 -0.961 0 192 7872 4144910 20850 212517
$ACCEL: 01:09:05, 0.004 0.002 -0.975 -32 -16 7984 4145006 20016 212522
$ACCEL: 01:09:05, -0.000 -0.023 -0.977 0 192 8000 4145104 19182 212527
$ACCEL: 01:09:05, 0.014 -0.023 -0.971 -112 192 7952 4145202 20850 212532
.....
```

После запятой идут колонки с числами. Существенными для нас являются первые три числа (-0.012 0.010 -0.928 для первой строки). Эти числа являются показателями ускорения свободного падения по осям X,Y,Z в м/с<sup>2</sup>. В данном случае плата расположена горизонтальна. Ось Z направлена вверх, поэтому по осям X,Y мы получаем значения близкие к нулю, а по оси Z значение близкое к 1G = 9.8 м/с<sup>2</sup>. Для проверки необходимо располагать попеременно оси акселерометра в направлении ускорения свободного падения. В результате мы должны видеть, что каждая из осей способна регистрировать значение 1G. Если хотя бы одна из осей не способна показывать значение в +/- 1G, то это свидетельствует о неисправности акселерометра.

Исправный акселерометр не требует калибровки.

### 5.7.3 Проверка работы компаса и его калибровка

Для проверки работоспособности компаса необходимо дать команду **MON ON MAG**. В результате на экране мы будем наблюдать данные, которые идут с магнетометра. Пример мониторинга данных магнетометра из консоли XShell:

```
Connecting to COM12...  
Connected.
```

```
=>mon on mag
```

```
$MAG: 00:00:16, 0.131 0.374 -0.918 55 177 -387 16652 0 1441  
$MAG: 00:00:16, 0.132 0.367 -0.921 64 178 -402 16768 0 1450  
$MAG: 00:00:16, 0.133 0.376 -0.917 63 178 -391 16862 0 1458  
$MAG: 00:00:16, 0.130 0.377 -0.917 61 177 -388 16966 0 1467  
$MAG: 00:00:17, 0.138 0.378 -0.916 57 175 -390 17036 0 1475  
$MAG: 00:00:17, 0.146 0.365 -0.919 62 173 -392 17150 0 1484  
$MAG: 00:00:17, 0.126 0.353 -0.927 58 172 -387 17254 0 1493  
$MAG: 00:00:17, 0.133 0.386 -0.913 63 182 -388 17356 0 1502  
$MAG: 00:00:17, 0.119 0.381 -0.917 56 179 -388 17460 0 1510  
$MAG: 00:00:17, 0.117 0.369 -0.922 55 174 -391 17566 0 1519  
$MAG: 00:00:17, 0.138 0.379 -0.915 65 179 -389 17670 35862 1527  
$MAG: 00:00:17, 0.128 0.385 -0.914 61 183 -391 17774 34194 1536  
$MAG: 00:00:17, 0.138 0.371 -0.918 65 175 -390 17876 33360 1545  
$MAG: 00:00:17, 0.137 0.360 -0.923 58 177 -391 17946 0 1553  
$MAG: 00:00:18, 0.144 0.373 -0.917 60 174 -391 18052 0 1562
```

```
=>
```

```
.....
```

После запятой идут колонки с цифрами. Существенными для нас являются первые три числа (0.131 0.374 -0.918 для первой строки). Эти числа являются показателями силы магнитного поля по осям X,Y,Z в гауссах. При вращении платы в разных плоскостях эти числа должны меняться. Основная проверка сводится к тому, чтобы числа менялись, а не были, например, нулевыми. Выход показаний в неразумные диапазоны (например, более единицы), может считаться аномальным поведением датчика

Компас необходимо калибровать. Для калибровки компаса необходимо:

- Дать команду в консоли **CAL MAG**
- После этого наблюдаем максимальные и минимальные показания трех осей компаса.

- Тщательно вращаем плату во всех плоскостях, при этом на экране меняются значения минимальных и максимальных показателей. Вращением платы занимаемся до тех пор, пока значения не перестанут меняться.
- Дать команду **CAL MAG\_SAVE** Эта команда остановит процесс калибровки и рассчитает поправочные коэффициенты центровки осей магнетометра.
- Для сохранения калибровки компаса дать команду **SAVE CONFIG**

В результате калибровки на экран будут выведены коэффициенты калибровки по трем осям компаса. Необходимость перекалибровки компаса определяется пользователем индивидуально, исходя из субъективных критериев – хорошо или плохо работает компас при вращении платы АП по курсу.

При калибровке необходимо иметь ввиду, что не в любом помещении магнитная обстановка позволяет откалибровать компас. Если после калибровки положение по курсу скачет, не повторяет углы и не может успокоиться на одном месте, то все говорит о том, что помещение не совсем подходит для такой операции и необходимо выйти на улицу или найти другое помещение.

После установки платы АП в носитель, необходимость перекалибровки компаса вновь может возникнуть. Это связано с тем, что на борту самолета присутствуют магниты и протекают довольно большие токи.

Ограничений на кол-во калибровок компаса не существует.

#### 5.7.4 Проверка работы бародатчика высоты

Для проверки работоспособности высотомера необходимо дать команду **MON ON BARO**. В результате на экране мы будем наблюдать данные, которые идут с бародатчика. Пример мониторинга данных бародатчика из консоли XShell:

```
=>mon on baro
$BARO: 00:00:15, 28.031 191.982 99040.180 126.679 34194 449
$BARO: 00:00:15, 28.043 191.694 99043.563 126.682 34194 452
$BARO: 00:00:16, 28.037 192.003 99039.930 126.679 33360 455
$BARO: 00:00:16, 28.037 192.003 99039.930 126.682 36696 458
$BARO: 00:00:16, 28.031 191.816 99042.117 126.678 38364 460
$BARO: 00:00:16, 28.037 191.776 99042.641 126.679 35028 463
$BARO: 00:00:16, 28.037 191.544 99045.352 126.677 37530 466
$BARO: 00:00:16, 28.031 191.755 99042.891 126.678 34194 469
$BARO: 00:00:16, 28.025 192.194 99037.734 126.680 37530 472
$BARO: 00:00:16, 28.025 191.766 99042.758 126.675 34194 475
$BARO: 00:00:16, 28.025 191.599 99044.703 126.677 34194 477
$BARO: 00:00:16, 28.001 192.402 99035.227 126.676 36696 480
$BARO: 00:00:17, 28.013 191.819 99042.094 126.676 34194 483
$BARO: 00:00:17, 28.025 191.501 99045.859 126.674 39198 486
```



\$BARO: 00:00:17, 28.025 191.826 99041.992 126.676 34194 489

\$BARO: 00:00:17, 28.001 191.943 99040.648 126.675 35028 492

После запятой идут колонки с цифрами. Существенными для нас являются первые четыре числа (28.031 191.982 99040.180 126.679 для первой строки). Первое число – температура в Цельсиях (внутри датчика). Второе число – вычисленная высота над уровнем моря в метрах. Не пытайтесь эту высоту сопоставить с реальной, так как не обязательно что она совпадет с реальностью – это нормально. Третье число – текущее абсолютное давление а паскалях. Четвертое число – вычисленная воздушная скорость – может показывать ерунду, если датчик воздушной скорости не подключен (как в нашем случае).

Для проверки возьмите плату в руку и переместите ее с минимальной высоты на максимальную, на сколько позволяет USB кабель. Показания высоты должны меняться. Если это происходит, то высотомер работает нормально. При подключенном (и правильно настроенном) датчике воздушной скорости можно подуть в трубку и проверить как изменяется воздушная скорость.

Особой процедуры калибровки бародатчика высоты не существует.

### 5.7.5 Проверка работы качества AHRS

После проверки и калибровки датчика нам необходимо проверить и настроить искусственный горизонт. Для проверки горизонта необходимо положить плату на стол горизонтально. Затем дать команду сохранить референсное положение нулевого горизонта и тангажа **SAVE REF**

```
=>save ref
```

```
Current Reference Position:
```

```
Accel_X=-0.023438
```

```
Accel_Y=-0.054688
```

```
Accel_Z=-1.003906
```

```
Mag_X=0.192710
```

```
Mag_Y=-0.075708
```

```
Mag_Z=-0.978331
```

```
Baro_alt=193.488434
```

```
=>
```

Теперь запускаем мониторинг углов положения платы в пространстве **MON ON EKF**

```
=>mon on ekf
```

```
$EKF: 00:16:06, r=-0.311 p=-0.438 y=5.957 t=87 rr=-0.073 rp=0.685 ry=-0.434
```

```
$EKF: 00:16:06, r=-0.291 p=-0.417 y=5.907 t=86 rr=-0.243 rp=0.034 ry=0.263
```

```
$EKF: 00:16:06, r=-0.253 p=-0.435 y=5.807 t=25 rr=0.192 rp=1.422 ry=-0.213
```

\$EKF: 00:16:06, r=-0.284 p=-0.433 y=5.793 t=26 rr=0.173 rp=0.352 ry=-0.313  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.242 p=-0.435 y=5.769 t=25 rr=-0.522 rp=0.121 ry=0.350  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.276 p=-0.431 y=5.753 t=25 rr=-0.362 rp=0.224 ry=0.771  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.261 p=-0.385 y=5.746 t=87 rr=0.036 rp=0.910 ry=0.074  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.290 p=-0.384 y=5.775 t=25 rr=-0.050 rp=0.225 ry=0.439  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.318 p=-0.392 y=5.847 t=26 rr=-0.051 rp=0.524 ry=0.231  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.302 p=-0.382 y=5.848 t=87 rr=0.078 rp=-0.672 ry=1.274  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.360 p=-0.365 y=5.849 t=25 rr=-0.045 rp=-1.861 ry=0.276  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.403 p=-0.408 y=5.861 t=25 rr=-1.100 rp=0.592 ry=0.407  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.382 p=-0.374 y=5.813 t=25 rr=0.791 rp=0.154 ry=0.526  
\$EKF: 00:16:07, r=-0.397 p=-0.364 y=5.818 t=27 rr=0.084 rp=0.284 ry=-0.610  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.341 p=-0.382 y=5.775 t=87 rr=-0.928 rp=0.176 ry=-0.121  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.343 p=-0.337 y=5.783 t=25 rr=-0.442 rp=0.652 ry=-0.696  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.350 p=-0.340 y=5.764 t=25 rr=0.578 rp=-0.035 ry=-0.000  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.330 p=-0.350 y=5.786 t=87 rr=-0.282 rp=0.404 ry=-0.295  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.331 p=-0.360 y=5.801 t=25 rr=0.659 rp=-0.152 ry=-0.946  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.357 p=-0.344 y=5.794 t=25 rr=-0.122 rp=-0.106 ry=0.157  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.340 p=-0.320 y=5.748 t=87 rr=0.123 rp=-0.105 ry=0.070  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.392 p=-0.296 y=5.747 t=25 rr=0.477 rp=0.553 ry=0.967  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.400 p=-0.275 y=5.707 t=25 rr=-0.939 rp=9.882 ry=1.984  
\$EKF: 00:16:08, r=-0.449 p=-0.277 y=5.667 t=25 rr=-0.196 rp=-0.011 ry=-0.788

Колонка **r=** соответствует углу наклона в градусах. Отрицательные значения – наклон влево, а положительные – право.

Колонка **p=** соответствует углу тангажа в градусах. Отрицательные значения – наклон вниз, положительные – наклон вверх

Колонка **y=** соответствует углу рысканья(курс) в градусах. Отрицательные значения – от нуля по часовой стрелке, положительные – от нуля против часовой стрелки.

Перемещая и поворачивая плату по разным углам и направлениям необходимо оценить насколько устойчиво работают все три показателя. При неустойчивой работе необходимо перекалибровкой гироскопа и компаса добиться приемлемого результата. Одним из вариантов проверки является отклонение платы на некоторые заданные углы и оставление ее в покое на несколько часов. Если после этого все три показателя не уплывают, то результат можно считать приемлемым. Неудовлетворительная работа по углу рысканья связана в основном с плохо откалиброванным компасом, либо неблагоприятной магнитной обстановкой. В этом случае необходимо сменить место тестов и калибровки, например, выйти на улицу или в поле.

Показатель угла рысканья не всегда сразу встает в устойчивое положение. Отплыв на несколько градусов в течение нескольких секунд после изменения положения платы считается нормальным. Также не обязательно, что при

повороте платы на 90 градусов по транспортиру покажет 90 градусов по рыску. Скорее всего нелинейность осей компаса не даст геометрических 90 градусов, ошибка будет всегда и может достигать до 10 градусов. Это нормально, главное чтобы ошибка была статической и при одних и тех же отклонениях по курсу повторялась. Даже если вам не удастся добиться 100% результата работы по курсу, все равно летать можно. В процессе полета ошибка компаса компенсируется курсом GPS. В дальнейшем постепенно наступит понимание всех процессов и вам удастся настроить компас корректно.

*Для выявления крайних ситуаций мной были проведены тесты с практически некалиброванным компасом и постоянно кривым курсом, приходящего с компаса. Даже в этих условиях самолет будет летать и возвращаться на базу корректно, хотя курс будет держаться менее устойчиво в воздухе.*

### 5.7.6 EKF

Для вычисления положения тела в пространстве на базе показания гироскопа, акселерометра и магнетометра используется алгоритм EKF (фильтр Кальмана). Для управления внутренними настройками и качеством фильтрации существуют несколько параметров. Команда CAT IMU показывает текущие установки этих параметров.

