

SmallTim Autopilot™

версия 4.2

Поздравляем с приобретением SmallTim Autopilot™

Вашего надежного помощника в любимом хобби!

Smalltim

OSD and Autopilot Systems

— 2011 —

СОДЕРЖАНИЕ

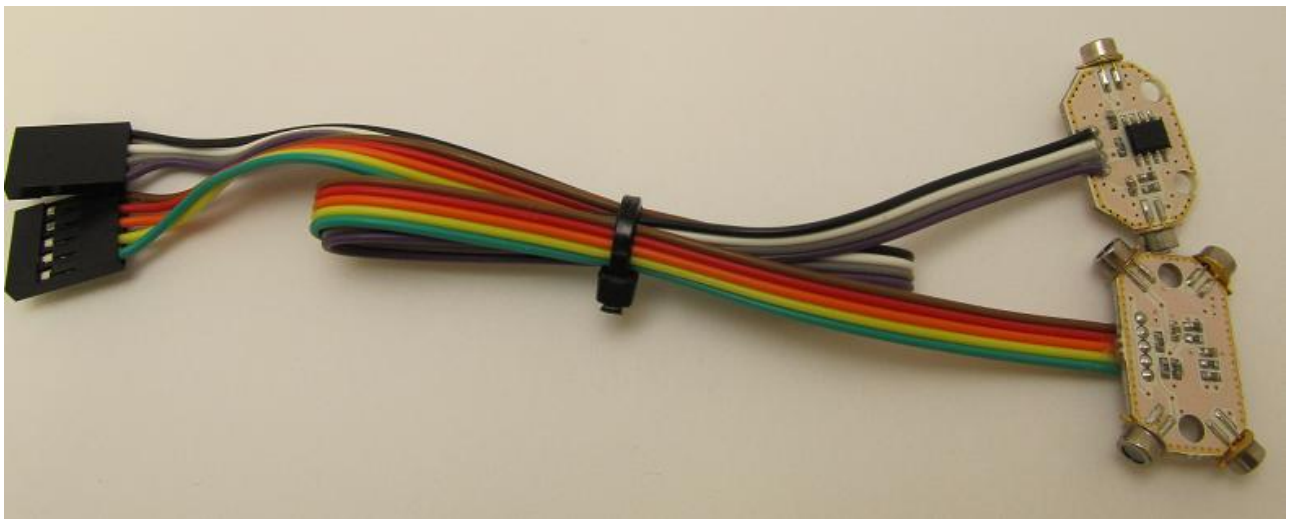
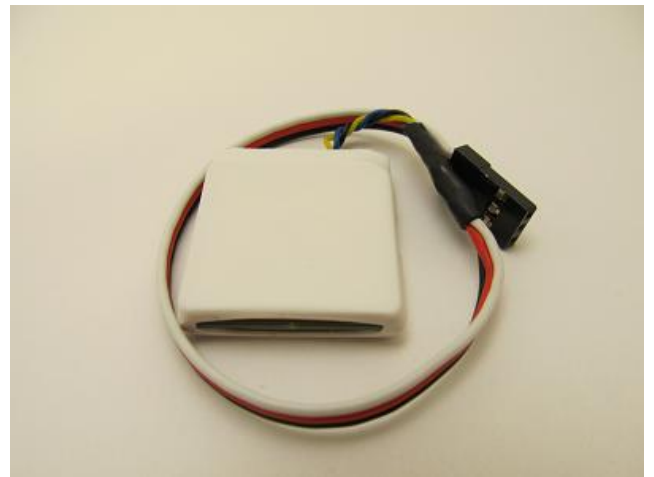
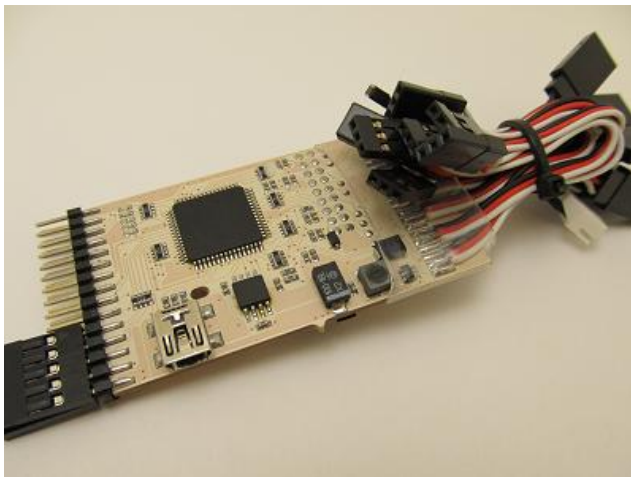
Комплектация	4
Технические характеристики.....	5
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	5
ВХОДЫ И ВЫХОДЫ МОДУЛЯ АВТОПИЛОТА	5
ФУНКЦИИ МОДУЛЯ АВТОПИЛОТА	5
ФУНКЦИИ КОНТРОЛЬНОЙ ПАНЕЛИ	6
Подключение К БОРТОВОМУ ОБОРУДОВАНИЮ	7
ПИТАНИЕ	7
РС ПРИЕМНИК	7
СЕРВОМАШИНКИ	7
ГИРОСКОПЫ И Т.Д.	7
ПЛАТА ТЕЛЕМЕТРИИ	8
СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ	8
УСТАНОВКА НА МОДЕЛЬ.....	9
ПЛАТА АВТОПИЛОТА	9
МОДУЛЬ GPS	9
ПЛАТА ХУ ДАТЧИКОВ ГОРИЗОНТА	9
ПЛАТА Z ДАТЧИКОВ ГОРИЗОНТА	10
ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ АВТОПИЛОТА.....	11
РЕЖИМЫ РАБОТЫ АВТОПИЛОТА	11
ПРИНЦИП ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ	12
ПРИНЦИПЫ СТАБИЛИЗАЦИИ	13
УПРАВЛЕНИЕ В РЕЖИМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ	14
РЕЖИМ АВТОНОМНОГО ПОЛЕТА	15
ВКЛЮЧЕНИЕ/ВЫКЛЮЧЕНИЕ РЕЖИМА АВТОНОМНОГО ПОЛЕТА	24

ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ПЛАТЫ АВТОПИЛОТА И ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ПК	26
Контрольная Панель.....	28
Калибровка RC КАНАЛОВ.....	34
Калибровка КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ	36
Настройки платы телеметрии.....	37
Бортовой журнал	38
СОХРАНЕНИЕ НАСТРОЕК В ФАЙЛ И ЧТЕНИЕ НАСТРОЕК ИЗ ФАЙЛА	39
ПОДКЛЮЧЕНИЕ И НАЧАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА АВТОПИЛОТА	41
ПРОБНЫЕ ПОЛЕТЫ.....	42
Безопасность ПРИ ПОЛЕТАХ	43

КОМПЛЕКТАЦИЯ

В состав автопилота Smalltim Mini входит:

- Плата автопилота
- Датчик горизонта X-Y
- Датчик горизонта Z
- Модуль GPS 5Гц/10Гц (опционально)



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Модуль автопилота основан на процессоре Atmel ATmega90 16 МГц с аппаратной поддержкой USB для связи с ПК, с 2 МБ энергонезависимой памяти для хранения калибровок и настроек модуля автопилота и записей бортового журнала.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- Встроенные стабилизаторы +5В, +3.3В для питания компонентов модуля
- Защита от переплюсовки при подключении всех датчиков и разъема питания
- Напряжение питания: 6..15 В
- Энергопотребление (с датчиками) : <150мА
- Габариты : 77x39x11 мм
- Габариты (при подключении модуля телеметрии): 77x39x11 мм
- Масса (с сервопроводами): 36 гр



ВХОДЫ И ВЫХОДЫ МОДУЛЯ АВТОПИЛОТА

- 6 входных каналов PPM для подключения к RC приемнику
- 6 выходных каналов PPM для подключения к сервомашинкам
- 2 входных канала PPM для управления режимами работы модуля автопилота
- Разъем MINI-USB для связи с ПК
- Разъем SPI для подключения модуля телеметрии
- Разъемы видеовхода и видеовыхода модуля телеметрии
- Разъемы для подключения датчиков горизонта
- Разъемы для подключения дочерних модулей и датчиков:
 - 3 логических входа-выхода
 - 3 аналоговых входа
 - Цифровая шина I2C для подключения до 127 устройств
 - USART выход

ФУНКЦИИ МОДУЛЯ АВТОПИЛОТА

Модуль автопилота подключается между RC приемником и исполнительными устройствами. В зависимости от текущего режима, модуль передает входные сигналы PPM без изменений либо формирует выходные сигналы для сервомашинки самостоятельно.

- Автоматическая поддержка ориентации модели по датчикам горизонта
- Управление моделью в режиме задания ориентации ("fly by wire")
- Автономное управление моделью (возврат в точку старта) в режиме автопилота
- Запись параметров полета в бортовой журнал с энергонезависимой памятью
- Обмен данными с ПК при настройке модуля автопилота, при чтении бортового журнала

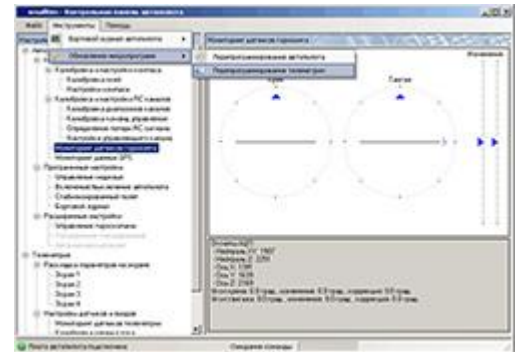


- Обновление микропрограмм модуля автопилота и телеметрии
- Опрос датчиков модуля телеметрии и формирование данных для отображения модулем телеметрии.

ФУНКЦИИ КОНТРОЛЬНОЙ ПАНЕЛИ

Контрольная Панель – программный модуль для ПК, обеспечивающий обмен данными между ПК и модулем автопилота.

- Русскоязычный интерфейс
- Интуитивно понятное расположение элементов
- Чтение, изменение и сохранение параметров работы модуля автопилота
- Чтение из файла и сохранение настроек в файл
- Чтение из памяти и сохранение настроек в память модуля автопилота
- Обновление микропрограмм модуля автопилота и телеметрии
- Мониторинг данных от модуля автопилота в реальном времени при подключении по USB

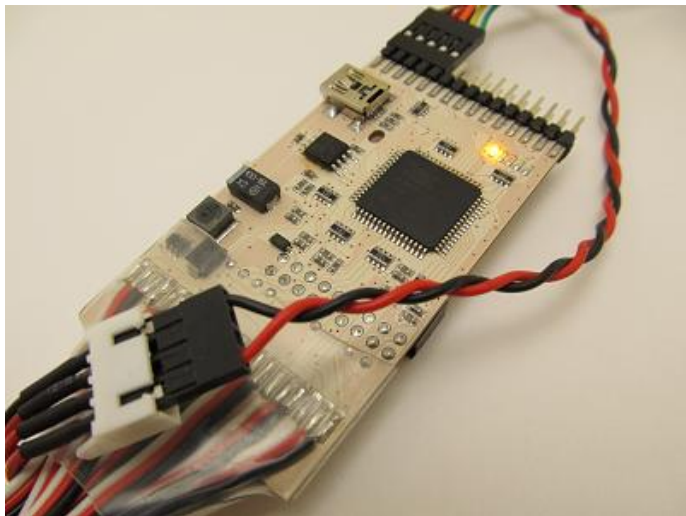


Настройки модуля автопилота производятся через ПК с помощью Контрольной Панели и сохраняются в энергонезависимой памяти модуля автопилота.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ К БОРТОВОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

ПИТАНИЕ

Для работы платы автопилота необходимо подключение питания (6..24В), например, ходовой батареи или отдельной батареи 2S..4S LiPo.



Плата автопилота имеет защиту от переплюсовки при неправильном подключении питания.

RC ПРИЕМНИК

PPM входы платы автопилота подключаются к RC приемнику в удобной для Вас последовательности. Задействуйте необходимое количество каналов (до 6 PPM каналов включительно), незадействованные входы автопилота можно оставить неподключенными.

Выберите удобный для Вас номер канала или номера каналов, которые будут управлять режимами автопилота, и подключите вход управляющего канала 1 и, если необходимо, вход управляющего канала 2 автопилота к выбранным для управления режимами автопилота каналам приемника.

При необходимости или при нехватке каналов подключите дополнительные сервомашинки напрямую к RC приемнику. В таком случае автопилот не будет вмешиваться в работу этих каналов. Убедитесь, что при отсутствии режима fail safe на этих каналах потеря RC сигнала не приводит к непредсказуемым последствиям из-за отсутствия контроля автопилотом.

СЕРВОМАШИНКИ

Подключите к сервомашинкам PPM выходы автопилота, соответствующие его входам, подключенным к RC приемнику.

Плата автопилота передает питание сервомашинкам с PPM входов на PPM выходы, при этом собственные схемы питания автопилота электрически не связаны с питанием сервомашинок.

Плата автопилота выдает стандартный PPM сигнал с частотой следования импульсов 20 мсек, ширина импульсов составляет 0.75..2.5 мсек, точность задания ширины импульсов составляет 0.0005 мсек (0.05% от диапазона 1..2 мсек), амплитуда сигнала – 3.3В.

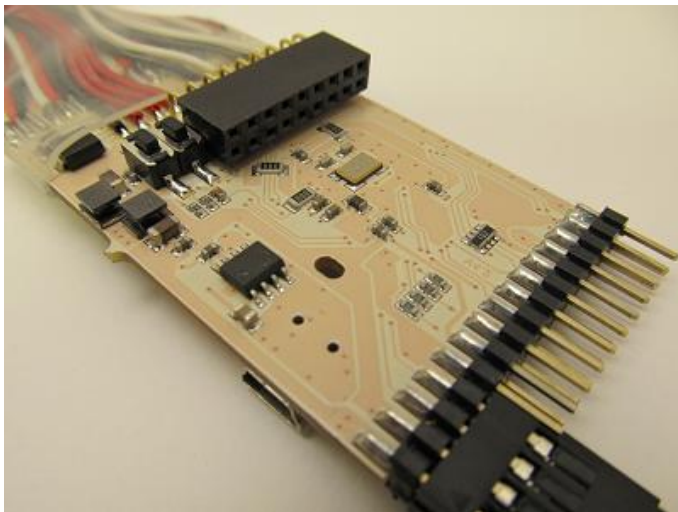
При подключении дополнительного оборудования к выходам платы автопилота следует учитывать, что фронты импульсов в выходных каналах PPM платы автопилота синхронны.

ГИРОСКОПЫ И Т.Д.

При необходимости подключения гироскопов, RC-переключателей и т.д. в каналы, контролируемые автопилотом, подключайте эти устройства между автопилотом и сервомашинками, а не между RC приемником и автопилотом.

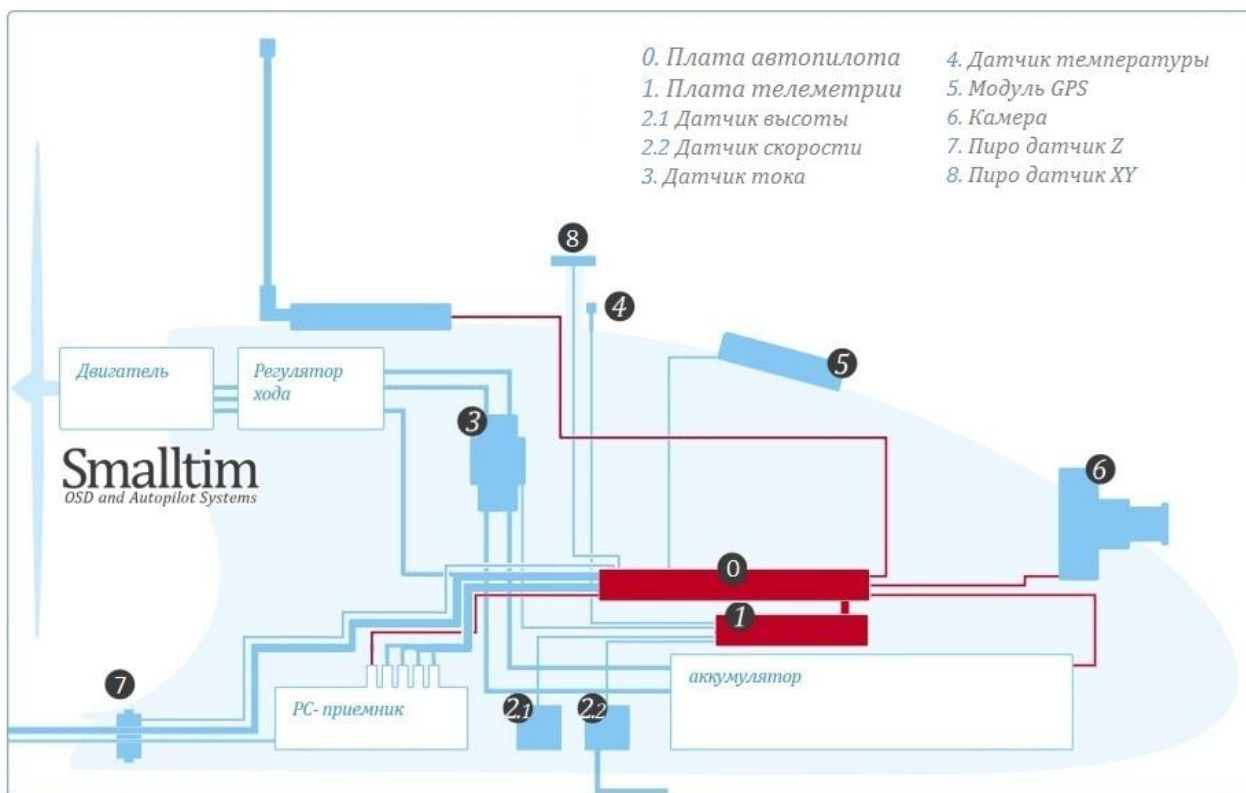
ПЛАТА ТЕЛЕМЕТРИИ

Плата телеметрии включается в предназначенный для нее разъем расширения на плате автопилота.



При этом все датчики, которыми комплектуется плата телеметрии, следует оставить подключенными к плате телеметрии, а модуль GPS подключить в соответствующие контакты разъема на плате автопилота. Видеосигнал на вход платы телеметрии и с выхода платы телеметрии подается через разъемы на плате автопилота. Плата автопилота не имеет собственной схемы, обеспечивающей наложение информации на видеосигнал, автопилот передает видеосигнал на плату телеметрии без изменений. Аналогично, плата автопилота передает плате телеметрии питание со своего входного разъема питания.

СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ



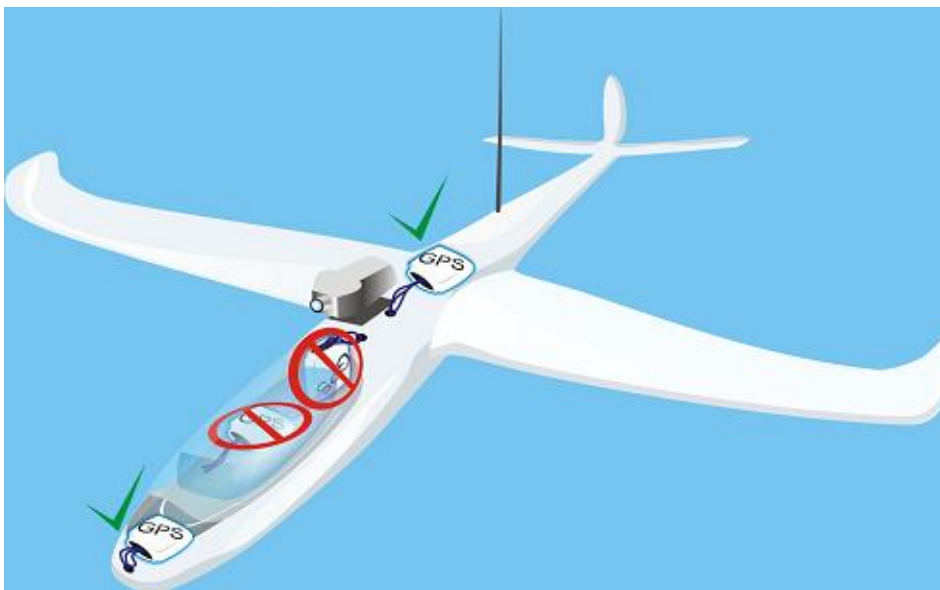
УСТАНОВКА НА МОДЕЛЬ

ПЛАТА АВТОПИЛОТА

Плата автопилота может быть установлена в любое удобное место модели. При этом следует избегать расположения в непосредственной близости от силовых кабелей, RC приемника и видеопередатчика. Желательно обеспечить удобный доступ к USB разъему автопилота для подключения к ПК.

МОДУЛЬ GPS

Модуль GPS должен быть установлен так, чтобы керамическая патч антенна модуля была направлена вверх и ее не затеняли токопроводящие элементы конструкции модели (углепластик, металл и т.д.). Возможно расположение модуля GPS внутри фюзеляжа, поскольку пластик и дерево, как правило, не препятствуют прохождению радиоволн и не снижают чувствительность модуля GPS.



ПЛАТА ХУ ДАТЧИКОВ ГОРИЗОНТА

Плата ХУ датчиков горизонта должна быть установлена таким образом, чтобы элементы конструкции модели не затеняли обзор датчиков. Если это условие не может быть выполнено, то желательно выполнение следующего условия: затенение датчиков должно быть симметричным по оси перед-зад и по оси право-лево. Угол обзора каждого датчика составляет 45 градусов от его оси, при этом чувствительность датчиков максимальна вдоль оси и минимальна по краям. Поэтому затенением датчиков можно пренебречь, если оно симметрично и приходится на самый край конусов поля зрения датчиков.

Плата датчиков должна быть сориентирована по осям модели. Во избежание наведения помех и ухудшения стабильности работы искусственного горизонта следует избегать расположения платы ХУ датчиков горизонта в непосредственной близости от видеопередатчика и расположения шлейфа платы рядом с силовыми кабелями. Особенно следует избегать расположения нагреваемых элементов бортовой аппаратуры в поле зрения датчиков. Типичные варианты расположения платы ХУ датчиков горизонта: на пилоне над центром крыла, на тонких частях фюзеляжа модели.



ПЛАТА Z ДАТЧИКОВ ГОРИЗОНТА

Плата Z датчиков горизонта должна быть установлена таким образом, чтобы элементы конструкции модели не затеняли обзор датчиков. Если это условие не может быть выполнено, то желательно выполнение следующего условия: затенение датчиков должно быть симметричным по оси верх-низ и не превышать площадь затенения датчиков на плате XY. Особенно следует избегать расположения нагревающих элементов бортовой аппаратуры в поле зрения датчиков.

Плата датчиков должна быть сориентирована по оси верх-низ модели, так, чтобы черный провод шлейфа платы был расположен снизу. Во избежание наведения помех и ухудшения стабильности работы искусственного горизонта следует избегать расположения платы Z датчиков горизонта в непосредственной близости от видеопередатчика и расположения шлейфа платы рядом с силовыми кабелями. Типичные варианты расположения платы Z датчиков горизонта: на стойке сбоку фюзеляжа, в крыле модели.



ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ АВТОПИЛОТА

РЕЖИМЫ РАБОТЫ АВТОПИЛОТА

Автопилот имеет три режима работы: режим ручного управления, режим стабилизации или «fly by wire» и режим автономного полета, включающийся при автоматическом возврате модели в точку старта.

Режимы работы автопилота могут переключаться с помощью RC передатчика при подключении управляющего канала (управляющих каналов) к выделенным каналам RC приемника. Помимо этого, возможно автоматическое включение режима возврата модели в точку старта при выполнении заранее настраиваемых условий.

В режиме ручного управления автопилот транслирует команды от RC приемника на сервомашинки практически без изменений. Признаками присутствия автопилота в этом режиме являются:

1. Внесение незначительной (менее 20 миллисекунд) задержки в передаче команд от RC передатчика на сервомашинки.
2. Наличие ограничений на рабочие диапазоны в RC каналах, заданных при калибровке каналов RC управления.
3. Подавление небольших колебаний ширины импульсов («дрожания») PPM сигналов в каналах RC управления.

В режиме стабилизации автопилот позволяет управлять моделью почти так же, как в режиме ручного управления, но значительно облегчает управление за счет автоматического поддержания ориентации модели с возможностью управлять ориентацией с RC передатчика. В режиме стабилизации автопилот непрерывно, в реальном времени выполняет следующие задачи:

1. Декодирует положения каналов RC передатчика, за исключением канала газа, интерпретируя положение ручек RC передатчика как значения требуемых углов крена и тангажа в соответствии с предварительно заданными настройками и калибровками.
2. Транслирует команды в канале газа аналогично режиму ручного управления.
3. Опрашивает датчики горизонта и вычисляет текущую ориентацию модели.
4. Отклоняет управляющие плоскости модели в соответствии с предварительно заданными настройками и калибровками, стремясь привести текущую ориентацию модели к заданной ручками RC передатчика. Таким образом, в режиме стабилизации реализовано прямое управление моделью по каналу газа и не прямой («fly by wire») контроль сервомашинки управляющих плоскостей модели.

В режиме автономного полета автопилот не позволяет управлять моделью, но при наличии RC сигнала выполняет команды управляющего канала, в том числе, команды принудительного включения и выключения режима автономного полета.

В режиме автономного полета автопилот выполняет те же задачи, что и в режиме стабилизации, но с учетом отсутствия RC связи:

1. На основании данных от модуля GPS, бародатчиков и т.д. вычисляет требуемый курс на точку старта.
2. По текущим и требуемым величинам курса, скорости и высоты вычисляет требуемое значение газа и величины углов крена и тангажа в соответствии с предварительно заданными настройками.
3. Опрашивает датчики горизонта и вычисляет текущую ориентацию модели.
4. Отклоняет управляющие плоскости модели в соответствии с предварительно заданными настройками и калибровками, стремясь привести текущую ориентацию модели к вычисленной.
5. Управляет каналом газа в соответствии с предварительно заданными настройками и калибровками, стремясь привести текущую скорость модели к заранее заданной.

По сути режим автономного полета является «надстройкой» над режимом стабилизации, но вместо обработки

команд от RC передатчика для получения требуемой ориентации и скорости модели автопилот самостоятельно вычисляет требуемую ориентацию и скорость модели.

Для устойчивого возвращения в точку старта автопилот непрерывно на основе текущих и стартовых координат GPS вычисляет требуемый курс на точку старта и угол доворота на нужный курс. Требуемый крен выбирается пропорционально углу доворота на нужный курс и в ту же сторону, куда нужно довернуть модель, величина крена вычисляется с учетом заранее заданных настроек. Ориентация модели по тангажу вычисляется в пропорциональной зависимости от разницы текущей и заданной высоты модели, с учетом заранее заданных настроек. Контроль канала газа, в зависимости от заранее заданных настроек, осуществляется либо на основании разницы между текущей скоростью и требуемой скоростью, либо путем установки заранее заданного уровня газа.

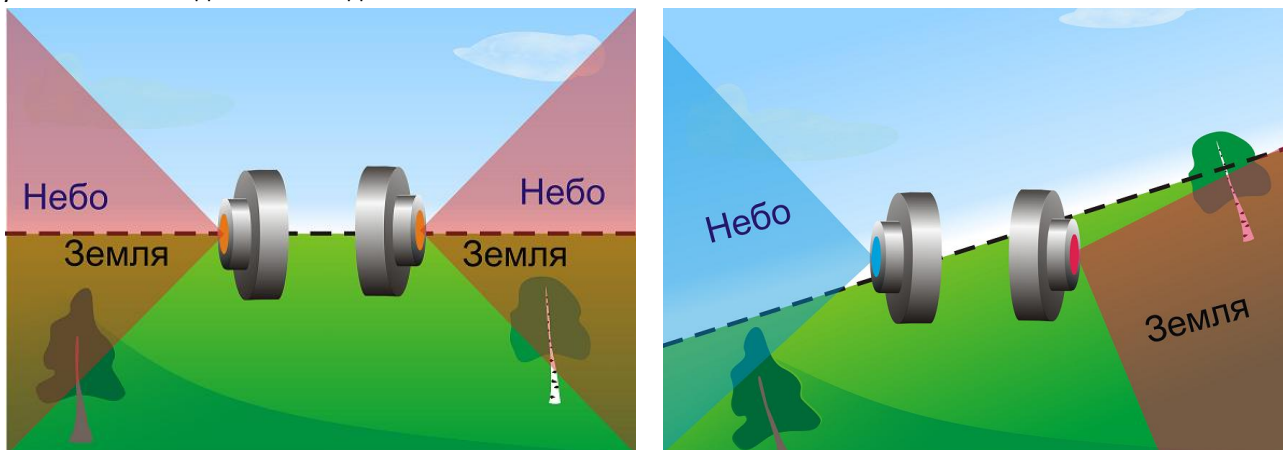
Управление по крену, тангажу и газу осуществляется непрерывно, параллельно, без учета взаимозависимостей между текущими значениями этих параметров.

ПРИНЦИП ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ

Известно, что любое тело, обладающее температурой выше абсолютного нуля, излучает свет в инфракрасном диапазоне, причем, энергия этого излучения растет с повышением температуры тела.

С другой стороны, известно, что собственное ИК излучение земной атмосферы сравнительно невелико по сравнению с ИК излучением Земли, даже ночью или в зимнее время.

В основе принципа стабилизации лежит метод определения ориентации модели по показаниям ИК датчиков. Пары датчиков, расположенных на одной оси, но направленных в противоположные стороны, воспринимают картину ИК излучения, приходящего с противоположных направлений. Если ось расположена горизонтально, то оба датчика получают примерно одинаковое количество ИК излучения: половина обзора заслонена теплой Землей, а половина приходится на небо. Если же ось наклонена, то датчик, наклоненный вниз, получает больше ИК излучения и выдает большее напряжение на выходе, а верхний – меньшее. Разница напряжений усиливается и подается на вход автопилота.



Наличие трех таких осей, расположенных под углами 90 градусов друг к другу, позволяет достоверно определять ориентацию по показаниям ИК датчиков при любом положении модели.

Дополнительно, это позволяет избежать необходимости калибровки системы датчиков при изменении погоды, времени суток и т.д. Это достигается благодаря тому, что при взаимно перпендикулярном расположении трех осей датчиков можно в любой момент определить максимальную разницу в величине ИК излучения от земли и неба и использовать ее как эталонное значение для вычисления ориентации.

ПРИНЦИПЫ СТАБИЛИЗАЦИИ

Информация о текущей ориентации модели – углы крена и тангажа, вычисленные с помощью датчиков горизонта. Информация о требуемой ориентации модели – углы крена и тангажа, заданные с RC передатчика в режиме стабилизации, или вычисленные самим автопилотом в режиме автономного полета.

Имея эти данные, автопилот непрерывно вычисляет разницу между текущим и требуемым углом тангажа и текущим и требуемым углом крена. Далее, в соответствии с заранее заданными калибровками RC каналов и настройками системы стабилизации автопилот отклоняет управляющие плоскости модели пропорционально отклонениям от требуемых углов крена и тангажа.

Система стабилизации работает непрерывно, и при корректных настройках, подходящих Вашей модели, переводит ориентацию модели из любого начального положение в требуемое состояние.

Настройки системы стабилизации состоят из двух параметров, задаваемых независимо для крена и тангажа: **чувствительность и демпфирование.**

Чувствительность – величина, определяющая, насколько сильно управляющие плоскости модели отклоняются при отличии текущего угла от требуемого. Например:

- При чувствительности в канале тангажа 50%, отклонение текущей ориентации модели от требуемой по тангажу на 60 градусов (~1 радиан) приведет к отклонению руля высоты на $1 * 50\% = 50\%$ от полного отклонения.
- При чувствительности в канале тангажа 160%, отклонение текущей ориентации модели от требуемой в минус 45 градусов (~-0.8 радиан) приведет к отклонению руля высоты на $-0.8 * 160\% = -124\% = -100\%$ (всегда ограничено диапазоном -100%..100%) от полного отклонения.