```
=>cat imu
EKF_Proc_Variance=0.1000
EKF_Accel_Variance=100.0000
EKF_Mag_Variance=100.0000
EKF_Accel_Gravity_Cut_Off=0.3000
=>
```

EKF\_Proc\_Variance – коэффициент границы вариативного шума

EKF\_Accel\_Variance – коэффициент степени доверия к вкладу акселерометра.

Зависимость носит обратный характер. Чем меньше значение, тем больше вклад акселерометра в результат

EKF\_Mag\_Variance - коэффициент степени доверия к вкладу магнетометра.

Зависимость носит обратный характер. Чем меньше значение, тем больше вклад магнетометра в результат

EKF\_Accel\_Gravity\_Cut\_Off – средняя граница отключения корректировки по акселерометру во время действия паразитных ускорений. Данный показатель является отклонением значения модуля вектора ускорения от стандартного 1G

Для сброса всех переменных IMU в исходное состояние используется команда **RESET IMU**.

Не рекомендуется летать с измененными коэффициентами настроек EKF, если вы не понимаете зачем вы их меняете и на что это влияет.

После изменений коэффициентов и чтобы не потерять значения при передергивании питания, не забывайте сохранять все изменения командой **SAVE CONFIG**

## **5.8 Сохранение текущих настроек в долговременной, энергонезависимой флеш памяти АП**

После проведения калибровок, настроек и различных изменений переменных и для того, чтобы не потерять это все при сбросе питания, необходимо записать текущую конфигурацию в энергонезависимую flash память. Для сохранения настроек служит несколько команд:

**SAVE CONFIG** – сохраняет текущие настройки и переменные во flash память. Сохраняются все переменные, калибровки, режимы, АЦП коэффициенты и т.д. за исключением настроек входных и выходных каналов для СТДАПП.

**SAVE CONTROLS** – сохраняются только настройки структур входных и выходных каналов СТДАПП. Все остальное не сохраняется.

Сохраненные настройки и каналы автоматически считываются при подаче питания на АП. Те настройки и переменные для СТДАПП, которые хранятся на стороне АП, и при наличии СТДПП на связи автоматически пересылаются в СТДАПП и применяются там немедленно. Сам СТДАПП не имеет процедуры сохранения своих собственных параметров. За него это делает АП.

## **5.9 Настройка параметров OSD для правильной работы со своей видеокамерой**

Для настройки OSD необходимо подключить видео сигнал к АП и к монитору. Сигнал с видеокамеры должен содержать постоянную составляющую и находиться в пределах стандартов от 0 до 1В. Уровень черного в районе 0,3В. До 0,3В должны выделяться синхроимпульсы. Если вам это ни о чем не говорит, тогда подключайте то, что есть и попытайтесь работать с тем, что есть. Тип видеосигнала: PAL или NTSC - не имеет значения. Оба стандарта работают.

После подключения видеокамеры в большинстве случаев, вы просто увидите картинку OSD на экране монитора. Картинка может быть в центре, а может быть смещена. В совсем неудачном варианте картинка может мельтешить по экрану. Если картинки нет, то тоже не повод расстраиваться, возможно просто неверно настроен уровень детектора синхросигнала. Для настройки OSD можно использовать специализированные переменные для OSD. Дайте команду в консоли **CAT OSD** для распечатки текущих параметров:

```
=>cat osd  
OSD current values:
```

ODS\_Redraw\_Period=40 – период перерисовки OSD в мс  
OSD\_Top\_lines\_offset=55 – Смещение картинки по вертикали от верхней границы экрана  
OSD\_Left\_offset=700 – смещение картинки по горизонтали относительно левой стороны  
OSD\_Comp\_Voltage=40 – напряжения детектирования строчных синхроимпульсов в видео сигнале в условных единицах.  
OSD\_Resolution\_Mode=0 – текущее разрешение экрана  
OSD\_Lang=1 – переключение языка OSD  
OSD\_Show\_Horizon=1 – показывать на экране индикатор горизонта  
OSD\_Show\_Altitude=1 – показывать на экране индикатор высоты  
OSD\_Show\_Ground\_Speed=1 – показывать индикатор наземной скорости  
OSD\_Show\_Course=1 – показывать индикатор курса  
OSD\_Show\_Vario=1 – показывать вариометр  
OSD\_GPS\_Status=1 – показывать индикатор GPS, кол-во спутников  
OSD\_GPS\_Latitude=1 – показывать индикатор широты  
OSD\_GPS\_Longitude=1 – показывать индикатор долготы  
OSD\_RSSI=1 – показывать индикатор RSSI  
OSD\_Home\_Compass=1 – показывать индикатор направления на дом  
OSD\_Home\_Distance=1 – показывать индикатор расстояния до дома  
OSD\_Target\_Distance=1 – показывать индикатор расстояния до цели  
OSD\_Main\_Bat\_Volt=1 – показывать индикатор состояния главной батареи  
OSD\_Main\_Bat\_Current=1 – показывать индикатор мгновенного тока  
OSD\_Main\_Bat\_Current\_Capacity=1 – показывать индикатор израсходованной емкости батареи  
OSD\_Second\_Bat\_Volt=0 – показывать индикатор напряжения на второй батарее  
OSD\_Third\_Bat\_Volt=1 – показывать индикатор напряжения на третьей батарее  
OSD\_Flight\_Mode=1 – показывать индикатор режима полета  
OSD\_Air\_Speed=1 – показывать индикатор воздушной скорости  
OSD\_Debug\_Params=1 – показывать цифровые индикаторы положения рулей.  
OSD\_Flight\_Time=1 – показывать время полета  
OSD\_Show\_Outline\_Border=0 – показывать рамку максимального поля экрана  
OSD\_Force\_Show=0 – принудительно засветить все элементы и индикаторы OSD для настройки местоположения их на экране

=>

Для того чтобы привести состояния всех переменных OSD в исходное состояние существует команда **RESET OSD**. После ее подачи все переменные, координаты и параметры компаратора сбрасываются в исходное состояние по умолчанию. Затрагивается только OSD.

Для наших целей первичной настройки OSD нам важны основные три переменные:

OSD\_Top\_lines\_offset=55 – Смещение (центровка) картинки по вертикали от верхнего края.

OSD\_Left\_offset=700 – Смещение (центровка) картинки по горизонтали от левого края.

OSD\_Comp\_Voltage=40 – Настройка уровня компаратора для детектирования синхроимпульсов.

В первую очередь нам необходимо настроить детектирование синхроимпульсов при помощи переменной OSD\_Comp\_Voltage. Делается это путем подбора значения от 0 до 255. Подбирать необходимо методом перебора значений, с шагом 10 единиц. Как показывает практика в основном попадают камеры у которых необходимо выставить это значение либо в районе 120, либо в районе 40 единиц.

Сменить значение OSD\_Comp\_Voltage можно так:

```
=>set osd_comp_voltage 45  
OSD_Comp_Voltage=45  
=>
```

Команда **SET OSD\_COMP\_VOLTAGE 45** устанавливает новое значение в 45 единиц. Верхний или нижний регистр значения не имеет. Имя переменной и значение параметра разделяется пробелом. Изменения вступают в действие немедленно.

Предположим на каком-то этапе вы добились, что мельтишащая картинка встала, а если не появлялась совсем, то появилась. Теперь нам необходимо уточнить параметр OSD\_Comp\_Voltage более тонким подбором. Для этого необходимо найти минимальное значение OSD\_Comp\_Voltage при котором картинка приемлемая и максимальное, при котором картинка перекашивается или срывается. Затем вычислить середину диапазона и установить его для OSD\_Comp\_Voltage. При подборе финального OSD\_Comp\_Voltage необходимо оценить устойчивость символов на экране, вертикальность прямых линий и дрожание. Во время перебора OSD\_Comp\_Voltage возможно смещение картинки влево-вправо – это нормальное явление, окончательную центровку можно установить другими параметрами.

После подбора OSD\_Comp\_Voltage необходимо отцентровать картинку на экране. Делается это при помощи переменных:

OSD\_Top\_lines\_offset – смещение от верхнего края. Задаёт задержку в условных временных единицах. Приемлемые значения находятся в районе 40-60 единиц. Слишком большое или слишком маленькое значение может вызвать сбой синхронизации.

OSD\_Left\_offset – смещение от левого края. Задаёт задержку в условных временных единицах. Приемлемые значения в районе 600-800 условных единиц. Слишком большое или слишком маленькое значение может вызвать сбой синхронизации.

После настройки изображения OSD необходимо сохранить настройки командой **SAVE CONFIG**

Следующим шагом необходимо выбрать желаемое разрешение OSD. На данный момент доступны два режима

**Set OSD\_Resolution\_Mode 0** – стандартный режим по умолчанию 256x192 пиксела

**Set OSD\_Resolution\_Mode 1** – расширенный режим 384x220 пикселей

Переключение режимов можно делать на лету в любое время. Далее необходимо установить язык.

**Set OSD\_Lang 1** – включает русский язык для варианта OSD с расширенным разрешением.

**Set OSD\_Lang 0** – включает английский язык.

Далее необходимо произвести размещение графических элементов на экране. Помните, что размещать элементы на экране необходимо так, чтобы они не выходили за границы экрана. Если элемент выходит за допустимые границы, то он будет прорисовываться не полностью. Для удобства понимания границы видимой области OSD можно нажать бордюр, который покажет максимальный прямоугольник на экране, за границами которого OSD не прорисовывается.

**Set OSD\_Show\_Outline\_Border 1** – включает отрисовку максимальных границ OSD

Другим полезным режимом при настройке OSD является режим засветки всех возможных элементов вне зависимости от режима АП и наличия реального приемника.

**Set OSD\_Force\_Show 1** – засвечивает все включенные элементы OSD. При необходимости задаёт некоторые нереальные значения в расстояния, вариометр и т.д. Также автоматически включает бордюр.

**Нельзя летать с включенным OSD\_Force\_Show !** Данный режим предназначен только для настройки OSD и размещения элементов управления на экране.

После проведения всех настроек необходимо OSD\_Force\_Show отключить.

**Set OSD\_Force\_Show 0** – отключает тестовый режим засветки всех элементов OSD.

Для перемещения элементов на экране OSD используются переменный вида \*\*\*\*\*\_XY. Для каждого вида разрешения эти переменные свои и не пересекаются. То есть можно независимо настроить элементы для каждого вида разрешения OSD. Следующие переменные позволяют перемещать элементы OSD с низким разрешением (OSD\_Resolution\_Mode=0):

RSSI\_XY=0,0 – Координаты индикатора RSSI  
Main\_Bat\_XY=0,10 – Координаты индикатора основной батареи  
GPS\_Status\_XY=0,120 – координаты индикатора кол-ва GPS спутников  
Current\_XY=0,40 – координаты индикатора датчика тока  
Capacity\_XY=0,30 – координаты индикатора использованной емкости батареи  
Air\_Speed\_XY=57,93 – координаты индикатора воздушной скорости  
Dist\_To\_Target\_XY=155,26 – координаты индикатора расстояния до цели  
Home\_Indicator\_XY=70,30 – координаты индикатора указателя на базу  
Dist\_To\_Home\_XY=85,26 – координаты индикатора расстояния до базы  
Latitude\_XY=0,170 – координаты значения текущей широты  
Longitude\_XY=0,181 – координаты значения текущей долготы  
Variometer\_XY=180,93 – координаты индикатора вариометра  
Second\_Bat\_XY=0,112 – координаты индикатора второй батареи  
Third\_Bat\_XY=0,130 – координаты индикатора третьей батареи  
Start\_Mode\_XY=110,10 – координаты индикатора режима взлета

При задании командой **SET** координаты разделяются пробелом. Например так:

```
=>SET RSSI_XY 10 10  
RSSI_XY=10,10  
=>
```

Такая команда задает начало отрисовки левого верхнего угла индикатора RSSI в координатах 10 пикселей по X и 10 пикселей по Y. Угол с координатами 0,0 это левый верхний угол. Ось Y – вертикальная вниз. Ось X – горизонтальная вправо.

Координаты всех индикаторов задаются относительно левого верхнего угла. Каждый индикатор занимает некоторое кол-во пикселей как по горизонтали так и по вертикали. Учитывайте данный факт при перемещении графических элементов. Графические элементы не должны ни одной частью попадать за границы графического поля. На данный момент проверки попадания за границы экрана не производится.

В основном назначение всех индикаторов контекстуально понятно и читаемо. Однако поясним значение индикатора режима старта. Данный индикатор показывает режим предполетной подготовки и режим, в котором находится детектор падения. Варианты могут быть такие:



DIS – Disarm. Двигатель отключен, взлета не было. Устанавливается при подачи питания.

PRP – Prepare. Предполетная готовность. Устанавливается после DISARM, если до упора вывести ручку газа вверх и подождать около 3 сек.

RDY – READY. К взлету готов. Двигатель подключен. Полная готовность к взлету.

AIR – IN AIR. Сработал детектор взлета. Навигатор считает, что самолет в воздухе.

GND – Ground. Сработал детектор падения. Навигатор считает, что самолет упал. В этом режиме двигатель блокируется для всех автоматических режимов полета.

Переменные для размещения OSD с широким графическим разрешением следующие:

Adv\_Altitude\_XY=320,30 – шкала высоты (обычно справа)

Adv\_Speed\_XY=70,50 – шкала скорости (обычно слева)

Adv\_Compass\_XY=192,210 – Компас. Показывает текущий курс с учетом GPS

Adv\_Home\_Arrow\_XY=192,24 – стрелка направления полета домой. Направление домой – ВВЕРХ.

Adv\_Home\_Icon\_XY=186,1 – Иконка домика, базы. О

Adv\_Home\_Dist\_XY=200,2 – Число, расстояние до дома в метрах

Adv\_Target\_Dist\_XY=113,1 – число расстояние до целевой точки в метрах.

Adv\_RSSI\_Icon\_XY=1,1 – Графический индикатор RSSI

Adv\_RSSI\_Digit\_XY=1,14 – цифровой индикатор RSSI в %

Adv\_Main\_Bat\_XY=1,25 – Индикатор напряжения главной батареи

Adv\_Second\_Bat\_XY=1,47 – Индикатор напряжения второй батареи

Adv\_Third\_Bat\_XY=1,70 – индикатор напряжения третьей батареи

Adv\_Air\_Speed\_XY=75,48 – Индикатор текущей воздушной скорости( необходим датчик дифференциального давления)

Adv\_Current\_XY=50,33 – цифровой индикатор текущего тока на главной батарее (необходим датчик тока)

Adv\_Capacity\_XY=50,25 – цифровой индикатор израсходованной емкости аккумулятора (необходим датчик тока)

Adv\_Latitude\_XY=1,200 – географическая широта

Adv\_Longitude\_XY=1,210 – географическая долгота

Adv\_GPS\_State\_XY=60,2 – Индикатор состояния GPS спутников

Adv\_FS\_Alarm\_XY=120,40 – Сообщение – предупреждение о потере R/C связи

Adv\_AP\_Flight\_Mode\_XY=250,180 – текущий режим полета (ручной, стабилизатор, возврат и т.д.)

Adv\_AP\_Nav\_Mode\_XY=320,1 – Индикатор внутренних режимов работы навигатора во время автоматического полета

Adv\_AP\_Air\_State\_XY=250,196 – Индикатор взлета/падения. Был описан выше.

Adv\_AP\_Air\_State\_Pict\_XY=100,2 – пиктограмма индикатора взлета/падения

Adv\_Log\_Time\_XY=350,1 – время временных отсечек полета, которое пишется в логии на флеш память. Работает только при включенных логах.

Adv\_Dbg\_Params\_XY=350,10 – индикатор работы рулевых поверхностей во время автоматического полета.

Adv\_Vario\_XY=295,108 – вариометр

Adv\_Flight\_Time\_XY=260,1 – Время полета. Отсчет стартует автоматически при детектировании взлета.

Не забываем сохранять сделанные настройки командой **SAVE CONFIG**

## 5.10 Переключение АП в режим присутствия СТДАПП

Плата АП может подключаться либо к специализированному приемнику, либо к модулю СТДАПП, который эмулирует присутствие специализированного приемника. Для того, чтобы объяснить АП какой именно вариант к нему подключен используется переменная **Receiver\_Mode**. При этом значения, которые она может принимать следующие:

- Для режима работы со специализированным приемником дайте команду:  
**Set Receiver\_Mode 1**

- Для режима работы с СТДАПП дайте команду:  
**Set Receiver\_Mode 2**

После этого необходимо сохранить конфигурацию командой **SAVE CONFIG**, чтобы после передегеривания питания этот режим включался автоматически.

Для проверки текущего установленного режима используйте команду **CAT STAB**.

## 5.11 Выбор режима входных каналов. PPM дискретные, SUMPPM или S-BUS

Для СТДАПП необходимо установить режим определения входных сигналов. Существует три способа восприятия входных воздействий: дискретный PPM – все выходы приемника подаются на выделенные входы СТДАПП, комплексный SUMPPM сигнал, который содержит в себе информацию обо всех каналах сразу, S-BUS – аналог SUMPPM, но для приемников Futaba.

Для дискретного PPM предусмотрено 6 входов. Для SUMPPM предусмотрен один вход на 6-ом входном канале СТДАПП модуле. Для S-BUS используется вход на 2-ом входном канале СТДАПП модуля.

Для переключения между режимами входа используется переменная **Module\_PPM\_Input\_Mode**.

- Для переключения в режим стандартного дискретного PPM необходимо дать команду:

**SET Module\_PPM\_Input\_Mode 1**

Для SUMPPM необходимо дать команду:

### **SET Module\_PPM\_Input\_Mode 2**

В режиме SUMPPM может быть доступно до 24 каналов.

Для S-BUS необходимо дать команду:

### **SET Module\_PPM\_Input\_Mode 3**

В режиме S-BUS доступно 14 пропорциональных каналов. 2 дискретных канала DG1 и DG2 появятся на 15-ом и 16-ом канале соответственно со значениями 1200/1800. Кроме того автоматически появится failsafe на 17-ом канале (1200 – сигнал норма, 1800 – потеря связи). Дополнительно пользователи Futaba получают автоматический RSSI. АП автоматически его распознает с шины S-BUS.

Для контроля текущего выбранного режима воспользуйтесь командой **CAT STAB**

## **5.12 Настройка правильной работы PPM входов и PWM выходов**

Для мониторинга и понимания временных диапазонов каждого входного канала, а так же для сопоставления номера канала приемника и номера канала СТДАПП необходимо воспользоваться командой **MON ON PPM\_INPUT**

Например:

```
=>mon on ppm_input  
$PPM: 1500 1601 1503 1489 0 0  
$PPM: 1500 1601 1503 1489 0 0  
$PPM: 1501 1600 1501 1489 0 0  
$PPM: 1501 1600 1502 1488 0 0  
$PPM: 1501 1601 1503 1488 0 0
```

Каждое число это длина импульса в мкс в соответствующем канале. Первое число – первый канал, второе число – второй канал и т.д. Количество чисел будет соответствовать кол-ву обнаруженных каналов. Для дискретного PPM их не может быть более шести. Для SUMPPM их не может быть более 24. Цель данного мониторинга – дать пользователю возможность понять номер канала, минимальную длину импульса, максимальную длину импульса, и центральную длину импульса. Данная информация потребуется для настройки структур-описателей входных и выходных воздействий.

### 5.12.1 Настройка входных рулевых и сервисных каналов

Для настройки правильной интерпретации входных воздействий существует 24 структуры, описывающих тип и диапазон входных воздействий по входным каналам. Для просмотра текущих заданных входных настроек используйте команду **CAT CONTROL IN**

Например:

```
=>cat control in
Receiver_Mode=2
#   type  ch_N  min  center  max
0:   1     3   1160 1500 1855
1:   2     1   1136 1509 1866
2:   3     1   1136 1509 1866
3:   4     2   1176 1527 1868
4:   5     4   1155 1524 1886
5:   0     0   1000 1500 2000
6:   0     0   1000 1500 2000
7:   0     0   1000 1500 2000
8:   0     0   1000 1500 2000
9:   0     0   1000 1500 2000
10:  0     0   1000 1500 2000
11:  0     0   1000 1500 2000
12:  0     0   1000 1500 2000
13:  0     0   1000 1500 2000
14:  0     0   1000 1500 2000
15:  0     0   1000 1500 2000
16:  0     0   1000 1500 2000
17:  0     0   1000 1500 2000
18:  0     0   1000 1500 2000
19:  0     0   1000 1500 2000
20:  0     0   1000 1500 2000
21:  0     0   1000 1500 2000
22:  0     0   1000 1500 2000
23:  0     0   1000 1500 2000
=>
```

Первая колонка – номер структуры

Вторая колонка – тип входного воздействия. Типы могут быть следующие:

- 1 – газ
- 2 – правый элерон
- 3 – левый элерон
- 4 – руль высоты (элеватор)
- 5 – руль направления(рудер)
- 10 – ручной режим управления

- 11 – ассистент (стабилизатор)
- 12 – возврат на базу (return home, RTH)
- 13 – полет по точкам (way point mission, WAP)
- 14 – потеря RC управления (failsave)
- 15 – сброс готовности к взлету и отключение двигателя (DISARM)
- 16 – сброс полетного задания для выполнения его еще раз

Третья колонка – номер канала входного воздействия

Четвертая колонка – минимальное значение импульса в канале

Пятая колонка – центральное значение импульса в канале

Шестая колонка – максимальное значение импульса в канале

Для снятия реальных временных характеристик импульсов в каналах воспользуйтесь командой **MON ON PPM\_INPUT**

Прежде всего необходимо настроить рулевые каналы: газ, элероны, РВ, РН. Предположим, мы знаем, что эти воздействия приходят на каналы 1,2,3,4 и длительности импульсов 1000 – 2000 с центром 1500. Тогда необходимо дать в консоли следующие команды:

Set ch_in 0 1 1 1000 1500 2000	(газ с первого канала)
Set ch_in 1 2 2 1000 1500 2000	(элерон правый со второго канала)
Set ch_in 2 3 2 1000 1500 2000	(элерон левый со второго канала, дубль)
Set ch_in 3 4 3 1000 1500 2000	(элеватор с третьего канала)
Set ch_in 4 5 4 1000 1500 2000	(рудер с четвертого канала)

Первое число – номер задействованной структуры (0 – 23)

Второе число – тип входного воздействия. Выше описано.

Третье число – номер входного канала.

Четвертое число – минимальная длина импульса

Пятое число – середина стика в состоянии покоя

Шестое число – максимум входного импульса.

Заводить оба элерона или нет – на усмотрение пользователя. Иногда это необходимо. Реально навигатор оценивает только один – правый элерон. Левый элерон необходим для ручного режима полета.

Импульсы, выходящие за рамки заданных минимума и максимума, обрезаются по заданным значениям.

Теперь необходимо описать детекторы управляющих, сервисных режимов.

Делается это при помощи тех же команд, но типы воздействий используются сервисные, коды от 10 и выше.

Предположим что мы имеем два входных канала от переключателей на пульте. Приходят они к нам на 5-й и 6-й канал. Нам необходимо задать управляющие

воздействия при помощи этих двух каналов. На 5-ом канале мы имеем трехпозиционник со значениями PPM 1200 1500 1800. На 6-ом канале мы имеем двухпозиционник со значениями 1300 и 1800. Попытаемся задать режимы управления “ручной – стабилизатор - возврат домой – миссия” при помощи этих двух каналов. Сделаем это следующим образом:

(начинаем с 5-ой структуры, так как предыдущие 0-4 у нас уже заняты)