Аналогично вычисляется и отклонение управляющих плоскостей в канале крена.

Очевидно, для медлительных моделей с небольшими управляющими плоскостями параметры чувствительности должны быть установлены в сравнительно большие значения, в противном случае система стабилизации будет работать очень медленно или вовсе не справится с управлением моделью при сильном ветре, нарушениях центровки или, например, при сильном влиянии реактивного момента от винта.

С другой стороны, для маневренных моделей с развитыми управляющими плоскостями параметры чувствительности должны быть сравнительно небольшими, в противном случае система стабилизации, отклоняя управляющие плоскости на большие углы, будет управлять моделью слишком резко и модель будет по инерции «пролетать» нужный угол, система стабилизации будет отклонять плоскости в противоположную сторону, модель опять «пролетит» нужный угол, и т.д.. То есть, из-за слишком резкого управления появится раскачка модели вокруг нужного положения.

Демпфирование позволяет бороться с раскачкой модели, как из-за слишком большой чувствительности стабилизации, так и из-за порывов ветра и т.д.

Оценивая ориентацию модели, автопилот запоминает разницу между текущей ориентацией модели и ориентацией в предыдущем цикле опроса датчиков горизонта, примерно 1/50 долю секунды назад. Эта разница в ориентации по сути определяет скорость изменения углов крена и тангажа.

Эта скорость высока, если модель резко изменяет свою ориентацию из-за порыва ветра или из-за слишком большой чувствительности системы стабилизации, поэтому целесообразно ограничить скорость изменения углов крена и тангажа, отклонив управляющие плоскости в противодействие этим изменениям.

Величина параметра демпфирования определяет, насколько сильно автопилот отклоняет управляющие плоскости в противодействие изменению ориентации модели.

- При низких значениях параметра демпфирования (0..30%) эффект от демпфирования будет практически незаметен.
- При средних и высоких значениях (40..80%) эффект раскачки может быть эффективно подавлен, даже маневренная модель будет изменять свою ориентацию плавно.
- При слишком высоких значениях (>100%) даже небольшие изменения ориентации приводят к значительным отклонениям управляющих плоскостей, что может привести к раскачке у маневренных моделей.

Автопилот суммирует действия, диктуемые параметрами чувствительности и демпфирования и выдает результирующий сигнал на управляющие плоскости. По сути, автопилот реализует ПД (пропорционально-дифференциальное) управление ориентацией модели в режиме стабилизации. Важно, что интегральное управление (ПИД, пропорционально-интегрально-дифференциальное) не используется: введение интегрального компонента может помочь в парировании неприятных эффектов, например, реактивного момента от винта или неправильного выкоса двигателя, но вносит значительную инерционность в реакцию модели и в целом делает поведение модели гораздо менее предсказуемым.

Оптимальные параметры чувствительности и демпфирования, разумеется, индивидуальны для каждой модели и зависят не только от размаха, массы, моментов инерции, маневренности модели, и так далее, но и от стиля управления.

Например, некоторые пилоты предпочитают изменять положение модели резкими короткими отклонениями стиков. Для них подойдут более агрессивные настройки стабилизации: более высокие коэффициенты чувствительности и (при необходимости) демпфирования обеспечат более резкие изменения ориентации модели.

Пилотам, предпочитающим неспешные маневры, подойдут более мягкие параметры стабилизации с меньшими коэффициентами чувствительности и демпфирования.

УПРАВЛЕНИЕ В РЕЖИМЕ СТАБИЛИЗАЦИИ

В режиме стабилизации реализовано не прямое управление моделью ("fly by wire"). Это значит, что Вы не управляете сервомашинками модели непосредственно, а лишь задаете желаемые углы крена и тангажа ручками RC передатчика. Сервомашинками модели управляет автопилот, стремясь ориентировать модель согласно положению ручек RC передатчика.

Нейтральные положения ручек передатчика в режиме стабилизации соответствуют нулевым углам крена и тангажа, то есть, горизонтальному положению модели. По мере отклонения ручек требуемые углы ориентации модели становятся ненулевыми и увеличиваются. Максимальные углы крена и тангажа, соответствующие крайним положениям ручек передатчика, задаются в Контрольной Панели автопилота на ПК.

Например:

- При задании максимального крена в Контрольной Панели в 60 градусов и отклонении ручки крена на 50% вправо система стабилизации наклоняет модель на $60 * 50\% = 30$ градусов вправо.

- При задании максимального тангажа в 45 градусов, максимального крена в 40 градусов в Контрольной Панели и отклонении ручек крена и тангажа тангажа на треть от себя и максимально влево, модель будет сориентирована на $45 \cdot -33\% = 15$ градусов вниз и с креном $40 \cdot 100\% = 40$ градусов влево.

Важно помнить, что при включенном режиме стабилизации «бросание» ручек передатчика приводит не к переводу управляющих плоскостей в нейтральные положения, а к требованию перевести модель в горизонтальное положение. При полете на больших скоростях, например, при быстром снижении, это может привести к опасным перегрузкам. Поэтому рекомендуется избегать резких движений ручек передатчика при полете на больших скоростях.

РЕЖИМ АВТОНОМНОГО ПОЛЕТА

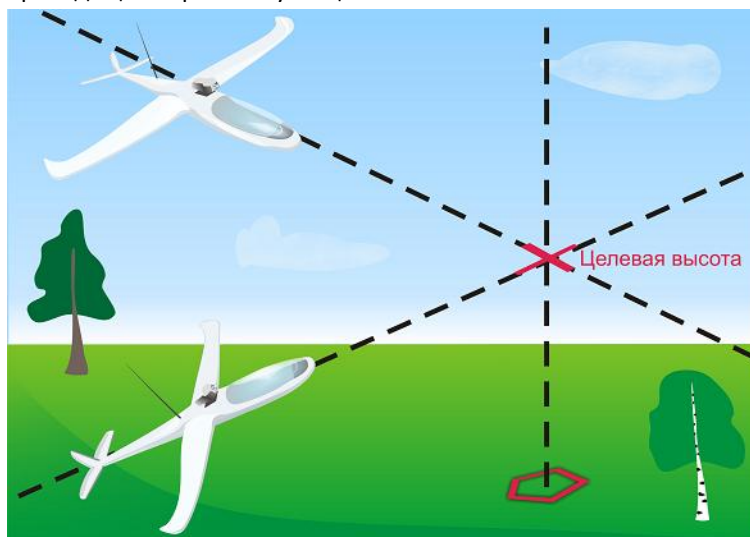
В режиме автономного полета автопилот преследует следующие цели:

1. Удержание целевой высоты
2. Удержание целевой скорости или уровня газа
3. Удержание курса на точку старта.

УДЕРЖАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ВЫСОТЫ

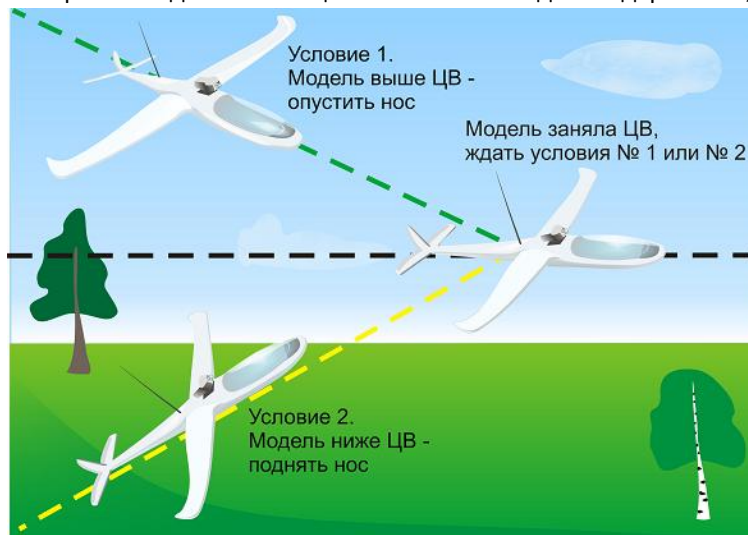
Удержание целевой высоты обеспечивается путем выбора целевого угла тангажа для системы стабилизации. Автопилот поддерживает 2 режима удержания целевой высоты: **Сразу занимать целевую высоту и Двигаться по прямой к целевой высоте.**

- В режиме **Двигаться по прямой к целевой высоте** автопилот выбирает целевой угол тангажа таким образом, что нос модели направлен строго на точку над точкой старта, расположенную на целевой высоте. В этом режиме автопилот будет стремиться набирать высоту или снижаться по прямой, проходящей через точку на целевой высоте.



На реальное поведение и траекторию движения модели в этом режиме зависит как влияние ветра, так и характеристики самой модели, например, стремление к кабрированию или набору высоты при увеличении газа и т.д., поэтому траектория модели по высоте может значительно отличаться от прямой линии.

- В режиме **Сразу занимать целевую высоту** автопилот выбирает целевой угол тангажа таким образом, что при нахождении ниже целевой высоты модель задирает нос, а при необходимости снижения модель опускает нос.



Угол тангажа в этом режиме пропорционален разнице между текущей высотой и целевой высотой, и параметру **«Сразу занимать целевую высоту» - Резкость**. Чем выше этот параметр, тем большие углы тангажа будут устанавливаться автопилотом при движении к целевой высоте.

Во избежание потери скорости и сваливания при слишком резком наборе высоты или набора слишком

большой скорости при снижении, целевой угол тангажа в любом режиме удержания целевой высоты может быть ограничен параметрами **Допустимый тангаж при подъеме** и **Допустимый тангаж при снижении**.

Текущая высота модели определяется по показаниям модуля GPS, но при подключении платы телеметрии с барометрическим датчиком высоты можно выбрать из двух вариантов: **По GPS** и **По бародатчику**.

Показания бародатчика высоты, как правило, менее инерционны по сравнению с показаниями модуля GPS, и поэтому использование бародатчика обычно предпочтительнее. Однако, показания бародатчика могут иметь значительную погрешность при резком изменении погодных условий во время полета (обледенение, резкое изменение атмосферного давления) или при неоптимальной установке датчика (электромагнитные помехи, влияние набегающих потоков воздуха).

УДЕРЖАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ СКОРОСТИ ИЛИ УРОВНЯ ГАЗА

Автопилот поддерживает 2 режима контроля газа в режиме автономного полета:

В режиме **Поддерживать газ** автопилот устанавливает уровень газа, заданный в Контрольной Панели параметром **Целевой уровень газа**, и не изменяет его в процессе управления моделью, за исключением возникновения ситуации, когда необходимо **Форсирование газа**.

Используя этот режим, установите **Целевой уровень газа** как минимум таким, чтобы модель гарантированно имела возможность набора высоты с максимальным разрешенным углом тангажа, и, в то же время, не слишком высоким, чтобы полет был достаточно экономичным.

В режиме **Поддерживать скорость** автопилот плавно регулирует уровень газа, стремясь удерживать скорость на уровне, заданном в Контрольной Панели параметром **Целевая скорость**. В этом режиме автопилот непрерывно сравнивает текущую скорость с целевой и плавно увеличивает уровень газа при недостаточной скорости и снижает газ при слишком большой скорости. В результате скорость модели стабилизируется или колеблется на уровне, близком к заданному значению.

Установите **Целевую скорость** в значение, гарантирующее модели возможность набора высоты с

максимальным разрешенным углом тангажа, но не слишком высокое, чтобы сохранить экономичность полета.

Уровень газа в этом режиме изменяется очень медленно, 10-20% за секунду. Точность, с которой автопилот удерживает целевую скорость, зависит от характеристик модели и агрессивности настроек системы стабилизации. Например, при необходимости резкого набора высоты система стабилизации быстро устанавливает большой угол тангажа, а система управления газом не успевает поднять уровень газа до величины, обеспечивающей целевую скорость с новым углом тангажа. В таком случае целевая скорость будет достигнута не сразу, а набор высоты начнется лишь через несколько секунд после изменения угла тангажа.

В некоторых случаях в момент включения режима автономного полета желательно сразу установить газ в некое ненулевое значение, чтобы обеспечить необходимую маневренность модели и снизить вероятность сваливания/штопора. Параметр **Целевой уровень газа** как раз позволяет задать уровень газа, устанавливаемый автопилотом в течение первых двух секунд после активации режима автономного полета. По истечении двух секунд в режиме **Поддерживать газ**, как описано выше, автопилот продолжит удерживать газ на заданном значении, а в режиме **Поддерживать скорость** уровень газа начинает отходить от начального значения, следуя логике удержания скорости.

Этот режим является более экономичным по сравнению с режимом **Поддерживать газ**, но при полетах в ветренную погоду следует соблюдать осторожность и позаботиться о корректном задании остальных параметров этого режима.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКУЩЕЙ СКОРОСТИ

При управлении моделью в режиме **Поддерживать скорость** автопилот может определять текущую скорость как по показаниям барометрического датчика скорости, если он подключен к плате телеметрии, так и по информации от модуля GPS. Выбор параметра **Определение текущей скорости** в Контрольной Панели определяет поведение модели в режиме **Поддерживать скорость** в автономном полете. Для выбора доступно три варианта: **По бародатчику**, **По GPS** и **Меньшая из скоростей по бародатчику и по GPS**:

- **По бародатчику**: с такой настройкой автопилот поддерживает заданную скорость по показаниям бародатчика, то есть, скорость модели относительно воздуха. В этом режиме наименее вероятно сваливание модели из-за слишком маленькой воздушной скорости или повреждение из-за слишком большой воздушной скорости, поскольку автопилот контролирует именно скорость модели относительно воздуха.
С другой стороны, сам воздух может двигаться относительно земли. В сильный ветер скорость модели относительно земли может значительно отличаться от воздушной скорости. Например, при задании целевой скорости относительно воздуха 40 км/ч и встречном ветре в 50 км/ч модель не сможет вернуться в точку старта.
- **По GPS**: в этом режиме автопилот поддерживает заданную скорость согласно данным от модуля GPS, то есть, скорость модели относительно земли, без учета влияния ветра. Этот вариант надежнее с точки зрения гарантий приближения к точке старта. Однако, при наличии попутного ветра возможно сваливание модели: сильный попутный ветер сам по себе делает скорость модели относительно земли достаточно высокой. Например, при задании целевой скорости относительно земли в 40 км/ч и попутном ветре в 35 км/ч требуемая скорость модели в воздухе составит всего 5 км/ч, автопилот сбросит газ до нуля, и модель в лучшем случае не сможет набирать и удерживать высоту, а в худшем случае это приведет к сваливанию/штопору.

- **Меньшая из скоростей по бародатчику и по GPS:** В этом случае автопилот использует в качестве значения текущей скорости меньшую из скоростей по бародатчику и GPS. Например, если модель летит в точку старта со встречным ветром, задана целевая скорость 50 км/ч, при этом скорость по бародатчику составляет 60 км/ч, а скорость по GPS – 30 км/ч, то автопилот будет увеличивать газ до тех пор, пока скорость по GPS не достигнет 50 км/ч. Такой режим является менее экономичным, но наиболее надежным с точки зрения возврата в точку старта способом контроля скорости.

Защита от сваливания

Иногда, например, для моделей, склонных к сваливанию, удобно ограничить минимальный уровень газа, позволяемый автопилоту в режиме **Поддерживать скорость**. При задании ненулевого значения параметра **Минимальный уровень газа** автопилот не будет опускать газ ниже этого значения, невзирая на требования логики удержания скорости.

Установите **Минимальный уровень газа** в значение, позволяющее избежать сваливания модели.

Защита от сноса ветром

Эта настройка позволяет обеспечить дополнительную страховку на тот случай, когда модель сносит ветром от точки старта. Автопилот непрерывно оценивает расстояние до точки старта и устанавливает газ в значение **Форсированный уровень газа**, если расстояние увеличивается в течение времени, заданного параметром **Время до форсирования**. Уровень газ остается в форсированном значении всё время, пока активен режим автономного полета, или пока не сработает запрет форсирования газа.

Установите **Форсированный уровень газа** в значение, достаточное для того, чтобы модель могла эффективно бороться с сильным ветром, например, 100%.

Обычно после возврата в точку старта модель удаляется от точки старта в течение какого-то времени, пока не развернется и вновь возьмет курс на точку старта, и в таком случае возможно возникновение условий для форсирования газа. Для того, чтобы избежать ненужного перерасхода энергии модели вблизи от точки старта и, дополнительно, избежать случайного форсирования газа, пока модель находится еще на земле, введена настройка **Запретить форсирование газа в радиусе**. Если модель находится в указанном радиусе (без учета высоты) от точки старта, то форсирование газа отключается, а активизация форсирования газа запрещается до тех пор, пока модель не удалится на указанное расстояние.

Установите этот параметр с учетом радиуса разворота модели, например, значение 100 м подойдет для большинства моделей.

УДЕРЖАНИЕ КУРСА НА ТОЧКУ СТАРТА

Для возвращения модели в точку старта, автопилот в режиме автономного полета непрерывно выполняет следующие действия:

1. Получает текущее направление полета от модуля GPS.
2. Вычисляет направление из текущей точки на точку старта, используя текущие и стартовые координаты модели.
3. На основании значения текущего курса и азимута точки старта вычисляет угол, на который необходимо изменить курс, для того, чтобы направить модель в точку старта.

Угол необходимого изменения курса модели используется для задания целевого угла крена системе стабилизации модели. Для поворота влево автопилот задает левый крен, пропорциональный необходимому углу поворота модели влево, для поворота модели вправо используется, соответственно, правый крен. Таким образом при любом начальном курсе обеспечивается разворот модели в направлении точки старта и постоянный контроль и обновление курса в полете.



Свойства удержания курса определяются параметрами **Допустимый крен**, **Чувствительность по курсу**, **Максимальная скорость разворота**, **Определение текущего курса** и **Компенсация запаздывания GPS**.

Допустимый крен

Параметр **Допустимый крен** определяет максимальные углы правого и левого крена, допускаемые автопилоту в режиме автономного полета. Выставляя требуемый крен системе стабилизации, автопилот может использовать меньшие углы крена, но ни при каких условиях не будет требовать от системы стабилизации удерживать угол крена, превышающий значение этого параметра.

Установите значение параметра **Допустимый крен** в значение, обеспечивающее надежный поворот модели с достаточно малым радиусом и без риска сваливания/штопора. Обычно значения 30..45 градусов являются оптимальными для большинства моделей.

Чувствительность по курсу

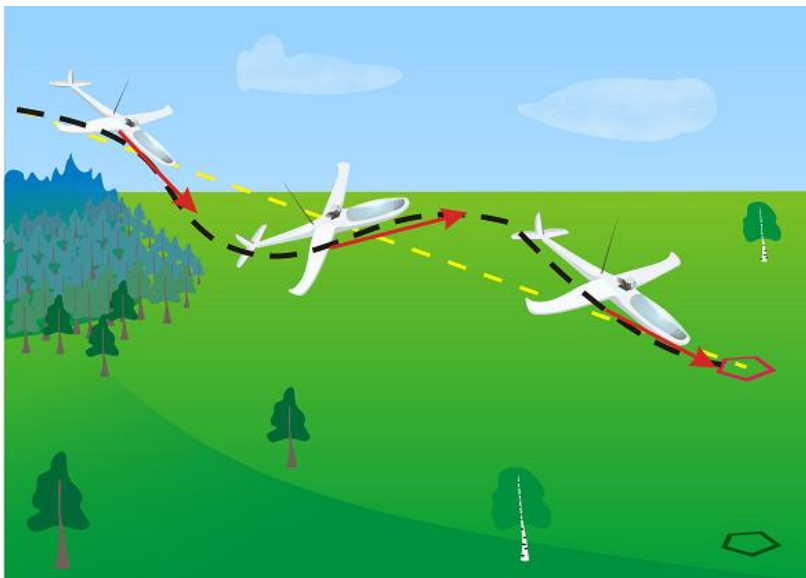
Чувствительность по курсу определяет величину крена, выставляемого автопилотом посредством системы стабилизации при поворотах на точку старта. Угол крена прямо пропорционален углу поворота на точку старта, с множителем, равным величине параметра **Чувствительность по курсу**.

Например:

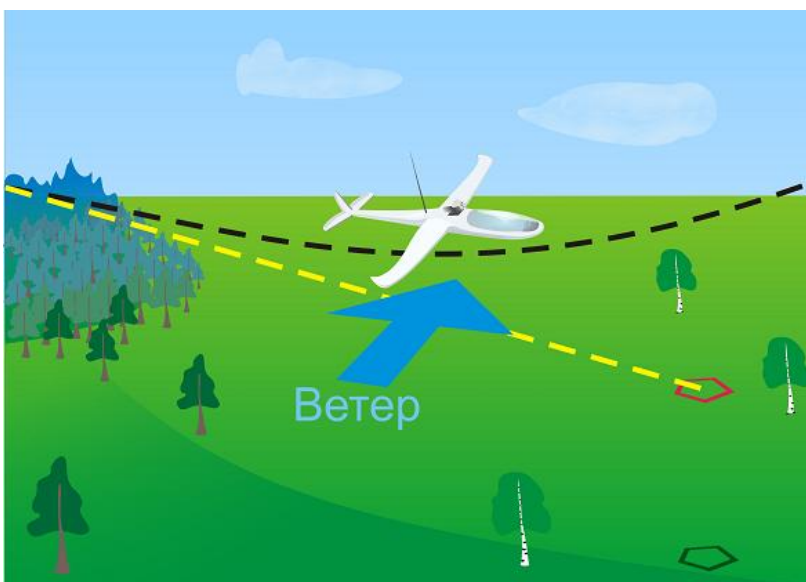
- При величине **Чувствительность по курсу** 50% и необходимости повернуть в сторону точки старта на 30 градусов автопилот выставляет крен $30 \text{ градусов} * 50\% = 15 \text{ градусов}$.

- При величине **Чувствительность по курсу** 30% и необходимости повернуть на 160 градусов автопилот выставляет крен $160 \text{ градусов} * 30\% = 48 \text{ градусов}$. Если это значение выше, чем значение параметра **Допустимый крен**, скажем 45 градусов, то автопилот уменьшает требуемый крен до 45 градусов.

Слишком большая величина чувствительности по курсу обеспечивает более быстрые развороты модели в направлении точки старта, но, одновременно с этим, приводит к риску «переруливания» и возникновения колебаний по курсу.



Маленькое значение чувствительности по курсу обеспечивает гораздо более плавное маневрирование и развороты на базу с большим радиусом, но вместе с этим увеличивает риск потери модели при порывистом ветре или при условиях, искажающих работу датчика горизонта. В таком случае небольшие величины крена, устанавливаемые автопилотом, могут оказаться недостаточными для того, чтобы модель гарантированно разворачивалась в сторону точки старта.



Установите значение параметра **Чувствительность по курсу** в значение, обеспечивающее устойчивый разворот в сторону точки старта и отсутствие колебаний по курсу. Обычно оптимальное значение находится в диапазоне 50..100%. Устанавливайте параметр **Чувствительность по курсу** совместно с параметром **Допустимый крен**, при этом устойчивый разворот в сторону точки старта будет обеспечен достаточно большой величиной чувствительности по курсу, а слишком большие углы крена будут запрещены ограничением на максимальный допустимый крен.

Максимальная скорость разворота

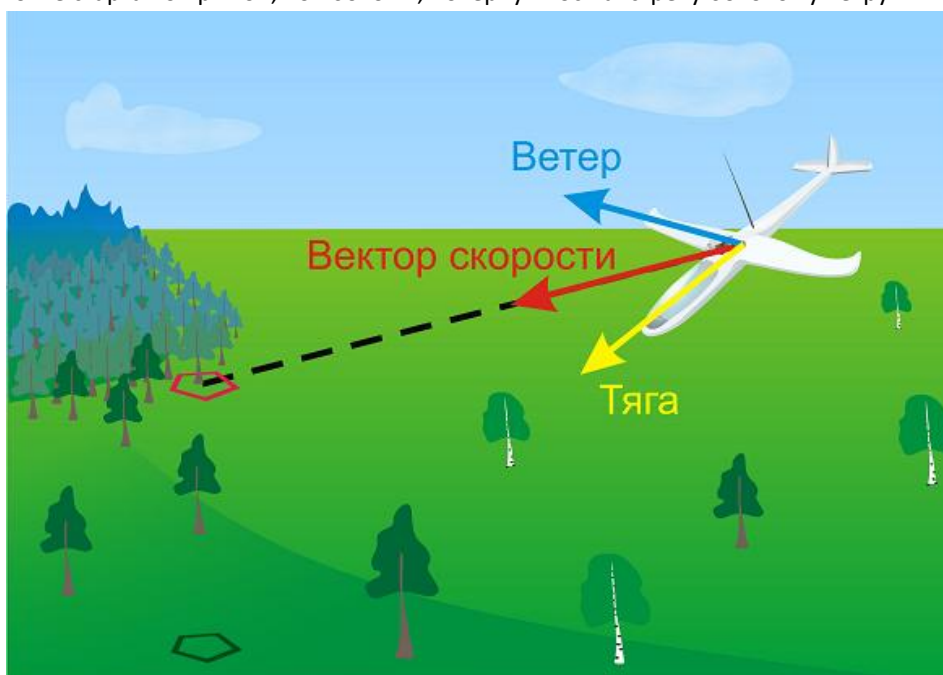
Параметр **Максимальная скорость разворота** позволяет ограничить скорость изменения курса модели. Автопилот каждую секунду отслеживает скорость разворота модели и при выходе ее за это ограничение снижает требуемый угол крена в 2 раза, при этом уменьшение крена активно в течение одной секунды.

В большинстве случаев это ограничение не является необходимым, поэтому можно оставить значение по умолчанию, 180 градусов в секунду. С большинством моделей автопилот никогда не включит ограничение с таким значением скорости разворота.

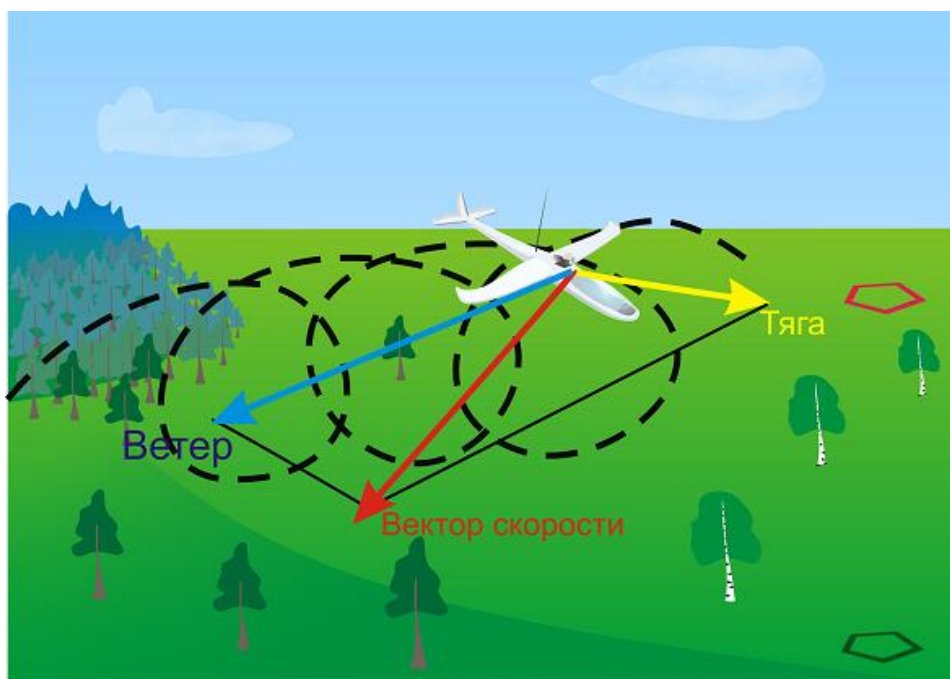
Определение текущего курса

Информацию о текущем курсе модели автопилот получает от модуля GPS, или, при наличии, от магнитного компаса. Параметр **Определение текущего курса** позволяет выбрать первый или второй вариант для определения текущего курса автопилотом.

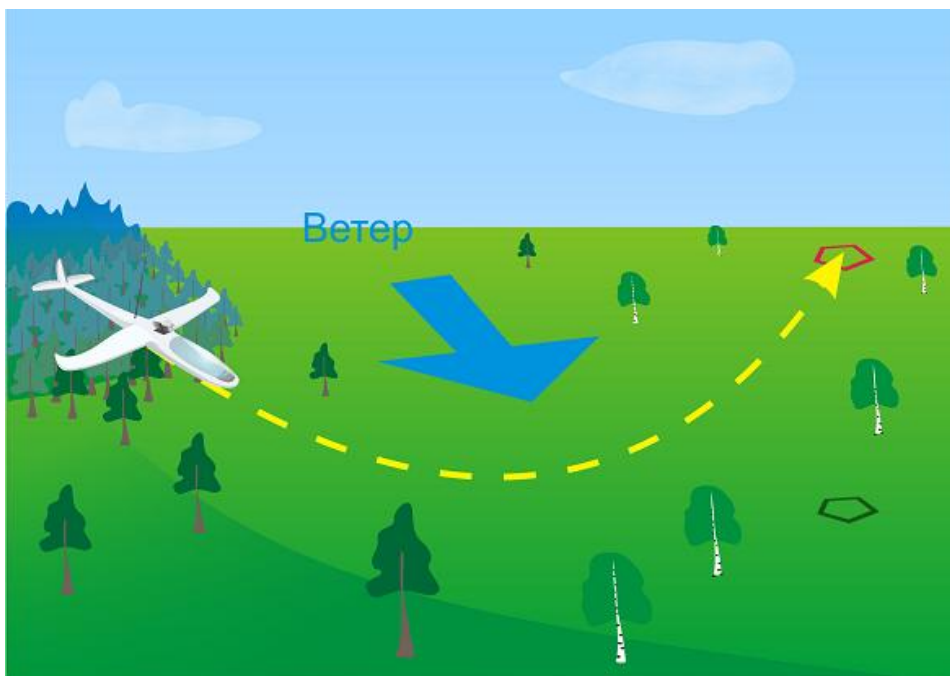
В случае использования информации о курсе от модуля GPS автопилот направляет вектор скорости модели относительно земли в сторону точки старта, поэтому даже при наличии бокового ветра модель будет приближаться к точке старта по прямой, но «бокком», повернув нос навстречу боковому ветру.



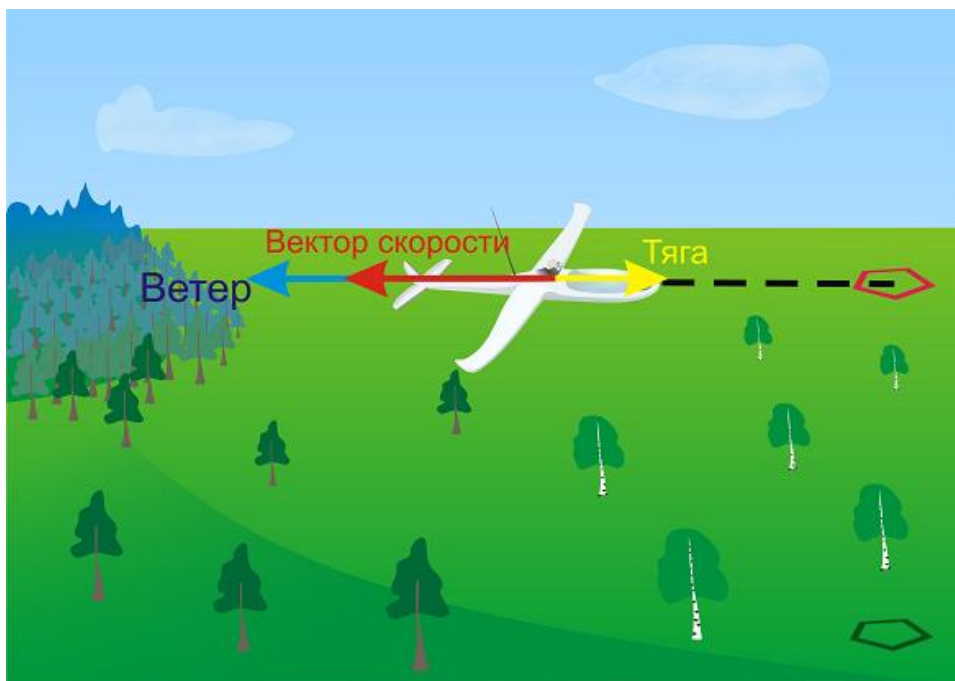
Если скорость ветра выше скорости полета модели в воздухе, то в таком случае без форсирования газа автопилот не сможет развернуть модель в точку старта, поскольку при любых условиях скорость модели относительно земли будет направлена в сторону удаления от точки старта. Автопилот будет держать модель в крене до тех пор, пока курс не укажет на приближение к точке старта, но при скорости ветра выше скорости модели такое условие не выполнится никогда. Возврат в точку старта будет невозможен.