```
Set ch_in 5 10 5 1150 1200 1250      (5й канал, ручной режим)
Set ch_in 6 11 5 1450 1500 1550      (5й канал, режим стабилизации)
Set ch_in 7 12 5 1750 1800 1850      (5й канал, режим RTH)
Set ch_in 8 12 6 1250 1300 1350      (6й канал, режим RTH)
Set ch_in 9 13 5 1750 1800 1850      (5й канал, режим WAP)
Set ch_in 10 13 6 1750 1800 1950     (6й канал, режим WAP)
```

Обратите внимание, что для попадания в режим RTH либо WAP необходимо, чтобы были выполнены одновременно два условия.

Подобным образом можно описать все остальные управляющие воздействия. Если какой-то тип воздействия встречается два раза в цепочке задающих структур, то интерпретатор будет требовать одновременного их выполнения. Только в таком случае заданный режим будет активирован.

Пользователю необходимо обязательно настроить failsave режим и проконтролировать как он работает. С неправильной настройкой такого режима, есть риск не получить свой самолет назад при потере связи с передатчиком.

Предположим, что режим failsave определяется по уходу канала газа в диапазон 500 мкс. Тогда режим отказа управления может быть запрограммирован следующим образом:

```
Set ch_in 11 14 1 400 500 600      (1й канал ГАЗ, режим failsave)
```

Для указания, что некоторая структура не должна быть интерпретирована, необходимо в типе входного воздействия указать ноль. Например

```
Set ch_in 12 0 0 400 500 600      (отбой 12-ой структуры)
```

### 5.12.2 Настройка выходных каналов на сервоприводы

Настройка выходных осуществляется при помощи 24-х структур, задающих номер тип выходного воздействия, номера канала, минимального значения в мкс, среднего значения в мкс, и максимального значения в мкс. При помощи команды **CAT CONTROL OUT** можно посмотреть текущие настройки выходных структур. Например:

```
=>cat control out
```

Receiver\_Mode=2

#	type	ch_N	min	center	max
0:	1	1	1000	1300	2000
1:	3	2	1000	1500	2000
2:	2	3	1000	1500	2000
3:	4	4	1000	1500	2000
4:	5	5	1000	1500	2000
5:	0	0	1000	1500	2000
6:	0	0	1000	1500	2000
7:	0	0	1000	1500	2000
8:	0	0	1000	1500	2000
9:	0	0	1000	1500	2000
10:	0	0	1000	1500	2000
11:	0	0	1000	1500	2000
12:	0	0	1000	1500	2000
13:	0	0	1000	1500	2000
14:	0	0	1000	1500	2000
15:	0	0	1000	1500	2000
16:	0	0	1000	1500	2000
17:	0	0	1000	1500	2000
18:	0	0	1000	1500	2000
19:	0	0	1000	1500	2000
20:	0	0	1000	1500	2000
21:	0	0	1000	1500	2000
22:	0	0	1000	1500	2000
23:	0	0	1000	1500	2000

=>

Первая колонка – номер структуры

Вторая колонка – тип выходного воздействия:

- 1 – Газ
- 2 – правый элерон
- 3 – левый элерон
- 4 – элеватор (руль высоты)
- 5 – рудер (руль направления)
- 6 ..15 задаются и определяются микшерами.

Третья колонка – минимальное отклонение сервы в мкс

Четвертая колонка – нейтральное положение сервы в мкс

Пятая колонка – максимальное отклонение сервы в мкс.

Всего выходных каналов на СТДАПП модуле равно 8. Допускается навешивать любые выходные типы на любой номер канала, либо делать дублирование. В нашем примере каналы 1,2,3,4,5 задействованы под вывод всех пяти выходных воздействий.

### 5.12.3 Сброс и сохранение настроек входных и выходных каналов

Иногда необходимо сбросить все входные и выходные каналные структуры. Данная операция производится при помощи команд:

**RESET CONTROL IN** – сбрасывает в нулевое состояние все входные структуры управления каналами

**RESET CONTROL OUT** – сбрасывает в нулевое состояние все выходные структуры управления каналами

Для сохранения текущих заданных настроек по каналам служит команда

**SAVE CONTROLS** – сохраняет одновременно и входные и выходные настройки по каналам на флэш память. Сохранение других настроек стабилизатора при этом не происходит.

### 5.12.4 Начальный сброс и настройка миксеров выходных воздействий

Для использования навигатора не только по классической схеме (крен – тангаж – курс – газ) существует возможность создать любые комбинации смеси выходных воздействий. Данная функциональность достигается за счет активирования и настроек выходных миксеров.

Изначально все микшеры должны быть приведены в исходное состояние. Общий сброс миксеров производится командой **RESET CONTROL MIXERS**. Данная команда устанавливает все значения коэффициентов микширование в начальное состояние, соответствующее классической схеме самолетов.

Для управления микшированием используется конструктор-преобразователь базовых выходных воздействий в создаваемый новый вид выходного воздействия. Общий принцип использования миксеров состоит в том чтобы сначала, создать новый тип выходного воздействия, а затем использовать его в выходных структурах настроек каналов раздела 5.12.2

Изначально существует пять основных типов выходных воздействий:

- 1 – Газ
- 2 – правый элерон
- 3 – левый элерон
- 4 – элеватор (руль высоты)
- 5 – рудер (руль направления)

Данные воздействия являются базовыми. Они используются для смешивания с заданными весовыми коэффициентами.



Для того чтобы начать пользоваться микшированием необходимо активировать модуль микширования. Делается это через переменную **MIXERS\_ALLOWED**.

Например так:

```
=>set mixers_allowed 1
```

```
Mixers_Allowed=1
```

```
=>
```

Теперь можно дать команду CAT CONTROL MIXERS.

```
=>cat control mixers
```

```
Mixers_Allowed=1
```

```
Output MIXERS configuration:
```

```
Out Type 1 2 3 4 5
```

```
1: 100 0 0 0 0
```

```
2: 0 100 0 0 0
```

```
3: 0 0 100 0 0
```

```
4: 0 0 0 100 0
```

```
5: 0 0 0 0 100
```

```
6: 0 0 0 0 0
```

```
7: 0 0 0 0 0
```

```
8: 0 0 0 0 0
```

```
9: 0 0 0 0 0
```

```
10: 0 0 0 0 0
```

```
11: 0 0 0 0 0
```

```
12: 0 0 0 0 0
```

```
13: 0 0 0 0 0
```

```
14: 0 0 0 0 0
```

```
15: 0 0 0 0 0
```

```
=>
```

В полученной таблице мы видим 6 колонок.

1я колонка – тип получаемого выходного воздействия. Концепция всей системы такова, что первые 5 номеров являются базовыми и зарезервированы для классической схемы самолета. Поэтому программно эти виды воздействий недоступны для переназначения. Для новых типов воздействия разрешены типы с 6-ого по 15-е.

2я колонка – коэффициент вклада первого базового воздействия (газ) в получаемое выходное воздействие. Задается в % от -100% до +100%.

3я колонка – коэффициент вклада второго базового воздействия (правый элерон) в получаемое выходное воздействие. Задается в % от -100% до +100%.

4я колонка – коэффициент вклада третьего базового воздействия (левый элерон) в получаемое выходное воздействие. Задается в % от -100% до +100%.

5я колонка – коэффициент вклада четвертого базового воздействия (элеватор) в получаемое выходное воздействие. Задается в % от -100% до +100%.

бя колонка – коэффициент вклада пятого базового воздействия (рудер) в получаемое выходное воздействие. Задается в % от -100% до +100%.

Таким образом можно задать 10 новых видов выходных воздействий путем указания весовых коэффициентов базовых воздействий, которые будут попадать на выход. Например для смешивания правого элерона и элеватора в соотношении 50 на 50 необходимо дать следующую цепочку команд:

```
=>set mix 7 2 50  
OUT Type 7=+50(2)  
=>set mix 7 4 50  
OUT Type 7=+50(2)+50(4)  
=>
```

Мы видим, что мы задали новый 7й тип выходного воздействия который смешивает правый элерон и элеватор в соотношении 50 на 50. Аналогичным образом создаются любые другие новые типы выходных воздействий.

Как известно результат вычисления микшера получается в диапазоне от 0 до 1023. Если в результате вычисления получается значение меньше нуля, то оно приводится к нулю. Если значение получается более 1023, то оно приводится к 1023.

В результате вышеприведенных команд мы получили новый тип выходного воздействия – седьмой. Его можно использовать при назначении выходных каналов.

После задания всех микшеров можно сохранить конфигурацию либо командой **SAVE CONTROLS** либо командой **SAVE CONFIG**.

### **5.13 Калибровка и мониторинг исходных данных АЦП на датчиках, подключенных к СТДАПП**

Для настройки и калибровки АЦП датчиков необходимо подключить СТДАПП в составе с АП и задать режим присутствия СТДАПП. Режим присутствия СТДАПП задается через переменную настройки **Receiver\_Mode**. Посмотреть, чему она равна в данный момент можно командой **CAT STAB**. Как ее установить было описано в разделе 5.10.

Если данная переменная установлена правильно, то можно распечатать текущие настройки и калибровки АЦП датчиков модуля СТДАПП. Делается это при помощи команды **CAT ADC\_SETTINGS**.

Например так:

```
=>cat adc_settings  
MainBattery_C1=0.500
```

MainBattery\_C2=0.319  
MainBattery\_C3=0.139  
SecondBattery\_C=0.130  
ThirdBattery\_C=0.130  
AirSens\_C=0.526  
RssiSens\_C=0.380  
CurrentSens\_C=0.295  
CurrentSens\_K=-12.000  
CurrentSens\_B=30.000  
=>

MainBattery\_C1 – коэффициент деления напряжения ячейки S1 на разъеме питания

MainBattery\_C2 – коэффициент деления напряжения ячейки S2 на разъеме питания. Фактически это значение напряжения S1+S2

MainBattery\_C3 – коэффициент деления напряжения ячейки S3 на разъеме питания. Фактически это общее значение напряжения на батарее.

SecondBattery\_C – коэффициент деления напряжения пина BAT2 на разъеме дополнительных батарей.

ThirdBattery\_C – коэффициент деления напряжения пина BAT3 на разъеме дополнительных батарей.

AirSens\_C – коэффициент деления напряжения пина AIR\_SPEED на разъеме ADC датчиков.

RssiSens\_C – коэффициент деления напряжения пина RSSI на разъеме ADC датчиков.

CurrentSens\_C – коэффициент деления напряжения пина CURRENT на разъеме ADC датчиков.

### 5.13.1 Мониторинг показаний датчиков

Для мониторинга сырых данных, снимаемых с АЦП датчиков служит команда **MON ON ADC\_VALUES**

Например так:

```
=>mon on adc_values  
$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur_Used=0.00  
$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur_Used=0.00  
$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur_Used=0.00  
$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur_Used=0.00  
$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur_Used=0.00  
$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur_Used=0.00  
$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur_Used=0.00
```

\$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur\_Used=0.00  
\$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur\_Used=0.00  
\$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur\_Used=0.00  
\$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur\_Used=0.00  
\$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur\_Used=0.00  
\$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur\_Used=0.00  
\$ADC:BAT1=0.00 BAT2=0.00 BAT3=0.00 RSSI=0.00 AIR=0.00 CurV=0.00 CurI=0.00 Cur\_Used=0.00

BAT1 – напряжение пина S3 главной батареи питания

BAT2 – напряжение на второй батарее

BAT3 – напряжение на третьей батарее

(ячейки s1,s2 пока не мониторятся)

RSSI – напряжение на RSSI пине

AIR – напряжение на пине AIR\_SPEED (датчик воздушной скорости)

CurV – напряжение на пине, куда подключен датчик тока.

CurI – рассчитанный ток с учетом заданных коэффициентов.

Cur\_Used – кол-во использованной емкости батареи с учетом тока прошедшего через датчик тока. Старт интегратора тока производится командой **START CURRENT\_INTEG**.

### 5.13.2 Калибровка показаний датчиков напряжений на батареях питания

Для калибровки вам потребуется тестер(вольтметр). Измерьте напряжение на всех нужных пинах и запишите на бумагу показания вольтметра. Далее запустите мониторинг командой **MON ON ADC\_VALUES**.

Далее, подстраивая значения коэффициентов **MainBattery\_C3**, **SecondBattery\_C**, **ThirdBattery\_C** добейтесь наиболее правдивых показаний напряжений, соответствующих показаниям вольтметра. Стоит иметь ввиду – напряжение не будет гулять в пределах +/- 0.03 вольта, это нормально.

Изменять коэффициенты можно прямо на лету. Например так:

```
Set MainBattery_C3 0.2
```

```
MainBattery_C3=0.2
```

```
=>
```

С остальными коэффициентами, действуйте по аналогии. После калибровки сохраните значения на флэш память командой **SAVE CONFIG**

### 5.13.3 Калибровка показаний датчиков напряжений RSSI и воздушной скорости

Для калибровки RSSI необходимо замкнуть вход RSSI разъема с пином +5В, находящимся на том же разъеме. После этого дать команду в консоли **MON ON ADC\_VALUES**. Начнется вывод показаний датчиков на экран консоли. Нас интересует напряжение **RSSI=** “показания в вольтах”. Мы подали туда +5В, соответственно, используя параметр **RssiSens\_C** необходимо добиться, чтобы

показание RSSI равнялось +5В. Изменять значение **RssiSens\_C** можно как обычно командой **SET RssiSens\_C**.

После подбора правильного **RssiSens\_C** необходимо снять +5В с пина RSSI. Теперь подключите приемник. Аналоговый вход RSSI приемника подайте на пин RSSI разъема СТДАПП. Затем включите передатчик. Запишите на бумагу показания RSSI в вольтах для случая, когда передатчик близко к приемнику. Затем выключите передатчик. Запишите значение RSSI при потере приемником передатчика.

Теперь нам необходимо задать минимум и максимум напряжения RSSI для корректного отображения этого показателя на экране OSD. Для задания минимума воспользуйтесь переменной **Rssi\_Sens\_Min\_V**

Например так:

```
Set Rssi_Sens_Min_V 0.1
Rssi_Sens_Min_V=0.1
=>
```

Для задания максимума используйте переменную **Rssi\_Sens\_Max\_V**  
Например так:

```
Set Rssi_Sens_Max_V 2.56
Rssi_Sens_Max_V=2.56
=>
```

Теперь 2.56 будет принят за 100% RSSI, а 0.1 будет отображаться как 0% RSSI.

Для настройки датчика воздушной скорости необходимо воспользоваться тем же приемом, что и для датчика RSSI. То есть сначала подаем +5В на пин AIR\_SPEED разъема аналоговых датчиков. Затем включаем мониторинг напряжений **MON ON ADC\_VALUES**. Наблюдаем значение AIR="напряжение в вольтах". При помощи подстройки коэффициента **AirSens\_C** добиваемся показания AIR равного 5В. После этого отключаем 5В от AIR\_SPEED пина.

Теперь подключаем реальный датчик дифференциального давления. Для того чтобы увидеть рассчитанную воздушную скорость можно включить мониторинг барометра командой **MON ON BARO**

```
=>mon on baro
$BARO: 00:00:28, 24.849 59.670 100610.359 125.021 36696 809
$BARO: 00:00:28, 24.837 60.125 100604.922 125.022 35028 812
$BARO: 00:00:28, 24.831 60.556 100599.719 125.026 34194 815
```

4-я колонка, показывающая рассчитанную скорость, выделена жирным шрифтом, это 4-я колонка.

Неправильная скорость обуславливается неверным, заданным графиком расчета давления от напряжения на датчике. График давления задается формулой

$$P = \text{AIR\_Speed\_Koef\_K} * U_{\text{дат}} + \text{AIR\_Speed\_Koef\_B}$$

P – давление в **Паскалях** (А НЕ в КИЛОПАСКАЛЯХ !!!)

U<sub>дат</sub> – напряжение, которое мы получаем с датчика воздушной скорости.

**AIR\_Speed\_Koef\_K** – коэффициент наклона графика

**AIR\_Speed\_Koef\_B** – коэффициент сдвига графика.

Для каждого конкретного датчика воздушной скорости необходимо руководствоваться даташитом производителя.

Для датчика MPXV7002DP@FREESCALE необходимо поставить коэффициенты:

Set AIR\_Speed\_Koef\_K -1000

Set AIR\_Speed\_Koef\_B 2500

#### **5.13.4 Калибровка показаний датчика тока и расчета израсходованной емкости ходовой батареи**

Для настройки датчика тока необходимо воспользоваться тем же приемом, что и для датчика RSSI. То есть сначала подаем +5В на пин CURRENT разъема аналоговых датчиков. Затем включаем мониторинг напряжений **MON ON ADC\_VALUES**. Наблюдаем значение **CurV**=”напряжение в вольтах”. При помощи подстройки коэффициента **CurrentSens\_C** добиваемся показания AIR равного 5В. После этого отключаем 5В от CURRENT пина.

Ток в амперах вычисляется по формуле

$$I = \text{CurrentSens\_K} * \text{CURRENT(напряжение на пине)} + \text{CurrentSens\_B}$$

Где **CurrentSens\_K** – коэффициент K формулы линейной аппроксимации, **CurrentSens\_B** – коэффициент B формулы линейной аппроксимации, **CURRENT** напряжение снятое с пина датчика тока и уже скомпенсированное с учетом **CurrentSens\_C**.

Коэффициенты **CurrentSens\_K** и **CurrentSens\_B** подбираются исходя из даташитов на конкретные модели датчиков. Графики расчета протекающего тока, от показаний аналогового выхода напряжения всегда представлены в даташитах.

Например для датчика, основанного на микросхеме ACS712ELCTR-30A-T@ALLEGRO, коэффициенты необходимо задать следующим образом:

```
Set CurrentSens_K -12  
Set CurrentSens_B 30
```

Если коэффициенты расчета тока заданы правильно, то показания рассчитанного тока **CurI** должны показывать правильное значение.

Проверить качество расчета затраченной ёмкости батареи можно путем ручной активации процесса интеграции тока, протекающего через датчик тока. Команда для активации интегратора **START CURRENT\_INTEG**. После подачи этой команды вы увидите расчет использованной емкости в показаниях **Cur\_Used**="кол-во затраченных мА/ч"

В процессе реальных полетов интегратор тока стартует автоматически, при условии, что показания датчика тока разрешены к выводу на OSD.

### 5.13.5 Задание минимальных и максимальных характеристик аккумуляторных батарей

Для того чтобы показания параметров батарей на OSD работали правильно необходимо для каждой батареи задать напряжение разряда и напряжение полного заряда. Кроме того для главной батареи необходимо задать суммарную емкость в мА/ч

Для вывода текущих заданных параметров батарей используйте команду в консоли **CAT BATTERIES**