При использовании магнитного компаса автопилот может корректно оценить ориентацию модели при любом ветре, и в автономном полете всегда стремится разворачивать модель носом к точке старта. При полетах в сильном боковом ветром возвращение на точку старта будет осуществляться по дуге, «надутой» боковым ветром.



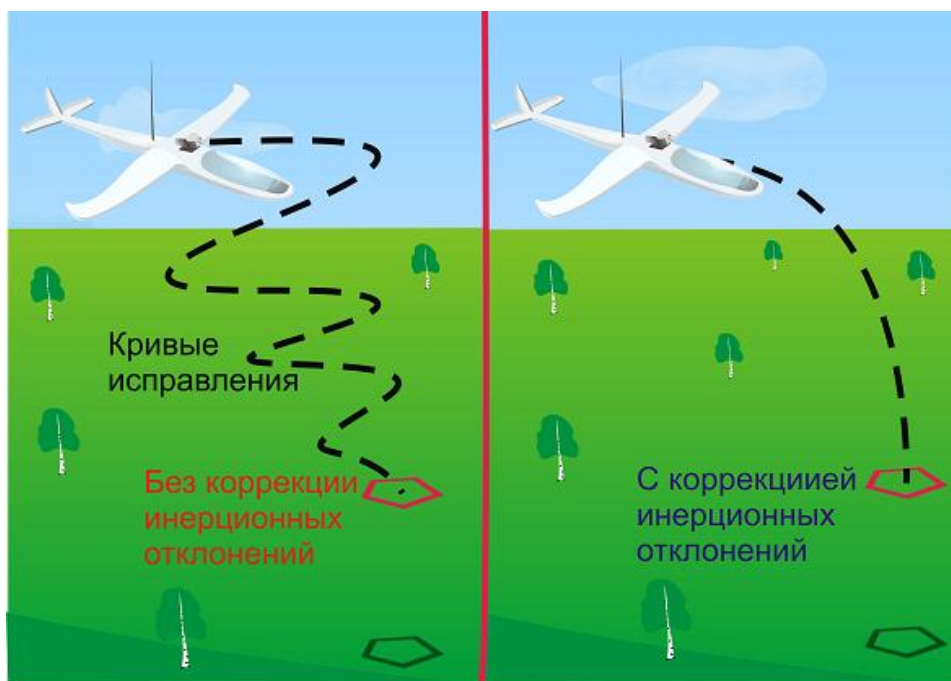
При сильном встречном ветре автопилот будет удерживать модель развернутой носом в сторону точки старта даже в том случае, когда скорость ветра выше скорости модели в воздухе. Модель в таком случае отдалается от базы «хвостом вперед», сопротивляясь ветру.



Компенсация запаздывания GPS

Зная скорость изменения курса модели за последнюю секунду, автопилот может добавить к значению текущего курса текущую скорость изменения курса модели, и получить, по сути, предсказание курса модели на одну секунду вперед. Такое предсказание позволяет скомпенсировать задержку приходящей от модуля GPS информации о реальном курсе модели. Параметр **Компенсация запаздывания GPS** указывает, на сколько секунд вперед автопилоту следует предугадывать курс. Помимо компенсации запаздывания данных от модуля GPS, предсказывание курса позволяет скомпенсировать инерционность изменения крена и курса модели и значительно улучшить устойчивость удержания курса.

Например, при длительном развороте в сторону базы с большим креном предугадывание курса позволяет заранее, не дожидаясь совпадения текущего курса и требуемого курса, снизить крен модели или даже поменять знак крена, что позволяет модели не пройти требуемый курс по инерции и впоследствии не предпринимать новый поворот на требуемый курс.



Параметр **Компенсация запаздывания GPS** имеет силу даже в случае использования магнитного компаса для вычисления текущего курса.

Установите значение параметра **Компенсация запаздывания GPS** в значение, **подходящее для Вашей модели**.

Обычно, чем медленнее модель меняет курс, тем больше требуемая величина параметра. Значение в 2-3 секунды оптимально для большинства моделей.

ВКЛЮЧЕНИЕ/ВЫКЛЮЧЕНИЕ РЕЖИМА АВТОНОМНОГО ПОЛЕТА

ВКЛЮЧЕНИЕ И ВЫКЛЮЧЕНИЕ РЕЖИМА АВТОНОМНОГО ПОЛЕТА

Автопилот может автоматически включать режим автономного полета с возвратом в точку старта в определенных условиях, условия настраиваются с помощью Контрольной Панели:

- При потере высоты на расстоянии
- При превышении заданного расстояния
- При превышении заданной высоты
- При снижении напряжений (3 напряжения) ниже заданного уровня
- При потреблении заряда ходовой батареи выше заданного уровня
- При времени полета выше заданного значения
- При потере RC сигнала

При следующих условиях возможно автоматическое выключение автопилота:

- При расстоянии меньше заданного

- При времени работы в автономном режиме больше заданного
- При обнаружении RC сигнала

В воздухе автопилот непрерывно определяет выполнение условий автоматического включения или выключения режима автономного полета. Логика автоматического включения или выключения выполняется несколько десятков раз в секунду и выглядит следующим образом:

- Автопилот обнуляет флаги включения и выключения режима автономного полета, то есть, в самом начале проверки изменение состояния автопилота не предполагается.
- При срабатывании одного или нескольких условий включения режима автономного полета автопилот выставляет флаг включения режима автономного полета
- При срабатывании одного или нескольких условий выключения режима автономного полета автопилот обнуляет флаг выключения режима автономного полета
- При наличии RC сигнала и обнаружении команд управляющего канала на включение или выключение режима автономного полета автопилот выставляет соответствующие флаги включения или выключения режима автономного полета.
- После окончания проверки всех описанных выше условий автопилот оценивает флаги включения и выключения автономного полета, и если они установлены, то режим автопилота изменяется.

При этом условия включения и выключения режима автономного полета имеют следующие приоритеты и логику:

- При наличии RC связи команды управляющего канала имеют наивысший приоритет. При отсутствии RC связи команды управляющего канала игнорируются.
- Условия автоматического включения режима автономного полета имеют более высокий приоритет по сравнению с условиями автоматического выключения режима автономного полета.
- Условия автоматического выключения режима автономного полета имеют самый низкий приоритет.

Однажды изменив свое состояние, то есть, включив или выключив режим стабилизации или режим автономного полета, автопилот сохраняет его до тех пор, пока не возникнут условия, требующие изменения его состояния.

Состояние автопилота можно проконтролировать по изображению, накладываемому платой телеметрии: при возникновении условий, вызывающих включение режима автономного полета, плата телеметрии выводит одну или, в цикле, несколько строк с перечислением условий включения режима автономного полета:



Помимо этого, автопилот отображает состояние режима автономного полета одним из диагностических светодиодов:

- Диагностический светодиод вспыхивает приблизительно раз в секунду – нормальный режим автопилота.
- Диагностический светодиод выдает двойную вспышку приблизительно раз в секунду – координаты точки старта зафиксированы, автопилот может включать режим автономного полета.
- Диагностический светодиод половину секунды светится, а половину секунды не светится – включен режим автономного полета.

Следует отметить, что при отсутствии подключения к модулю GPS, при неисправности модуля GPS или при проблемах с приемом сигналов от спутников GPS координаты точки старта не запоминаются. В таком случае включение режима автономного полета блокируется до тех пор, пока координаты точки старта не будут зафиксированы. Наличие проблем с данными от спутников GPS можно увидеть на экране телеметрии: все параметры, получаемые от спутников GPS, будут мигать до тех пор, пока координаты точки старта не будут зафиксированы, а при потере сигнала от спутников GPS в полете эти параметры будут мигать до тех пор, пока сигнал не восстановится.

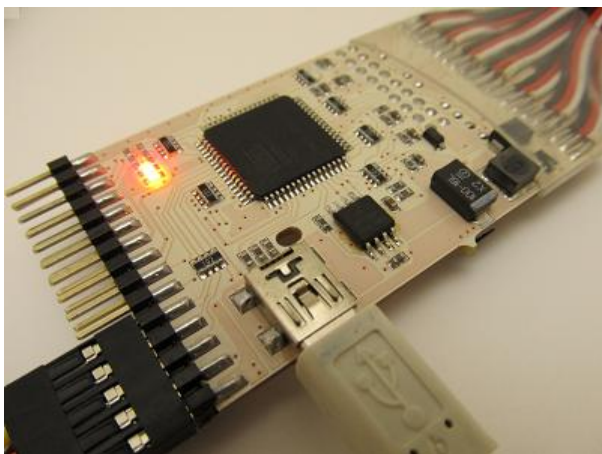
ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ПЛАТЫ АВТОПИЛОТА И ПОДКЛЮЧЕНИЕ К ПК

При подаче питания плата автопилота выполняет следующие действия:

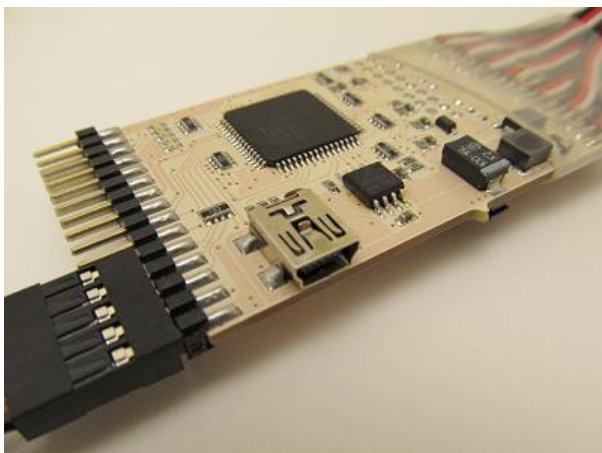
- Загружает настройки и калибровки из энергонезависимой памяти в оперативную память.
- Находит в энергонезависимой памяти самую свежую запись бортового журнала, чтобы продолжить ведение бортового журнала сразу после этой записи.
- Ищет связь с платой телеметрии.

Настройки и калибровки автопилота для надежного сохранения дублируются в трех местах энергонезависимой памяти, каждый такой блок данных снабжен контрольной суммой. В случае ошибки контрольной суммы при чтении настроек в первом блоке автопилот выдает на диагностические светодиоды два цикла «бегущих огней» и пытается прочесть данные из второго блока. При ошибке выдает два цикла «бегущих огней». Так продолжается до тех пор, пока настройки не будут считаны успешно. В том случае, если все блоки данных содержат некорректные данные, автопилот продолжает стартовую последовательность без инициализации настроек и калибровок.

Стоит учесть, что при обновлении микропрограмм автопилота структура настроек автопилота может изменяться, поэтому сохранение текущих настроек и калибровок после обновления микропрограммы автопилота не гарантируется.

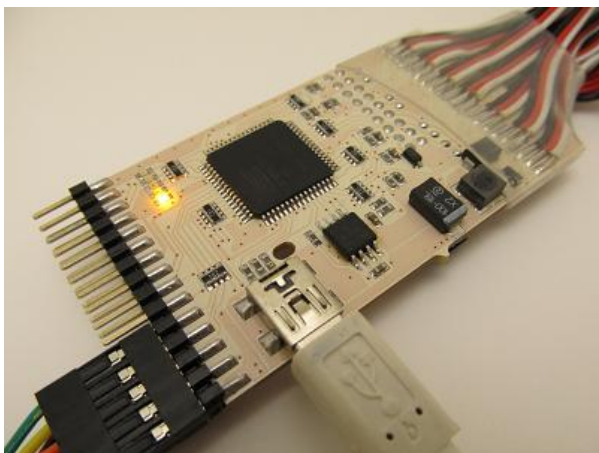


Процесс поиска самой свежей записи в бортовом журнале занимает доли секунды, в это время активен светодиод, отображающий доступ к энергонезависимой памяти.

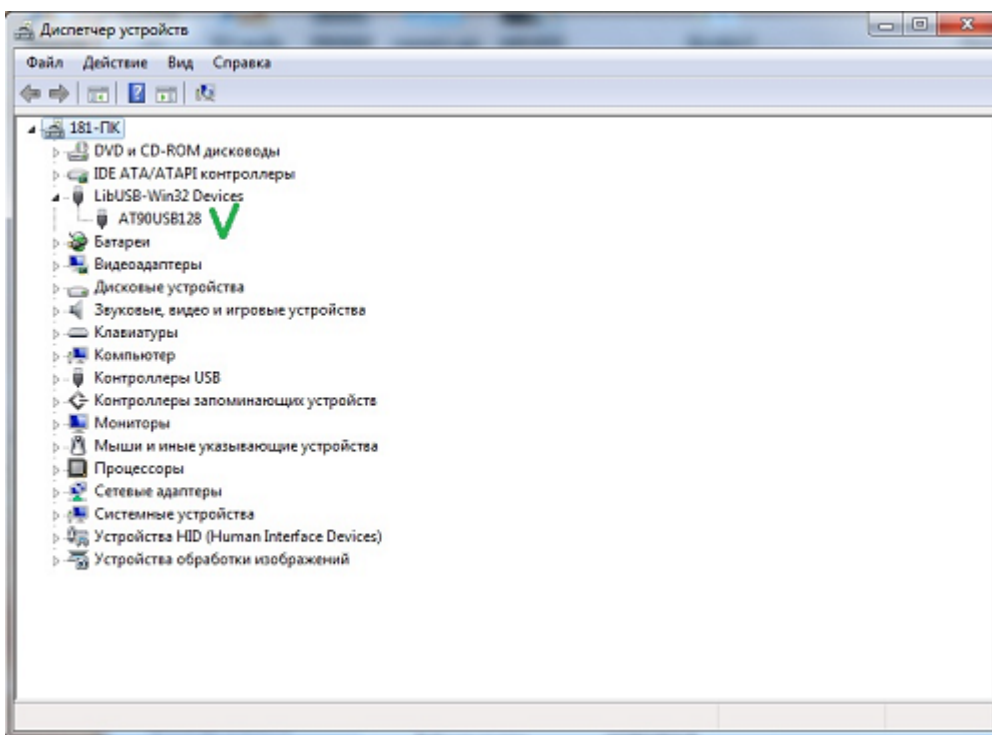


Для подключения к ПК плата автопилота имеет разъем стандарта USB.

Плата автопилота поддерживает класс устройств HID (Human Interface Device), таких, как клавиатура, мышь и т.д., поэтому при подключении к ПК не требуется установка драйверов. OS Windows XP и выше имеют встроенную поддержку HID устройств. При первом подключении к ПК Windows обнаруживает новое устройство и автоматически устанавливает драйвер для устройства.



На плате автопилота при успешном подключении к ПК загорается крайний светодиод:



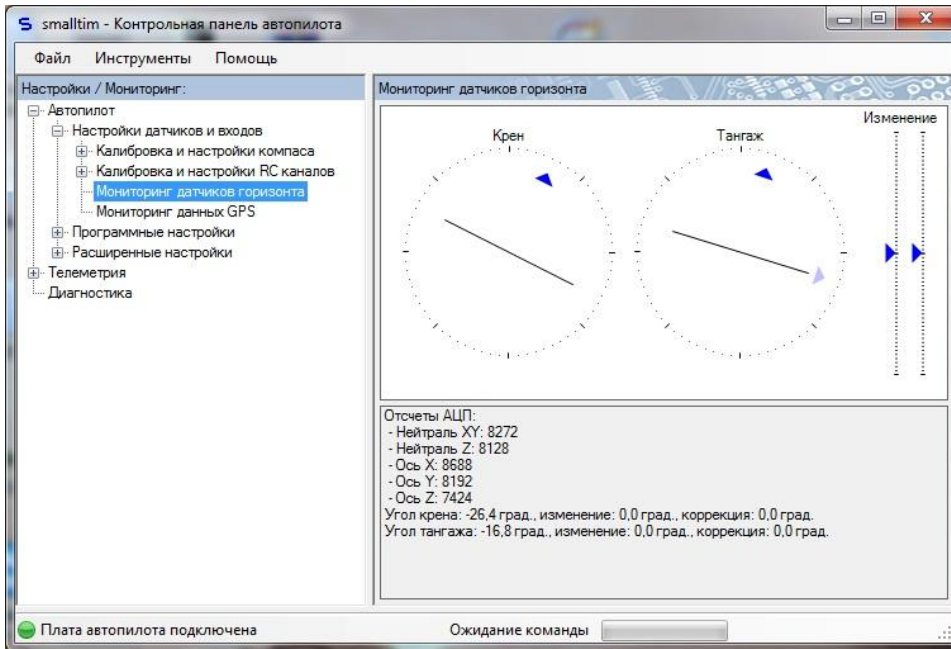
При последующих подключениях к разъему USB связь с ПК активизируется автоматически, в течение секунды или меньше, если плата автопилота уже была подключена к батарее питания, или в течение нескольких секунд, необходимых для инициализации платы, при подаче питания от разъема USB.

КОНТРОЛЬНАЯ ПАНЕЛЬ

ОПИСАНИЕ

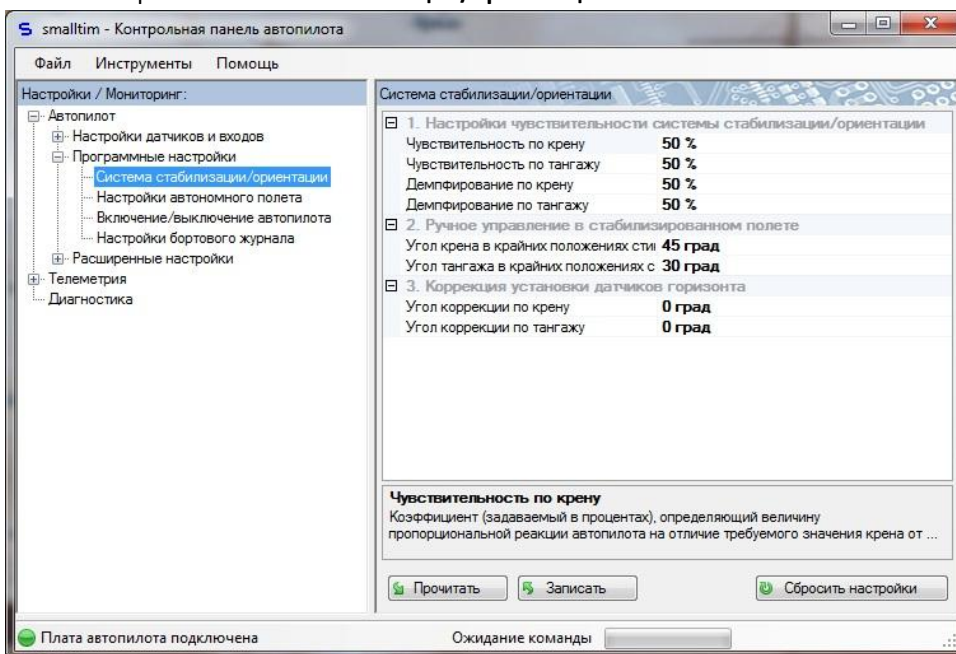
Контрольная Панель представляет собой программный модуль для ПК, предназначенный для задания настроек и калибровок автопилота, а также для мониторинга параметров работы и считывания бортового журнала автопилота. Замена программного обеспечения автопилота и телеметрии может быть также выполнено с помощью Контрольной Панели.

Логически окно Контрольной Панели разделено на 2 части. Слева находится список доступных для редактирования блоков настроек автопилота («страниц настроек» или «панелей настроек»). При выборе какой либо панели настроек в правой части окна Контрольной Панели отображается список настроек автопилота, принадлежащих этой панели.



РАБОТА С ПАНЕЛЯМИ НАСТРОЕК

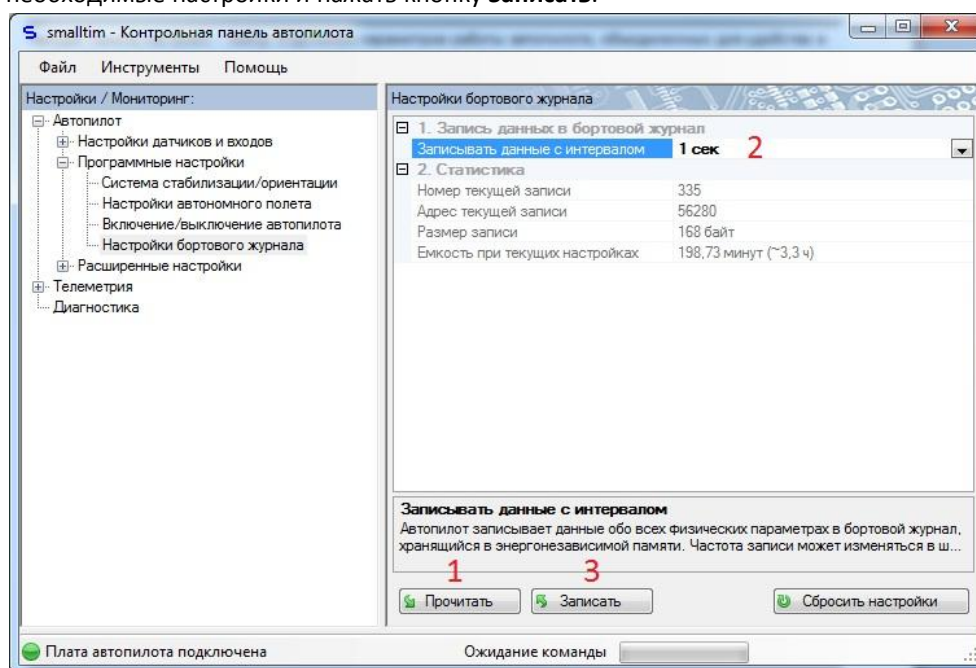
Каждая панель настроек – набор отдельных параметров работы автопилота, объединенных для удобства в группу. Группы настроек не дублируются, каждая отдельная группа настроек соответствует параметрам работы отдельной подсистемы автопилота. Например, настройки параметров системы стабилизации объединены в панель настроек **Система стабилизации/ориентации**:



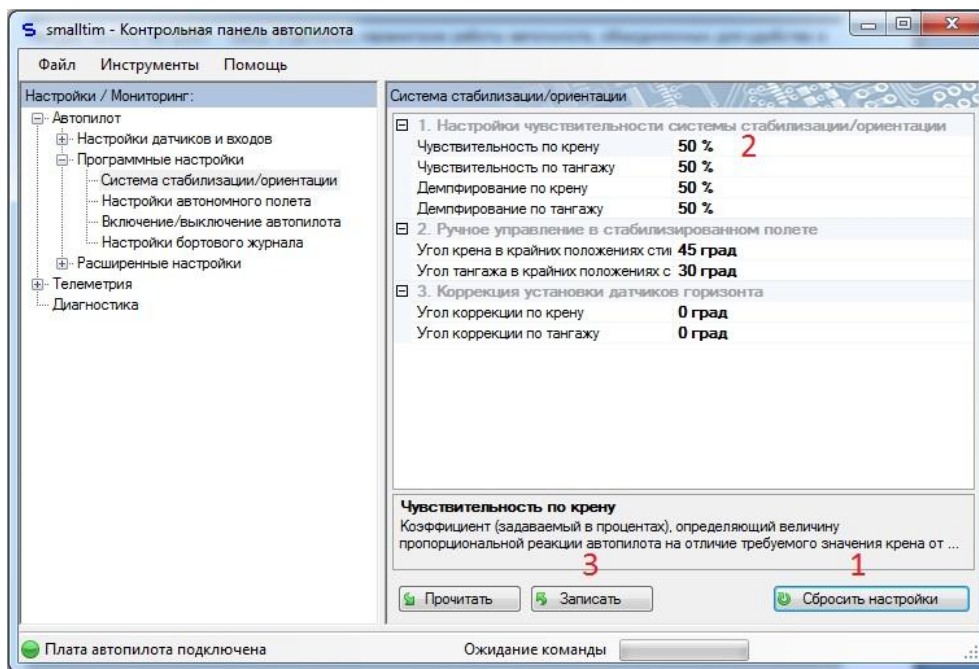
Работа с панелями настроек

При старте Контрольной Панели все панели настроек неактивны, и редактирование настроек недоступно. Редактирование и запись настроек в память платы автопилота становятся доступны только в том случае, когда в панель загружены данные. Помимо этого, при нажатии кнопки **Записать** в память автопилота записывается только группа настроек, соответствующая текущей панели, остальные настройки автопилота не изменяются. Таким способом реализована защита от записи некорректных настроек в память автопилота или нежелательного изменения настроек автопилота по ошибке. Загрузить данные в панель настроек и разрешить запись настроек в память автопилота можно четырьмя способами:

- **Прочитать данные из платы автопилота.** Этот вариант подходит, когда необходимо изменить какие-либо отдельные настройки автопилота. В этом случае необходимо нажать кнопку **Прочитать**, изменить необходимые настройки и нажать кнопку **Записать**.



Сбросить настройки в значения по умолчанию. В этом случае настройки, соответствующие текущей панели, сбрасываются в значения по умолчанию. Для этого необходимо нажать кнопку **Сбросить настройки**, изменить при необходимости какие-либо значения, и нажать кнопку **Записать**.



Следует учесть, что значения по умолчанию могут быть неоптимальны для Вашей модели.

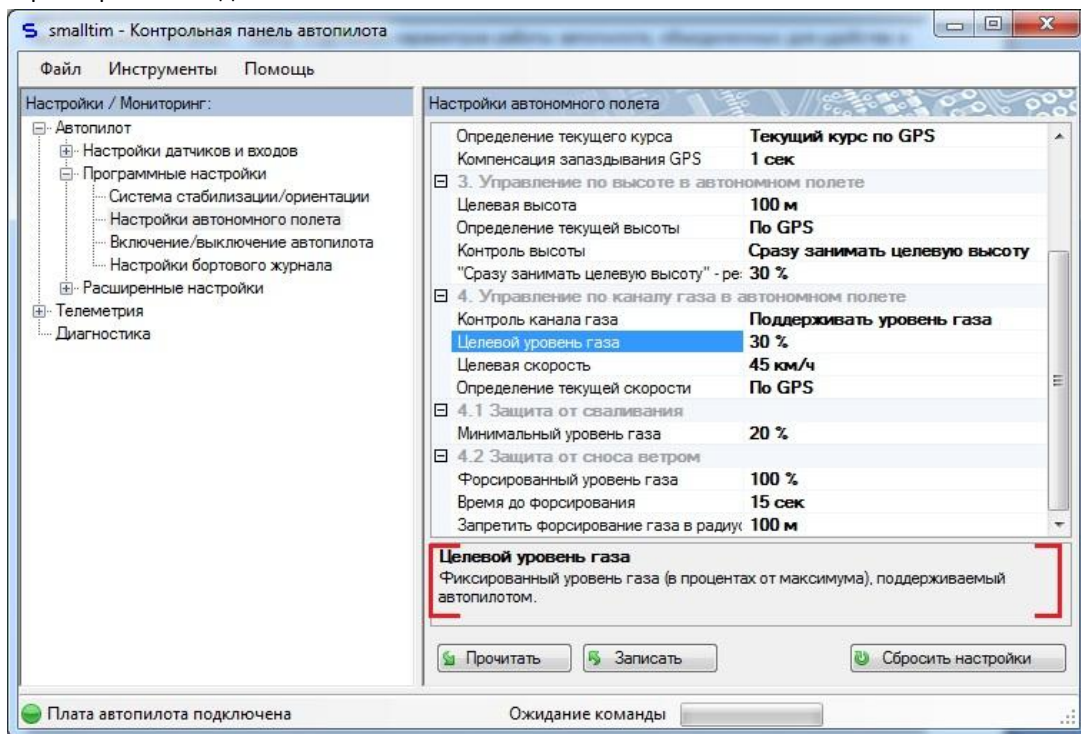
- Прочитать настройки из файла.** При выборе команды **Загрузить все настройки из файла** в главном меню Контрольная Панель предлагает выбрать файл для чтения из него настроек. Из файла загружаются данные для всех, для одной или для нескольких групп настроек, при этом соответствующие панели активизируются. От содержимого выбранного файла настроек зависит то, сколько и какие именно панели становятся активны. Следует учесть, что калибровки каналов и команд RC передатчика не сохраняются в файлах настроек. Перезапись параметров калибровки в память автопилота может быть произведена только после прохождения процедур калибровки.
- Прочитать все настройки из памяти автопилота.** При выборе команды **Прочитать все настройки из памяти платы** в главном меню Контрольной Панели платы все без исключения настройки и калибровки автопилота считываются из памяти, и все панели настроек активизируются.

При редактировании параметров не требуется вводить единицы измерения, например, для изменения значения максимального допустимого угла тангажа с 10 градусов до 15 градусов в поле со значением «**10 град**» можно ввести «**15**», «**15 град**», «**1 абвгд5ежз**» и так далее. Контрольная Панель автоматически отбрасывает незначимые символы и добавляет обозначение единиц измерения.

Пределы изменения параметров ограничены в соответствии с логикой работы автопилота. При попытке ввести заведомо некорректное значение параметра Контрольная Панель заменяет некорректное значение на ближайшее значение из допустимого диапазона. Например, при попытке ввести угол крена в крайних положениях стика величиной **360 град** Контрольная Панель автоматически ограничивает его до **90 град**. Сообщения об ошибках при автоматической коррекции параметров не выдаются.

Каждый изменяемый параметр на панелях настроек снабжен краткой подсказкой, описывающей влияние этого

параметра на поведение автопилота:

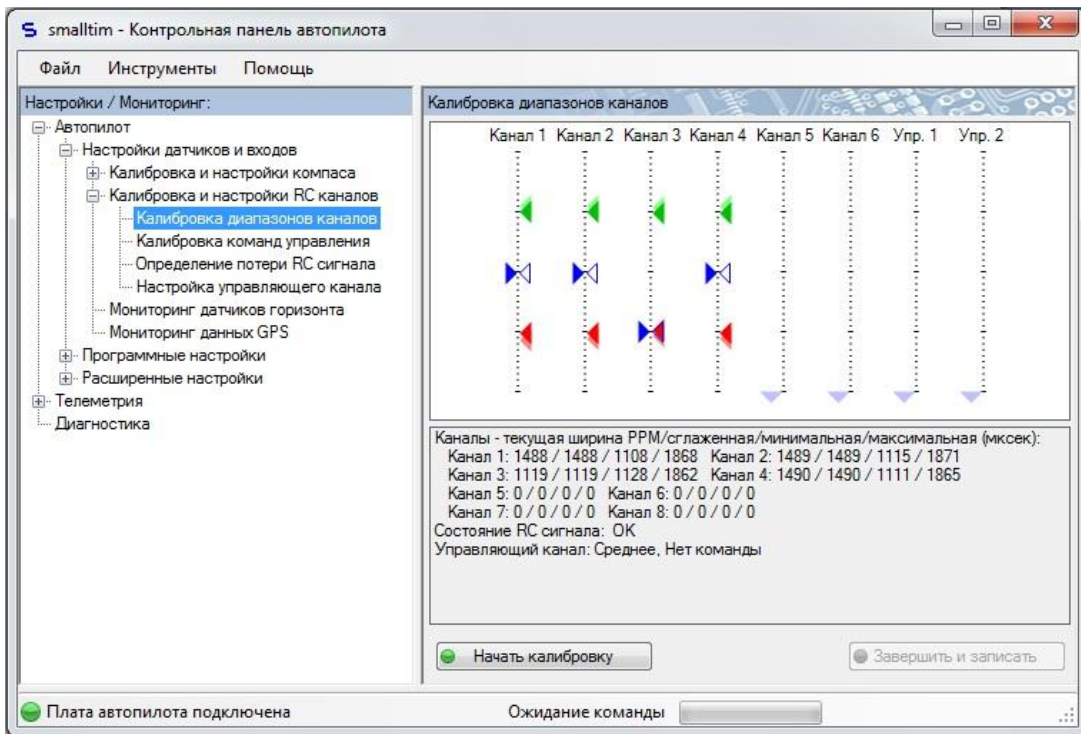


РАБОТА С ПАНЕЛЯМИ КАЛИБРОВОК И МОНИТОРИНГА

Панели мониторинга и калибровок отличаются от панелей настроек принципом обмена данными с автопилотом и отображения данных на экране.