```
=>cat batteries  
Main_Battery_Full_V=11.20  
Main_Battery_Empty_V=9.30  
Main_Battery_Full_C=4400.00  
Second_Battery_Full_V=0.00  
Second_Battery_Empty_V=0.00  
Third_Battery_Full_V=0.00  
Third_Battery_Empty_V=0.00  
=>
```

Параметры Full\_V задают напряжение на полностью заряженной батарее.  
Параметры Empty\_V задают напряжение на полностью разряженной батарее.  
Параметр Main\_Battery\_Full\_C задает емкость основной батареи.

## 5.14 Настройка летных параметров стабилизатора

Настройка летных параметров стабилизатора производится через набор переменных, список которых с текущими установками выводится командой **CAT STAB**

=>cat stab

Stabilizer current values:

Stabilize\_Task\_Solve\_Period=40

Board\_Reverse\_Pitch=-1

Board\_Reverse\_Roll=1

Board\_Reverse\_Yaw=-1

Stick\_Reverse\_Roll=1

Stick\_Reverse\_Pitch=1

Stick\_Reverse\_Yaw=1

Servo\_Reverse\_Roll\_Right\_Out=1

Servo\_Reverse\_Roll\_Left\_Out=1

Servo\_Reverse\_Pitch\_Out=1

Servo\_Reverse\_Yaw\_Out=1

GAZ\_Cruise=350

GAZ\_minimum=0

GAZ\_maximum=1023

GAZ\_Cruise\_delta=0.200

Baro\_Altitude\_InAir\_Border=3.000

Home\_Point\_lon=0.000

Home\_Point\_lat=0.000

Home\_Point\_alt=50.000

Take\_Altitude\_Max\_Angles=25.000

Kurs\_Roll\_To\_Pitch\_Koef=1.000

Take\_Kurs\_Roll\_Max\_Angles=30.000

Mag\_Real\_Heading\_Delta=0.000

Koef\_Omega\_Roll=0.100

Koef\_Omega\_Pitch=0.100

Koef\_Omega\_Yaw=0.100

Roll\_Sensitivity=1.200

Pitch\_Sensitivity=1.200

Yaw\_Sensitivity=1.200

Roll\_Position\_Danger=55.000

Pitch\_Position\_Danger=55.000

Roll\_Position\_Stick\_Max=45.000

Pitch\_Position\_Stick\_Max=45.000

Yaw\_Position\_Stick\_Max=45.000

Flight\_Logs\_Allowed=0

Nav\_Critical\_Altitude\_Low\_Border=10.000

Nav\_Critical\_Altitude\_Upper\_Border=20.000

Target\_Reached\_Radius=30.000

Target\_Altitude\_Corridor=10.000

Soft\_Kurs\_Keeping\_Border=5.000

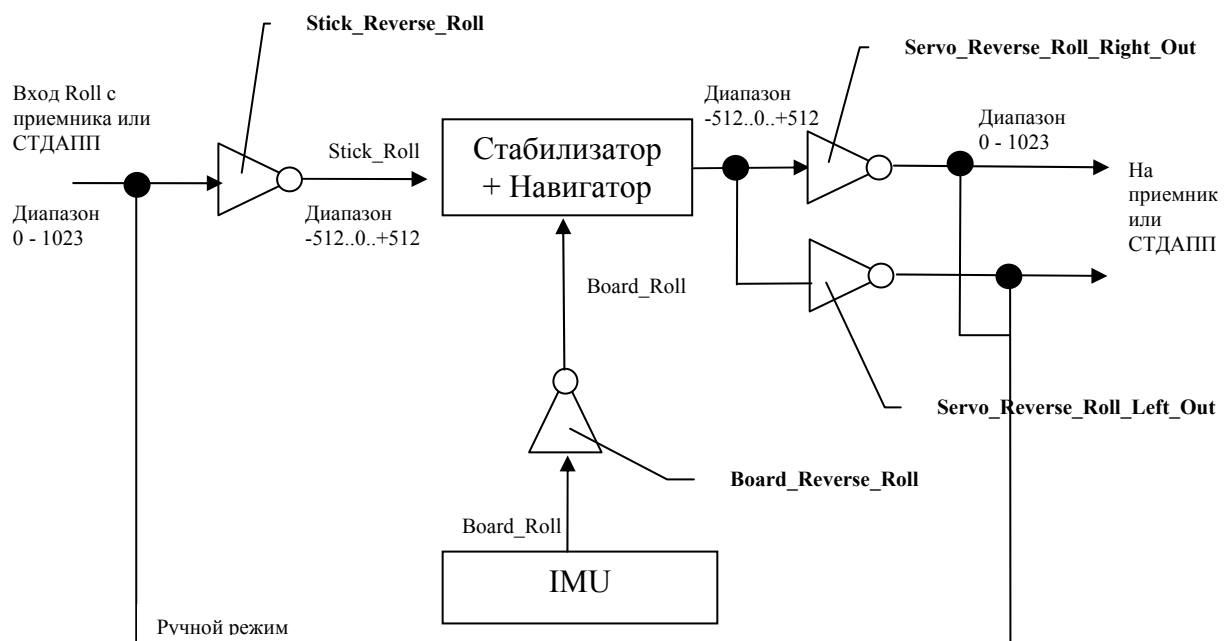


Nav\_Test\_Mode=0  
 Test\_Alt=56  
 Test\_Bearing=0  
 Test\_Alt\_Spd=0.000  
 Test\_Lat=56.152149  
 Test\_Lon=43.703308  
 Current\_Autopilot\_Mode=0  
 Auto\_Trim\_Max\_Values=10  
 Adaptive\_Roll\_Brake\_Period=2.000  
 Low\_Critical\_Speed=30  
 Upper\_Critical\_Speed=90  
 Module\_PPM\_Input\_Mode=1  
 Receiver\_Mode=1  
 Max\_Allowed\_Flight\_Distance=5000  
 Turn\_Damp\_Amplifier=0.800  
 =>

Для правильной настройки нам потребуется передатчик, приемник и самолет с установленными на него сервоприводами рулей.

### 5.14.1 Настройка правильных входных и выходных рулевых реверсов

Перед первым полетом важно правильно настроить входные и выходные реверсы. Всего необходимо настроить 3 канала рулевых воздействий: Элероны, Руль высоты, Руль направления. Структурная схема прохождения сигнала “Элерон” показана на рисунке ниже.



Изначально сигнал ППМ с приемника приводится к нормированному диапазону 0 – 1023 условных единиц с центром 512 единиц. Данный сигнал передается на АП и попадает либо на вход стабилизатора (для режима assistant), либо идет в обход без изменений обратно на приемник или на СТДАПП.

Настройка правильного поведения рулей управления проводится в три этапа:

1. Настройка ручного режима
2. Настройка автоматического режима
3. Настройка режима стабилизатора

Подключите ОСД и СТДАПП (приемник). Включите пульт и установите связь с приемником. Переключитесь в режим MANUAL. Теперь необходимо при помощи реверсов на передатчике настроить правильную реакцию рулей самолета.

Теперь переключите режим на ASSISTANT. OSD должно показать Mode: AST. Откройте консоль и тремя тестовыми командами проверьте отклонение соответствующих рулей в нужную сторону:

Set test\_aileron 512 – элероны должны занять положение крена вправо по максимуму.

Set test\_aileron -512 - элероны должны занять положение крена влево по максимуму.

Set test\_aileron 0 – элероны должны занять нейтральное положение при горизонтальном положении платы АП и предварительно заданным референсным положением. В противном случае элероны могут занять положение компенсации крена.

Если это не так, тогда необходимо добиться правильного положения рулей при помощи следующих воздействий на настройки:

- Если при попытке поставить элероны вправо, они встают влево и наоборот, то необходимо переключить выходной реверс в противоположное положение. Для этого воспользоваться переменными Servo\_Reverse\_Roll\_Right\_Out и Servo\_Reverse\_Roll\_Left\_Out. Эти переменные воздействуют на элероны независимо на левый и правый элерон. Значение реверсных флагов может быть либо 1 либо -1. Нельзя ставить значения отличные от указанных. В противном случае поведение рулей управления может оказаться непредсказуемым.
- Если при попытке занять нейтральное положение и уровень горизонта показывает нулевой крен, элероны не занимают нулевое положение, то данный перекус должен регулироваться через настройки минимумов, максимумов и нейтралей входных и выходных каналов. См раздел 5.12.

В заключение необходимо настроить входной реверс. Для этого в режиме стабилизации и при `test_aileron=0` установить самолет строго в горизонте. Теперь путем воздействия на джойстик крена дайте команду крена вправо. Элероны должны отклониться в правильном направлении. Затем тот же тест, только влево. Если элероны работают в направлениях противоположных, чем те, которые задаются джойстиком, то необходимо при помощи одной переменной `Stick_Reverse_Roll` переключить входной реверс по сигналу крена. Значения этой переменной может быть либо 1, либо -1. Задавать другие значения запрещается.

После проведения всех настроек, в режиме стабилизации необходимо покачать самолет из стороны в сторону и убедиться, что элероны отклоняются в сторону компенсации задаваемых кренов модели.

Для настройки руля высоты используется тот же метод. Переменные, которые управляют реверсами руля высоты такие:

`Servo_Reverse_Pitch_Out` – реверс выхода сигнала со стабилизатора  
`Servo_Reverse_Pitch` – реверс входного сигнала на стабилизатор  
`Test_Elevator` – установка руля высоты в тестовые положения: - 512 – установка для полета вниз. + 512 – установка для полета вверх

Для настройки руля направления используется тот же метод. Переменные для регулировки реверсов соответственно:

`Servo_Reverse_Yaw_Out` – реверс выхода сигнала со стабилизатора  
`Stick_Reverse_Yaw` – реверс входного сигнала на стабилизатор  
`Test_Ruder` – установка руля направления в тестовые положения: - 512 – поворот руля влево, +512 – поворот руля вправо.

Проверить руль направления через воздействие на тело самолета невозможно, так как руль направления используется только в режиме автоматической навигации. Поэтому внимательно отнеситесь к тестам руля направления через `Test_Ruder`.

Изменение настроек:

```
Board_Reverse_Pitch=-1  
Board_Reverse_Roll=1  
Board_Reverse_Yaw=-1
```

Не рекомендуется. Назначение этих настроек призвано изменять внутреннее направление осей X,Y,Z алгоритма IMU.

## 5.14.2 Настройка чувствительности руления и торможения

Данные настройки относятся к алгоритмам работы стабилизатора. Правильные настройки данного раздела позволят вашему самолету адекватно реагировать на крены и раскачку по тангажу.

Основная проблема при настройке данных параметров состоит в понимании концепции на сколько много нужно отклонить рулевые поверхности для компенсации нежелательного перекоса самолета, возникающей во время полета. Перекос модели может быть вызван различными факторами: ветер, снижение/нарастание тяги, геометрические и аэродинамические характеристики модели и т.д.

Предположим, что у самолета возникает крен влево или вправо. В данном случае компенсация крена должна парироваться отклонением элеронов в соответствующую сторону. Если же крен модели возникает по тангажу – вверх или вниз, то компенсация должна происходить при помощи руля высоты.

Компенсация отклонения самолета по курсу может парироваться различными способами. Один из вариантов – при помощи отклонения руля направления (рудер).

Для управления чувствительностью рулей используется три коэффициента:

Roll\_Sensitivity=1.200 – чувствительность по крену

Pitch\_Sensitivity=1.200 – чувствительность по тангажу

Yaw\_Sensitivity=1.200 – чувствительность по курсу.

Данный показатель чувствительности является по сути коэффициентом усиления некоторого базового показателя.

Для предотвращения переруливания используются дифференциальные коэффициенты торможения поворота. Их всего три:

Koef\_Omega\_Roll=0.100

Koef\_Omega\_Pitch=0.100

Koef\_Omega\_Yaw=0.100

По сути это так же коэффициенты усиления вычисленной текущей угловой скорости вращения. Скорость вращения внутри АП вычисляется в градусах в секунду. Для вычисления тормозящего воздействия вычисленная скорость вращения умножается на соответствующий заданный коэффициент, а затем подается на рули самолета с противоположным знаком. Таким образом, чем резче самолет совершает маневр вращения, тем сильнее вычисленное воздействие торможения.

### **5.14.3 Настройка максимально допустимых параметров крена и тангажа**

Во время полета самолета алгоритм стабилизации опирается на максимальные заданные значения по крену и тангажу в градусах. Превышение данных параметром считается аварийной ситуацией. Действия стабилизатора на превышение данных параметров может быть различной в зависимости от степени превышения.

Переменные, которые следует контролировать в данном контексте следующие:

Roll\_Position\_Stick\_Max=45.000 – максимальный крен, который может достигнуть самолет при полете в режиме стабилизации или автоматической навигации

Pitch\_Position\_Stick\_Max=45.000 – то же, но значение тангажа

Yaw\_Position\_Stick\_Max=45.000 – максимальное значение, которое может подать навигатор в попытке отработать рулем направления. В режиме стабилизации данный параметр не используется.

При полете в режиме стабилизации руль направления не задействуется алгоритмом удержания позиции. Воздействие на РН напрямую от джойстика попадает на серву. Крен и тангаж с джойстиков преобразуются стабилизатором в углы и только после этого, вычисленное воздействие, подается на сервы. И уже в данном случае будет учитываться Roll\_Position\_Stick\_Max и Pitch\_Position\_Stick\_Max.

Рекомендуемые углы максимальных отклонений от 50 до 30 градусов. Для понимания реального наклона на 50 градусов рекомендуется включить **mon on ekf** и наклонить плату до того значения, которое хочется поставить. А теперь подумайте надо ли оно более 45 градусов.

**Рекомендуемое значение для всех пилотов составляет 45 градусов. Оно вычислено экспериментально и облетано! 45 градусов вполне достаточно для любых спокойных полетов.**

#### 5.14.4 Разблокировка газа

После подачи питания АП блокирует канал газа. Двигатель не запускается ни в ручном режиме, ни в стабилизации, ни в автоматическом режиме. Для разблокировки газа необходимо вывести газ на максимум. Выдержать паузу около 3 секунд. Индикатор режима готовности на OSD показывает “PRP” (prerepare). Затем установить газ в минимум и еще раз выдержать паузу около 3 секунд. Индикатор режима готовности на OSD показывает “RDY” (ready). АП голосом информатора сообщает “Ready to fly”. В этот момент двигатель разблокируется. Дальнейшее увеличение газа приведет к запуску двигателя. Будьте осторожны!

### 5.14.5 Задание референсного нулевого положения перед полетом

Перед полетом пилот должен визуально проверить качество и правдивость работы горизонта. Если горизонт работает неудовлетворительно или уровень сбит, то необходимо задать новое правильное референсное положение. Для этого необходимо в одну руку взять самолет, а в другую взять пульт. Расположив самолет строго в горизонте ( качество расположения самолета контролируется по картинке OSD), необходимо джойстик крена-тангажа вывести в крайнее правое верхнее положение. АП произведет сброс и переинициализацию текущего нулевого положения. Вместе с горизонтом произойдет сохранение текущей нулевой высоты и домашних координат.

Если же принято решение, что горизонт работает удовлетворительно, то можно сбросить в начальное положение только высоту и зафиксировать домашние координаты. Для этого достаточно положить самолет на землю (горизонтальность самолета относительно земли значения не имеет) и вывести джойстик крена-тангажа в крайнее правое нижнее положение. АП фиксирует текущую высоту как нулевую и запоминает домашние координаты. Таким образом данное действие эквивалентно консольной команде **SAVE REF**.

Режим ручного задания референсного положения работает только в режиме, когда двигатель заблокирован.

Если в момент разблокировки двигателя текущая нулевая высота и координаты не были заданы, то они автоматически задаются и принимаются текущими.

### 5.14.6 Работа детектора взлета и падения

Для определения состояния взлета используется значение переменной

`Baro_Altitude_InAir_Border=3.000`

Данная переменная задает границу высоты при достижении которой АП определяет, что самолет в воздухе. Задается значение переменной в метрах. При значении равном 3, это означает, что после набора высоты 3м, АП переключается в режим полета и разблокирует все автоматические режимы полета. Если режим взлета не определился, то автоматические режимы полета не будут разблокированы.

Значение по умолчанию равно 3. Выше делать - смысла нет. Ниже 2 метров - можно ошибочно перейти в режим полета.

После достижением самолетом `Baro_Altitude_InAir_Border` индикатор на OSD показывает "AIR" и АП голосом сообщает "In air mode"

Кроме детектора взлета, внутри стабилизатора присутствует алгоритм падения. Падения детектируется при следующих условиях:

- Высота по бародатчику менее 1м
- Скорость по GPS менее 3 км/ч
- Скорость изменения высоты по вариометру не превышает 0.4 м/с вверх или вниз
- Все три условия присутствуют в течение 2 секунд непрерывно

Если включился детектор падения, то индикатор на OSD показывает “GND” (Ground). В данном режиме работает только либо ручной режим, либо режим ассистента (стабилизация). Газ управляется исключительно в ручную. Если связь с передатчиком отсутствует, то двигатель выключается. Возвращение двигателя к работе возобновится только при восстановлении связи. Таким образом будьте осторожны, выводите джойстик газа на ноль после посадки или падения самолета.

## **5.15 Настройка летных параметров навигатора**

Навигатор включает в себя набор процедур, отвечающих за управление входными воздействиями на стабилизатор, с целью добиться правильного и приемлемого полета в автоматическом режиме. С точки зрения программной иерархии навигатор является главным контуром по отношению к стабилизатору.

Для анализа окружающей действительности навигатор руководствуется показанием различных датчиков:

- Искусственный горизонт (roll, pitch, yaw) – крен, тангаж, курс
- Высота по бародатчику BMP085.
- Вариометр
- GPS координаты
- GPS курс
- GPS скорость относительно земли

Опционально:

- Воздушная скорость с датчика дифференциального давления
- Температура окружающей среды (bmp085 либо LM75AD)
- Датчик мгновенного значения тока на ходовой батарее

Анализ датчиков происходит с периодом 40мс или 25 раз в секунду. На основании анализа, навигатор устанавливает необходимые воздействия на рули для достижения навигационной цели.

### **5.15.1 Основные принципы алгоритмов навигации**

Управление самолетом, которое заложено внутрь навигатора, подразумевает выполнение самолетом некоторого кол-ва элементарных маневров.

Последовательное выполнение цепочки маневров приводит к необходимому результату.

Маневры, которые заложены в навигатор, следующие:

- Вираж влево. Выполняется совместным использованием элеронов и руля высоты.
- Вираж вправо. Выполняется совместным использованием элеронов и руля высоты.
- Выход на безопасную высоту. Достигается использованием элеронов, руля высоты и газа.
- Небольшая курсовая коррекция. Достигается путем использования руля направления.
- Набор высоты. Достигается использованием руля высоты и газа.
- Сброс высоты. Достигается использованием руля высоты и газа.
- Аварийная стабилизация. Достигается использованием всеми рулями и газом.
- Триммирование. Достигается путем использования элеронов.
- Аварийная посадка. Комплекс мероприятий по рулению самолетом, ведущих к приземлению самолета и предотвращению его разрушения.

В зависимости от целей и задач, навигатор может выполнять одновременно один или несколько элементарных маневров.

**Виражи** – выполняются с целью обеспечения грубого поворота или разворота самолета, который связан с существенной сменой целевого курса. Кол-во существенности задается в настройках навигатора.

**Набор высоты** – применяется навигатором с целью смены эшелона, если такового требует конечная целевая точка полета. Данный маневр выполняется с участием руля высоты и газа. Степень агрессивности и угол атаки зависит от расстояния до целевой точки и степени ошибки высоты. Работа газом в сторону увеличения оборотов используется всегда с целью подстраховки от сваливания. В момент набора высоты навигатор руководствуется текущей скоростью, положением тела самолета (реальной тангаж) и показанием вариометра. Границы работы рулями и показатели пологости траектории при наборе высоты задаются в настройках навигатора.

**Сброс высоты** – применяется навигатором с целью смены эшелона, либо снижения до целевой высоты. Во время выполнения данного маневра навигатор руководствуется текущей скоростью, текущем наклоном тела самолета в пространстве, показанием вариометра, высотой, расстоянием до цели и текущей высотой. Степень агрессивности при снижении существенно зависит от расстояния до целевой точки и текущей скорости самолета. Во время снижения постоянно отслеживается скорость самолета относительно земли. При нахождении в зоне безопасных скоростей, навигатор может сбросить газ, вплоть до нулевого значения.



**Выход на безопасную высоту** – применяется навигатором в момент обнаружения нахождения тела самолета на высоте, менее заданного минимума. Данная задача навигации является второй по приоритетности и фактически отменяет все остальные до момента своего завершения. Цель данной задачи – вывести самолет на безопасную высоту и далее продолжить управление самолетом в стандартном режиме. Выход на высоту осуществляется путем работы руля высоты и агрессивной работы газа. Во время осуществления маневра по вариометру отслеживаются физические возможности самолета к набору высоты. При возникновении сложности пилотирования самолета носом вверх, тангаж будет выбран минимальный в зоне начала набора высоты, отловленной по вариометру, а газ будет выбран максимальным.

**Аварийная стабилизация** – особая часть навигатора, которая является задачей наивысшего приоритета и принудительно отключает любые другие задачи. Цель задачи – вывод тела самолета в горизонтальное положение любыми средствами. Критерий попадания самолета в аварийную ситуацию задается параметрами, описанными в разделе 5.15.7

**Курсовая коррекция** – задача коррекции курса самолета на относительно небольшой угол. Задача будет выполняться только рулем направления до определенного расхождения текущего и целевого курса. При превышении заданной курсовой ошибки, навигатор перейдет к более глубоким маневрам через виражные повороты. Но в любом случае степень давления на рули будет наращиваться постепенно, и тем быстрее, чем больше скорость нарастания ошибки.

**Триммирование** – подбор некоторого экспериментального постоянного воздействия на элероны с целью компенсации ошибки крена на постоянном курсе. Задача триммирования может быть активирована навигатором только на этапе курсовой коррекции, либо на этапе удержания нулевого курса. Причем статистика триммирования собирается не менее 4 секунд и выполняется только если после 4ех секунд удастся поддержать заданный курс и горизонт. Степень триммеровки ограничена максимальными настройками навигатора. По умолчанию триммер может корректировать крен не более 10 градусов. Полученные значения триммеровки в дальнейшем применяются к элеронам постоянно, вплоть до полного окончания автоматического полета.

**Аварийная посадка** – Особый маневр, применяющийся только для посадки самолета, при условии нахождения самолета возле дома и потери R/C управления. Задача посадки выполняется в два этапа. Первый – снижение кругами до высоты 10м. Второй – выравнивание траектории, снижение оборотов двигателя и снижение до высоты 2м. Третий – отключение двигателя и поддержания плавного снижения вплоть до контакта с землей. Зона и точка посадки на данный момент никак не контролируется. Попав в режим аварийной посадки, навигатор не может выйти из него самостоятельно. Единственный

способ – после восстановления R/C управления перейти в режим AST (стабилизация) или MAN (ручной) и взять управление на себя. В этом случае режим аварийной посадки немедленно отключается.

### **5.15.2 Настройка параметров разворотов**

Для настройки параметров виражных разворотов и поворотов служат следующие переменные:

$Kurs\_Roll\_To\_Pitch\_Koeff=1.000$  – коэффициент усиления начальной зависимости руля высоты от реального крена, снятого с горизонта в режиме виража. Общая зависимость носит синусоидальный характер. Рекомендуемое значение равно 1. Диапазон допустимых значений от 0(руль высоты отключен) до ~100 (руль высоты максимально поднят вверх при самом минимальном крене). Реально больше 10 не рекомендуется.

$Take\_Kurs\_Roll\_Max\_Angles=30.000$  – максимально допустимые углы крена во время виражных разворотов. Нормальные значения от 10 до 40. Измеряется в градусах. По умолчанию выбрано 30 градусов. Данный параметр не означает, что крен будет 30 градусов. В реальности навигатор сам выберет необходимый угол, а данный параметр лишь ограничивает крен в пределах разумного для минимальных скоростей.

$Adaptive\_Roll\_Brake\_Period=2.000$  – примерное время необходимое самолету для торможения и выхода из виража. Измеряется в секундах. Нормальные значения в диапазоне от 0.1 (самолет сам быстро тормозит) до 5 сек (торможение занимает до 5 секунд).

$Turn\_Damp\_Amplifier=0.800$  – параметр усиления заблаговременного гашения крена при приближении к целевому курсу. После попадания в окно  $Adaptive\_Roll\_Brake\_Period$  тормозящее воздействие подается на элероны.  $Turn\_Damp\_Amplifier$  является коэффициентом усиления данного воздействия. Начальная степень торможения пропорциональна угловой скорости вращения тела самолета по курсу. Рекомендуемое значение от 1 до 0.2

### **5.15.3 Настройка параметров удержания курса**

Маневр удержания курса осуществляется при помощи руля направления. Критерием начала маневра является нахождение текущего курса в заданном коридоре ошибки текущего курса по GPS от целевого.

$Soft\_Kurs\_Keeping\_Border=5.000$  – ошибка курса, внутри которой работает маневр удержания курса рулем направления. При превышении данной ошибки, будут включаться виражные повороты. Данное значение задается в градусах.

Auto\_Trim\_Max\_Values=10 – максимальные значения крена при выполнении задачи автотриммеровки. Данное значение задается в градусах.

#### **5.15.4 Настройка параметров отслеживания высоты**

Данные настройки используются при любых маневрах, требующих маневра набора высоты или снижения.

Take\_Altitude\_Max\_Angles=25.000 - максимальный тангаж при сбросе или наборе высоты. Данное значение сравнивается с показанием pitch поступающего с искусственного горизонта. Измеряется в градусах. Ставить более 30 градусов не рекомендуется, так как не любой самолет способен идти вверх на полном газу под углом более 30 градусов. Рекомендуемое значение от 15 до 25 градусов. В дальнейшем подстройка по результатам облета.

Nav\_Critical\_Altitude\_Low\_Border=10.000 – включение задачи аварийного набора высоты. Измеряется в метрах. Если самолет оказывается ниже данного параметра по высоте, то включается маневр аварийного набора высоты.

Nav\_Critical\_Altitude\_Upper\_Border=20.000 – Войдя в маневр аварийного маневра по набору высоты, навигатор ждет достижения самолетом безопасной высоты, заданной именно этим параметром. При достижении данной границы, навигатор переходит в режим штатного маневрирования. Параметр измеряется в метрах и не может быть меньше Nav\_Critical\_Altitude\_Low\_Border.

Target\_Altitude\_Corridor=10.000 – коридор границ срабатывания маневров набора высоты или снижения. В процессе принятия решения во время штатного маневрирования данный параметр является опорным при принятии решения о включении режимов маневрирования по высоте. Измеряется в метрах и при анализе либо добавляется к целевой высоте, либо вычитается из нее. То есть, если целевая высота задана 50м, то маневр набора высоты включится при достижении самолетом 40м, а маневр снижения при достижении высоты 60м.

Low\_Critical\_Speed=30 – минимальная безопасная скорость самолета по GPS. Задается в км/ч. Минимальная скорость самолета при которой возможно безопасное маневрирование.

Upper\_Critical\_Speed=90 – верхняя граница скорости по GPS, при достижении которой необходимо предпринимать мероприятия торможения. Задается в км/ч.

#### **5.15.5 Настройка параметров аварийной посадки**

(Параметры настроек высот, радиусов и скоростей в процессе разработки)

На данный момент все жестко, настроек нет. Снижение высоты кругами, затем выход в горизонт и плавное снижение до встречи с землей. Критерий входа в

режим посадки – нахождение возле базы и потеря связи с передатчиком. Критерий выхода – возобновление связи и переход в ручной режим, либо в стабилизацию. Возобновление связи при нахождении пульта уже в режиме стабилизации не приводит к снятию маневра посадки. Необходимо передернуть один раз режим “Ручной” – “Стабилизатор” или в обратную сторону. Навигатор должен увидеть, что пилот действительно может воздействовать на режимы управления.

### **5.15.6 Настройка параметров допустимой скорости**

Скорость полета самолета в автоматических режимах определяется следующими переменными навигатора:

GAZ\_Cruise=350 – состояние круизного газа при полете блинчиком. Данное значение должно обеспечивать устойчивый полет при средних скоростях.

GAZ\_minimum=0 – минимум газа, ниже которого навигатору опускаться запрещено

GAZ\_maximum=1023 – максимум газа при котором навигатору выше подниматься запрещено

Значение газа может задаваться от 0 до 1023. Это минимальные и максимальные значения.

Low\_Critical\_Speed=30 – минимальная безопасная скорость самолета по GPS. Задается в км/ч. Минимальная скорость самолета при которой возможно безопасное маневрирование.

Upper\_Critical\_Speed=90 – верхняя граница скорости по GPS, при достижении которой необходимо предпринимать мероприятия торможения. Задается в км/ч.

GAZ\_Cruise\_delta=0.200 – дельта приращения газа на 1см потерянной высоты. **На данный момент не используется. Находится в режиме тестирования. В обычных публичных прошивках не активировано.**

### **5.15.7 Настройка детектора аварийного положения тела самолета в пространстве**

Есть еще пара параметров, максимальное значение которых необходимо правильно задавать и контролировать.

Roll\_Position\_Danger=55.000

Pitch\_Position\_Danger=55.000

Данные показатели принимаются во внимание только навигатором. Значения этих переменных характеризуют близость положения углов самолета к критической позиции, при превышении которой навигатор принимает решение о спасении самолета и пытается вывести крен и тангаж на безопасные углы, включая задачу аварийной стабилизации. Степень агрессивности работы рулями самолета тем больше, чем меньше высота. Если навигатор решает, что самолет находится в опасной близости к земле, то попытки выйти в горизонт будут производиться достаточно резко вне зависимости от перегрузок. Если же высота позволяет работать плавно, то данное обстоятельство будет принято во внимание и наращивание углов руления будет происходить более плавно, щадя самолет по уровню перегрузок. Кроме высоты, во внимание принимается текущая скорость самолета по GPS.

Уровень Roll\_Position\_Danger и Pitch\_Position\_Danger должен быть несколько выше, чем Roll\_Position\_Stick\_Max и Pitch\_Position\_Stick\_Max. В противном случае навигатор и стабилизатор будут конфликтовать.

На данный момент рекомендуемые значения для Roll\_Position\_Danger и Pitch\_Position\_Danger составляют 55 градусов.

## **5.16 Возврат на базу. Полет по маршрутному заданию**

На данный момент навигатор умеет выполнять полетные задания заданные двумя географическими координатами и высотой. Для того, чтобы воспользоваться полетным заданием необходимо загрузить его в настройки АП. Полетное задание сохраняется во флешь памяти. Активируется полетное задание при помощи настроенного управляющего тумблера на пульте пилота. В любой момент полетное задание может быть приостановлено или продолжено. При необходимости можно сбросить полетное задание на начало и еще раз его повторить.

Для просмотра полетного задания предусмотрена команда **CAT WP:**

=>cat wp

Current Waypoints:

#, latitude, longitude, altitude:

0: 56.15022, 43.70227, 70

1: 56.15347, 43.70716, 100

2: 56.15039, 43.70625, 50

3: 56.15207, 43.70951, 100

4: 0.00000, 0.00000, 0

5: 0.00000, 0.00000, 0

6: 0.00000, 0.00000, 0

7: 0.00000, 0.00000, 0

8: 0.00000, 0.00000, 0

9: 0.00000, 0.00000, 0

На текущий момент можно задать до 10 полетных точек. Если в координатах точек заданы нули, то данная полетная точка не обрабатывается.

Последовательность отработки задания от наименьшего номера полетной точки к наибольшему, нулевые координаты пропускаются. После окончания задания навигатор автоматически переходит к заданию возврата на базу. Проверок на кривую логику заданных параметров на данный момент нет. Поэтому внимательно задаем координаты и высоты, иначе можно отправить самолет совсем не туда, куда хотели. Кроме того полет по полетному заданию работает только при условии видимости своего R/C передатчика. Если передатчик пропадает, то выполнение задания прерывается и самолет возвращается на базу.

Для понимания достижения полетной точки алгоритм навигатора пользуется понятием радиуса попадания в цель.

Target\_Reached\_Radius=30.000 – радиус критерия достижения целевой точки, либо базы.

Попадание в высоту не является критерием достижения полетной точки. Навигатор будет пытаться достичь нужной высоты, однако это не означает, что он обязательно этого достигнет. Даже если самолет не попал в нужную высоту, но попал в радиус, навигатор сообщит о прохождении полетной точки и перейдет к следующей.

В процессе выполнения задания на экране OSD выводится номер текущей целевой полетной точки и расстояние до нее. Кроме того, информатор голосом сообщает о начале полетного задания, достижении цели и попадания в цель.

Для задания полетной точки необходимо использовать команду **SET WP <num> <lat> <lon> <alt>**

Num – номер полетной точки 0..9

Lat – широта. С плюсом для северной широты, с минусом для южной

Lon – долгота. С плюсом для восточного полушария, с минусом для западного.

Alt – высота в метрах. Поставить можно любую. Однако, за совместимость логики полетных точек должен отвечать сам пилот.

**На данный момент ограничением является только радиус действия аппаратуры, однако в дальнейшем вполне вероятно введение ограничений на дальность, высоту и некоторые географические зоны!**

Для сброса полетной точки достаточно задать все нули в параметрах широты, долготы и высоты.

## **5.17 Полетные логи «Черный ящик»**

Навигатор имеет встроенный механизм «черного ящика». Если данный режим активирован, то подробное состояние внутренних механизмов принятия решения записывается от 4 до 5 раз в секунду во внешнюю флешь память, установленную на плате АП. Размера флешки хватает примерно на 2 часа полета, затем логики закольцовываются – более свежие затирают наиболее старые логики.

Все полеты нумеруются. Нумерация полетов происходит автоматически при детектировании взлета. При каждом взлете номер полета увеличивается на 1. Старт записи логов также происходит автоматически в момент детектирования взлета. Запись полетных логов останавливается при детектировании падения самолета на землю или приземления и при этом состоянии пребывания “на земле” с нулевой скоростью по GPS превышает 5 минут.

### 5.17.1 Активация/Запрет полетных логов

Для активации полетных логов необходимо установить переменную разрешения полетных логов **Flight\_Logs\_Allowed** в единицу:

```
=>set Flight_Logs_Allowed 1  
Flight_Logs_Allowed=1  
=>
```

Для запрета автоматических логов необходимо установить переменную в ноль:

```
=>set Flight_Logs_Allowed 0  
Flight_Logs_Allowed=0  
=>
```

### 5.17.2 Просмотр, экспорт логов в Excel

После приземления необходимо считать полетные логики. Для этого необходимо подключиться к консоли и дать команду сканирования флешки памяти, для вывода текущих диапазонов номеров полетов. На экран выводятся минимальный и максимальный обнаруженные номера.

Команда для сканирования флешки памяти **LOG DIR**

Пример работы команды:

```
=>log dir  
Flight_Id_Min=30  
Flight_Id_Max=36  
=>
```

Данный вывод означает, что сейчас в памяти находятся логики от шести полетов:  
30,31,32,33,34,35,36

Для распечатки полетных логов используется консольная команда **LOG DUMP номер\_полета**

Например, для распечатки лога полета номер 36 необходимо дать следующую команду:

=>log dump 36

```
"Flight_ID";"Flash_Page";"Record_Time";"Real_Roll";"Real_Pitch";"Real_Yaw";"Bar
o_Altitude";"Real_Heading";"User_Roll";"User_Pitch";"Stick_Roll";"Stick_Pitch";"Sti
ck_Yaw";"Stick_Gaz";"Eileron";"Elevator";"Ruder";"Throttle";"GPS_fix";"GPS_Sat
Qty";"GPS_Lat";"GPS_Lon";"GPS_Speed";"Omega_Yaw";"GPS_Heading";"RC_Cont
rol";"AP_Mode";"Nav_Mode";"Dist_To_Home";"Target_Course_Error";"Target_Alt
Error";"Dist_To_Target";"Auto_Trim_Roll";"Auto_Trim_Pitch";
"36";"2276";"0.000";"9.0";"30.0";"38.0";"3.1";"218.0";"9.0";"30.7";"0";"-8";"-
12";"864";"-2";"-367";"-12";"864";"1";"11";"56.152645";"43.703629";"0.2";"-
93.0";"191.7";"OK";"ASSISTANT";"___";"21";"0";"0";"0";"0";"0";
"36";"2276";"0.240";"-2.0";"16.0";"23.0";"2.8";"203.0";"-2.0";"16.7";"0";"-8";"-
12";"872";"47";"-134";"-12";"872";"1";"11";"56.152645";"43.703629";"0.2";"-
45.0";"191.7";"OK";"ASSISTANT";"___";"21";"0";"0";"0";"0";"0";
"36";"2276";"0.480";"-3.0";"9.0";"17.0";"3.3";"197.0";"-3.0";"9.7";"0";"-8";"-
12";"868";"57";"-105";"-12";"868";"1";"11";"56.152645";"43.703629";"0.2";"-
6.0";"191.7";"OK";"ASSISTANT";"___";"21";"0";"0";"0";"0";"0";
"36";"2276";"0.720";"-1.0";"7.0";"17.0";"3.3";"197.0";"-1.0";"-19.3";"0";"300";"-
12";"868";"15";"289";"-
12";"868";"1";"11";"56.152641";"43.703629";"1.6";"8.0";"185.8";"OK";"ASSISTANT
";"___";"21";"0";"0";"0";"0";"0";
"36";"2276";"0.960";"2.0";"12.0";"15.0";"3.0";"186.6";"1.6";"-24.5";"4";"416";"-
12";"868";"-60";"274";"-
12";"868";"1";"11";"56.152622";"43.703625";"22.9";"5.0";"186.6";"OK";"ASSISTAN
T";"___";"23";"0";"0";"0";"0";"0";
"36";"2276";"1.200";"3.0";"23.0";"16.0";"3.0";"187.6";"0.5";"-13.5";"28";"416";"-
12";"868";"13";"108";"-12";"868";"1";"11";"56.152611";"43.703621";"22.9";"-
1.0";"186.6";"OK";"ASSISTANT";"___";"24";"0";"0";"0";"0";"0";
```

.....

Для удобства просмотра имеет смысл выгружать логи в файл. Для этого необходимо в вашей консольной программе включить запись логов консоли в файл. Затем включить LOG DUMP №. После окончания вывода необходимо отключить запись консоли в файл.

Следующим этапом необходимо загрузить логи в программу MS Excel. Для этого необходимо открыть полученный файл блокнотом, удалить первую строку “=>log dump 36” и самую последнюю строку “=>”. Если в региональных настройках Windows указано, что разделение дробной и целой части запятой, то необходимо в блокноте сделать автозамену всех точек на запятые. После этого сохранить изменения. Последний шаг – сменить расширение файла на CSV.



Теперь CSV файл можно открыть в программе MS Excel. Файл примет форматированный по колонкам вид.

### **5.17.3 Формат записи полетных логов и что они означают**

*(в процессе написания)*

### **5.18 Прочие команды управления параметрами АП и СТДАП**

*(в процессе написания)*

Mag\_Real\_Heading\_Delta=0.000 – разница в направлении на север между компасом и реальным географическим севером.

Max\_Allowed\_Flight\_Distance=5000 – максимально допустимая дистанция удаления от базы. Используется в отладочных полетах. Если установлено больше нуля, то при достижении данного удаления от базы, навигатор немедленно переходит в режим принудительной посадки без вариантов выхода из него. Для нормальных полетов либо установите в 0, либо максимально дальнее расстояние. Сделано для принудительной посадки самолетов, вышедших из под контроля.

### **5.19 Пример быстрой настройки аппаратуры АП для самолета типа Skywalker с нуля.**

### **5.20 Общие рекомендации для исследования влияния различных параметров на поведение модели самолета в воздухе.**