В отличие от панелей настроек, где изменение данных, чтение из памяти и запись данных в память автопилота происходит по команде пользователя, на панелях настроек или калибровок данные изменяются непрерывно. Это происходит благодаря тому, что при обнаружении соединения с ПК автопилот начинает отправлять на ПК пакеты с данными о своем состоянии, непрерывно и с большой частотой. Контрольная Панель выбирает из потока те данные, что необходимы для отображения текущей панели настроек или калибровок, и выводит данные в графическом и тестовом виде.

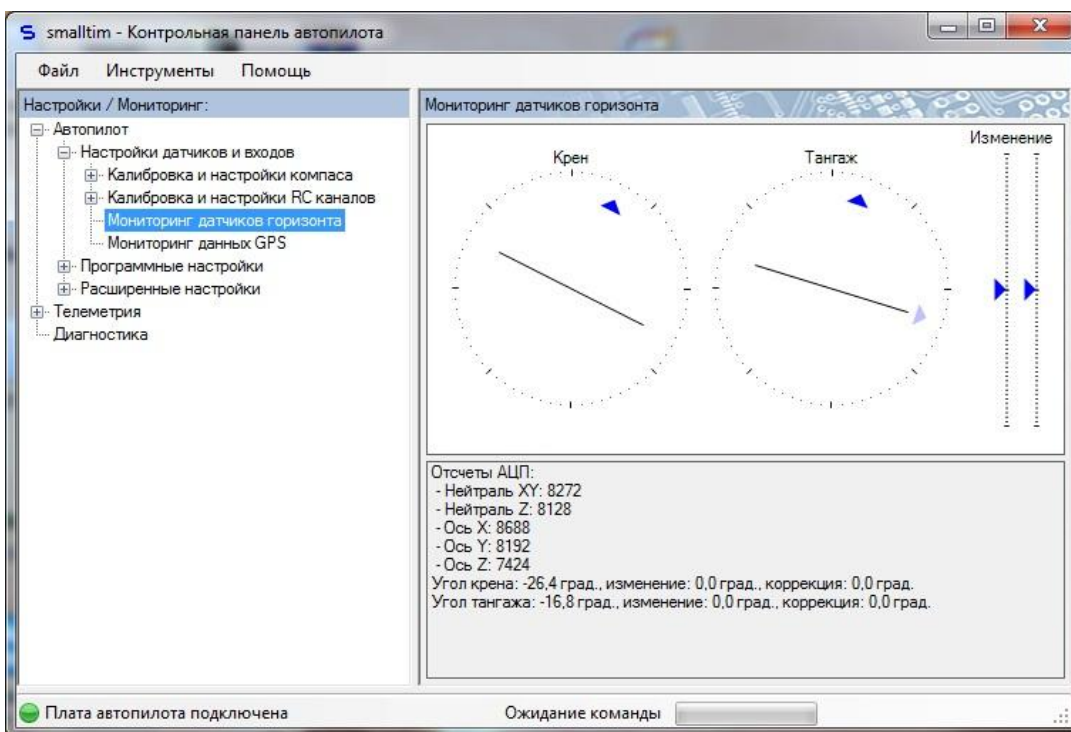
На **панелях калибровок** вместо кнопок чтения, записи и сброса настроек присутствуют кнопки **Начать калибровку** и **Завершить и записать**.



Кнопка **Завершить и записать** изначально неактивна, она остается неактивной до тех пор, пока процесс калибровки не начат нажатием кнопки **Начать калибровку** и не пройдены все стадии калибровки.

После нажатия кнопки **Начать калибровку** Контрольная Панель накапливает данные, необходимых для калибровки каких либо параметров автопилота, обрабатывает эти данные, и при нажатии кнопки **Завершить и записать** отправляет новые калибровочные данные автопилоту вместе с командой записи этих данных в память автопилота.

Панели мониторинга дают возможность только лишь проконтролировать состояние отдельных подсистем автопилота, отображая необходимую информацию в текстовом и графическом виде.



В зависимости от программной и аппаратной конфигурации Вашего ПК может существовать задержка между моментом фактического изменения параметров автопилота и временем отображения этого изменения на экране ПК. Обычно задержка не превышает 0.1..0.2 секунд.

КАЛИБРОВКА RC КАНАЛОВ

Как входами автопилота от RC приемника, так и выходами являются каналы с сигналом в формате PPM. Калибровка каналов радиоуправления необходима для того, чтобы автопилот имел представление о PPM, соответствующем нейтральным положениям и о полном диапазоне изменения входных каналов. Имея эту информацию, автопилот в любой момент может вычислить положения ручек RC передатчика и использовать их для управления моделью.

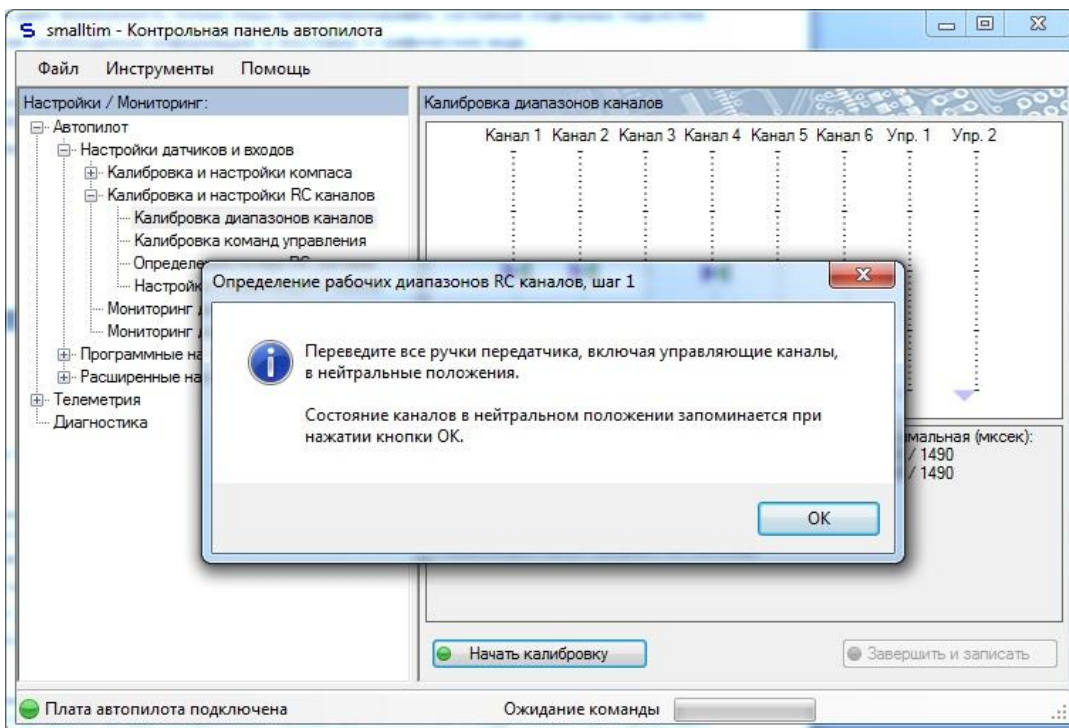
С другой стороны, калибровка каналов радиоуправления необходима для того, чтобы автопилот генерировал корректный выходной сигнал на сервомашинки, полноценно использующий доступный диапазон в каждом канале и в то же время не выходящий за границы этого диапазона во избежание механических поломок сервомашинки и элементов конструкции модели.

То есть, калибровка RC каналов заставляет автопилот пользоваться точно такими же значениями нейтралей и крайних точек каналов, что установлены на Вашем RC передатчике, и если Ваша аппаратура уже настроена по расходам и оттриммирована для Вашей модели, то при калибровке RC каналов автопилот автоматически учтет и запомнит эти настройки Вашей аппаратуры.

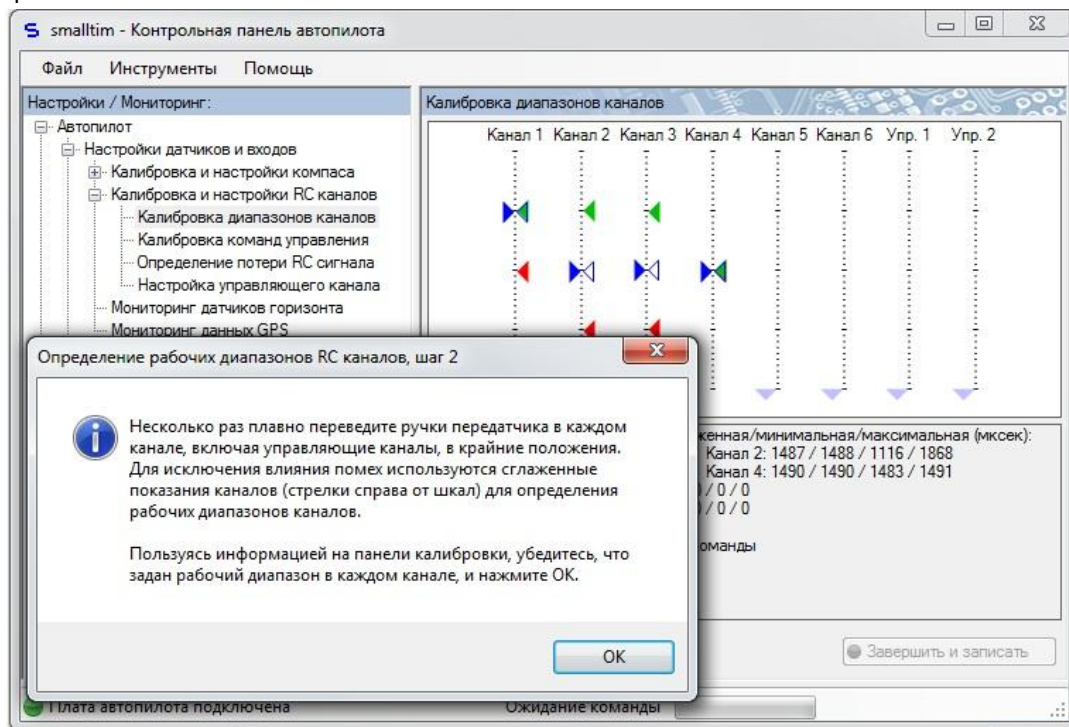
Следует учесть, что нейтральными положениями автопилот считает средние положения любых ручек RC передатчика, включая ручку на канале газа, то есть **нейтральное положение канала газа для автопилота – среднее положение ручки, или ровно 50% газа.**

Перед началом калибровки убедитесь в том, что двигатель модели отключен, и манипуляции с ручками RC передатчика не приведут к неожиданному включению двигателя.

Нажав кнопку **Начать калибровку**, следуйте указаниям Контрольной Панели:



Контрольная Панель сглаживает перемещения ручек при калибровке для подавления возможного шума. Сглаженные значения, соответствующие текущему состоянию RC каналов, отображаются контурными стрелками справа от шкал RC каналов. При калибровке убедитесь в том, что Вы удерживаете ручки в крайних положениях 1-2 секунды, то есть, достаточно долго для того, чтобы сглаженное значение стабилизировалось в крайнем положении.



Завершив калибровку, нажмите кнопку **Завершить и записать**.

На панели калибровки RC каналов при наличии подключения к автопилоту можно в любой момент проверить состояние подключенных RC каналов в текстовом и графическом виде.

КАЛИБРОВКА КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ

Для того, чтобы автопилот мог адекватно управлять моделью в режиме стабилизации и автономного полета, ему необходимо показать, как Вы, управляя моделью вручную, изменяете сигналы в каналах PPM для управления моделью по крену, тангажу и газу. Управляя моделью самостоятельно, автопилот будет повторять Ваши команды. На примере команды «правый крен» калибровка команды и поведение автопилота будет выглядеть так:

- При калибровке команды «нейтральные положения» все ручки Вашего RC передатчика находятся в нейтральных положениях. Контрольная Панель запоминает состояние PPM каналов в таком случае как «нейтраль в каждом канале».
- При калибровке команды «правый крен» Вы наклоняете ручку крена вправо до предела, остальные ручки RC передатчика – в нейтральных положениях. Один или несколько (зависит от включенных микшеров на RC передатчике, например, микшера элевона) выходных каналов RC приемника изменяются относительно нейтральной. Контрольная Панель запоминает отличие всех входных RC каналов от нейтральной для этой команды и запоминает разницу между текущим состоянием и нейтральной в каждом канале как команду «полный крен вправо».
- При включении режима стабилизации или автономного полета автопилот при необходимости поворота модели в сторону правого крена использует запомненные значения PPM для команды «полный крен вправо», смешивая их с нейтральными значениями PPM в нужной пропорции.

Управляя моделью в режиме стабилизации или автономного полета, автопилот формирует выходные значения PPM, смешивая запомненные при калибровке значения PPM для команд управления по крену, тангажу и газу в пропорциях, вычисленных подсистемами стабилизации и навигации. Таким образом, автопилот фактически копирует команды пилота при управлении моделью.

Математически каждая из команд управления моделью представляет собой 6-компонентный (6 каналов) вектор состояния PPM, а выходные каналы PPM в автономном полете и в режиме стабилизации определяются как линейная комбинация векторов команд управления, где весовые коэффициенты определяются подсистемами стабилизации и навигации.

При калибровке команд управления необходимо, чтобы настройки микшеров RC передатчика позволяли автопилоту корректно декодировать положения ручек передатчика по состоянию PPM входов, подключенных к RC приемнику. В противном случае автопилот в определенных ситуациях будет управлять моделью некорректно.

Например, при наличии микса «газ - РВ» при калибровке команд максимального и минимального газа изменяется не только сигнал в канале газа, но и сигнал в канале руля высоты. Состояние всех каналов при калибровке этих команд, и в итоге наличие микса «газ - РВ» изменяет поведение автопилота следующим образом:

- В режиме автономного полета автопилот воспроизводит заданный в RC передатчике микс «газ - РВ».

- В режиме стабилизации появляются перекрестные связи между командами управления по тангажу и газу. Автопилот не может идеально корректно декодировать команды изменения тангажа и газа и при изменении газа определяет необходимость небольшого изменения тангажа, а при изменении положения ручки тангажа видит необходимость изменения газа. Чем сильнее связаны каналы газа и руля высоты в миксе, тем сильнее нежелательная перекрестная связь проявляется в режиме стабилизации.

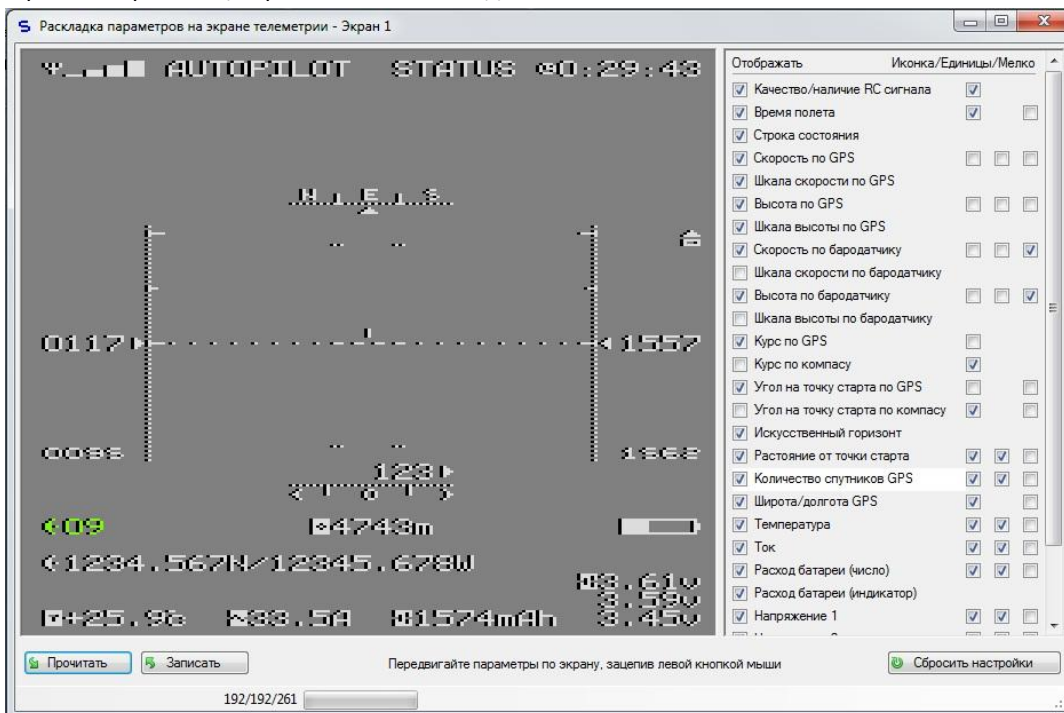
При включении микшеров элевонов и V-хвоста, несмотря на наличие перекрестных связей между каналами, автопилот корректно определяет положение ручек передатчика.

НАСТРОЙКИ ПЛАТЫ ТЕЛЕМЕТРИИ

НАСТРОЙКА ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

При подключении платы телеметрии к автопилоту в плату телеметрии должна быть записана специальная микропрограмма, отличающаяся от микропрограммы для самостоятельной работы платы телеметрии. Работая в паре с платой автопилота, плата телеметрии переключивается на процессор автопилота основную часть вычислений и передает данные с датчиков, взамен получая содержимое картинки, которую необходимо наложить на видеосигнал.

Автопилот позволяет настроить четыре независимых набора расположения и вида элементов информации, отображаемых платой телеметрии. Панели настроек **Раскладка параметров на экране** имеют те же кнопки **Прочитать**, **Записать** и **Сбросить настройки**, как и обычные панели настроек, но имеют вдобавок виртуальный экран, отображающий расположение и вид элементов:



Расположение элементов можно изменять, перетаскивая их по экрану мышью, а изменять вид можно выбором настроек в правой части панели.

Панель настроек **Предупреждения на экране телеметрии** позволяет указать, при каких изменениях параметров полета необходимо выдавать предупреждения на экран телеметрии. Предупреждение о выходе какого либо параметра за указанные пределы выглядит как мигание этого параметра на экране телеметрии.

МОНИТОРИНГ И НАСТРОЙКИ ДАТЧИКОВ ТЕЛЕМЕТРИИ

На панели **Мониторинг датчиков телеметрии** можно оценить корректность работы датчиков телеметрии.

На панели **Калибровка датчика тока** можно провести калибровку датчика тока. Для этого датчик тока должен быть подключен к плате телеметрии сама плата телеметрии должна быть подключена к автопилоту, а автопилот запитан от батареи. Датчик тока при калибровке не должен быть подключен к батарее и двигателю. Для калибровки достаточно нажать **Начать калибровку**, а затем **Завершить и записать**.

На панели **Настройки мониторинга напряжений** можно указать параметры мониторинга напряжений и задать емкость ходовой батареи.

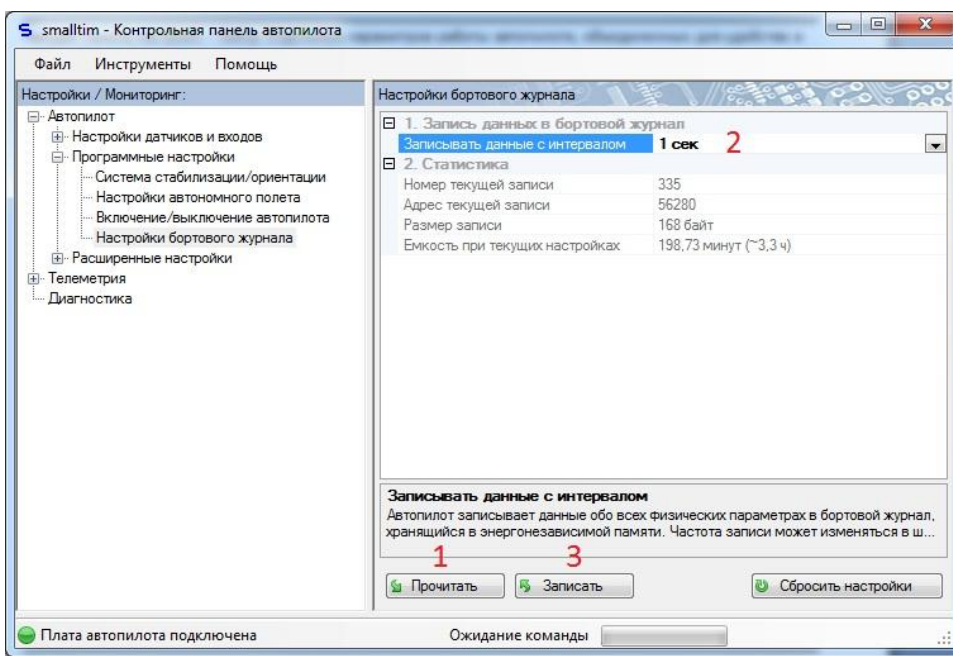
Следует учесть, что заданное в Контрольной Панели значение емкости ходовой батареи – единственный способ сообщить автопилоту емкость ходовой батареи. Из этого значения и значения потребленного заряда батареи рассчитывается остаток заряда батареи, поэтому будьте особенно внимательны с указанием корректного значения емкости ходовой батареи.

БОРТОВОЙ ЖУРНАЛ

Автопилот имеет 2 МБ энергонезависимой памяти, которая используется для записи параметров полета.

Параметры сгруппированы в записи, хранящие информацию о текущем курсе, скорости, высоте, углах крена и тангажа, напряжениях батарей, положениях ручек передатчика, режимах автопилота и так далее.

На панели **Настройки бортового журнала** можно настроить интервал, с каким автопилот сохраняет записи в память, и оценить, на сколько времени хватит памяти автопилота при текущих настройках:



Автопилот сохраняет записи в памяти последовательно, одну за другой, перезаписывая предыдущее содержимое памяти и, дойдя до конца памяти, переходит в начало и продолжает сохранение записей. После подачи питания на плату автопилот проводит в памяти поиск адреса самой последней записи и продолжает сохранять записи после найденного адреса.

Таким образом реализовано сохранение данных «в кольце»: при включенной записи бортового журнала автопилот никогда не прекращает запись, но при этом предыдущие данные теряются при записи более поздних данных.

Содержимое бортового журнала можно скачать, выбрав пункт **Скачать бортовой журнал** в главном меню Контрольной Панели. При этом Контрольная Панель скачивает данные и сохраняет их в Microsoft Excel-совместимый файл *.csv, предварительно запросив имя файла.

Стоит учесть, что при обновлении микропрограмм автопилота структура записей может изменяться, поэтому корректное скачивание и сохранение старых данных с обновленными микропрограммами не гарантируется.

СОХРАНЕНИЕ НАСТРОЕК В ФАЙЛ И ЧТЕНИЕ НАСТРОЕК ИЗ ФАЙЛА

СОХРАНЕНИЕ НАСТРОЕК В ФАЙЛ

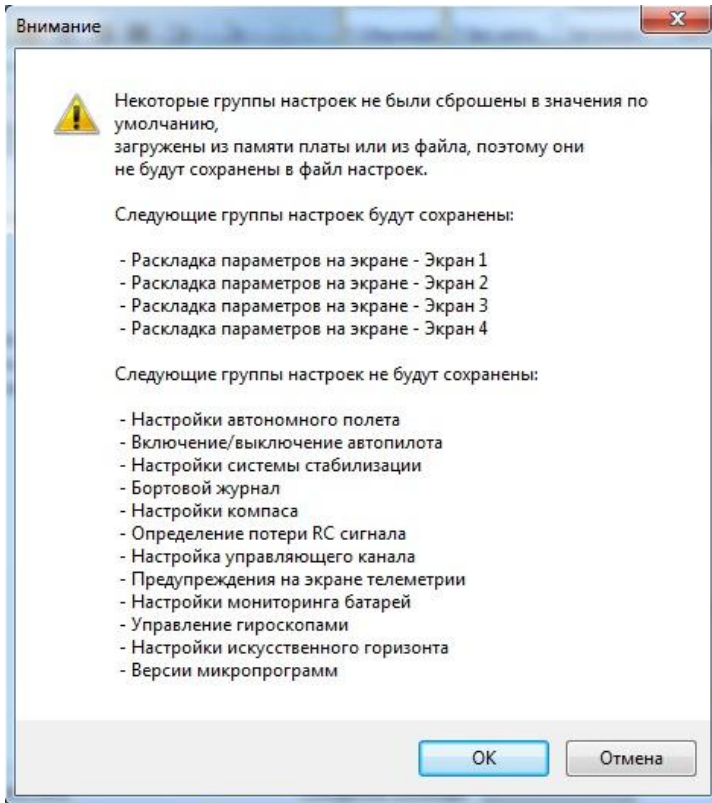
При выборе пункта **Сохранить все настройки в файл** в главном меню Контрольная Панель записывает все настройки в активных панелях настроек в файл, предварительно предложив выбрать имя файла.

Следует учесть, что в файл сохраняются только данные с активных панелей настроек, то есть, те настройки, что были прочитаны из автопилота, сброшены в значения по умолчанию и изменены вручную или прочитаны из файла ранее. Благодаря этому можно проконтролировать, какие именно настройки должны быть сохранены в файл: все или только те, которые Вы желаете сохранить в данный момент.

Например, для сохранения раскладки экранов телеметрии в файл необходимо сделать следующее:

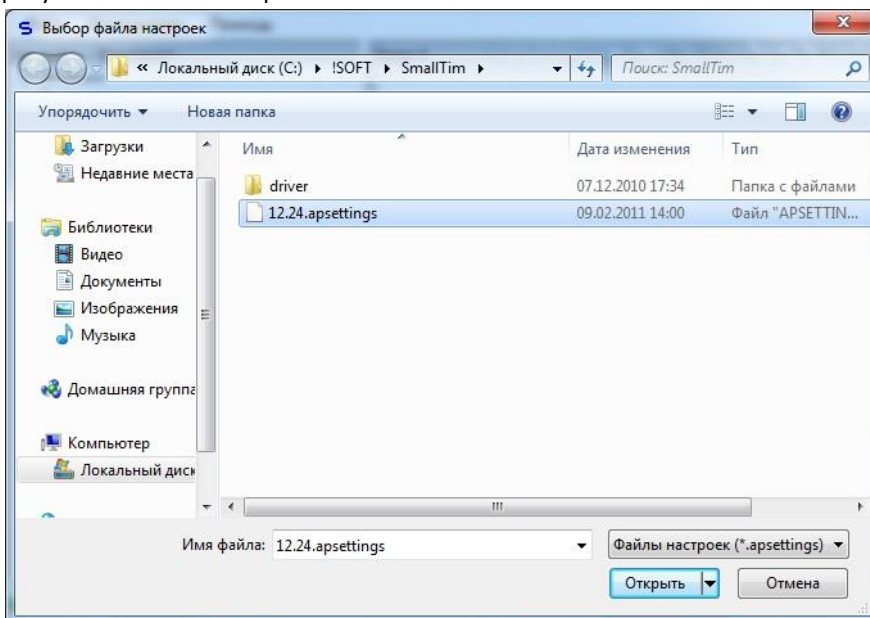
- Запустить Контрольную Панель, или, если она уже запущена, то перезапустить, для того, чтобы все панели настроек стали неактивными.
- Открыть панели настройки раскладки данных на экране телеметрии и на каждой панели выбрать **Прочитать** или **Сбросить настройки**, и при необходимости изменить какие-либо настройки.
- Выбрать пункт **Сохранить все настройки в файл** в главном меню Контрольной Панели и выбрать имя файла для сохранения настроек.

При этом Контрольная Панель отобразит отчет, какие именно настройки были сохранены в файл:



ЧТЕНИЕ НАСТРОЕК ИЗ ФАЙЛА

При выборе команды **Загрузить все настройки из файла** в главном меню Контрольная Панель предлагает выбрать файл для чтения из него настроек. После чтения настроек Контрольная Панель показывает отчет о результате чтения настроек.



Панели настроек, для которых из файла были прочитаны данные, активируются.

Следует учесть:

- Калибровки каналов и команд RC передатчика не сохраняются в файлах настроек.
- При обновлении версии Контрольной Панели структура файла настроек может изменяться, поэтому корректное чтение настроек из файлов, сохраненных с помощью предыдущих версий Контрольной Панели, не гарантируется.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ И НАЧАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА АВТОПИЛОТА

Итак, Вы готовы подключить и настроить автопилот. Рекомендуемая последовательность действий при подключении и настройке автопилота выглядит следующим образом:

- Установить платы датчиков горизонта и (если есть) датчики телеметрии на заранее определенные места на модели.
- Подключить плату телеметрии со всеми датчиками (если есть) к плате автопилота, плату автопилота - к ходовой батарее.
- Подключить автопилот кабелем USB к ПК и запустить Контрольную Панель.
- Проверить версию микропрограммы автопилота и убедиться, что автопилот имеет свежую версию микропрограммы.
- Сбросить все настройки в значения по умолчанию и записать их в память автопилота, стереть бортовой журнал. Отключить все условия автоматического включения и выключения режима автономного полета.
- Отключить плату автопилота от батареи и USB, установить автопилот на модель, подключить нужные входные каналы автопилота к RC приемнику, убедиться, что RC приемник получает питание от ВЕС.
- Отключить силовые провода ходового двигателя, не подключать сервомашинки во избежание повреждения машинок и модели при отсутствии калибровок каналов и команд управления.
- Включить RC передатчик, подключить автопилот к ПК, и, убедившись, что автопилот видит входные сигналы PPM с RC приемника, провести калибровку каналов и команд управления. Пользуясь информацией на панели калибровки команд управления, убедиться, что автопилот корректно распознает команды изменения газа, крена и тангажа: при движении ручек соответствующий параметр изменяется от -100 до 100%. Настроить команды управляющего канала.
- Подключить сервомашинки к соответствующим выходам автопилота, установить на RC передатчике управляющий канал в положение принудительного выключения автопилота и стабилизации и убедиться, что автопилот корректно передает управление с RC приемника на сервомашинки в режиме ручного управления.
- Включить режим стабилизации с помощью управляющего канала и поднести руки к платам датчиков горизонта. Температура рук выше комнатной температуры, поэтому датчики горизонта будут

реагировать на руки как на землю в полете. Если поднести одну руку под вертикальный датчик, а вторую подносить справа, слева, спереди или сзади к горизонтальному датчику, то автопилот должен отклонять управляющие плоскости, стремясь отклонить модель от руки. Например, при приближении руки к датчику горизонта спереди автопилот считает, что нос модели наклонен к земле, и поднимает руль высоты.

Дальнейшие испытания и настройки проводятся в пробных полетах.

ПРОБНЫЕ ПОЛЕТЫ

Для пробных полетов лучше выбрать день с тихой ясной погодой.

Перед пробными полетами следует убедиться, что автопилот корректно распознает факт потери RC сигнала, и не включит режим автономного полета самостоятельно. Перед запуском модели в воздух нужно включить режим стабилизации с помощью ручки управляющего канала на RC передатчике и, наклоня модель в руке, убедиться, что автопилот корректно отклоняет управляющие плоскости, противодействуя наклону. Помимо этого, убедитесь, что автопилот корректно зафиксировал точку старта. В противном случае включение режима автономного полета будет заблокировано.

Запустив модель с выключенным режимом стабилизации, следует набрать высоту около 100м и включить режим стабилизации. Если модель ведет себя адекватно, то можно приступать к тестированию режима автономного полета. Если модель пикирует, кабрирует или закладывает неадекватные крены, следует немедленно отключить режим стабилизации и, посадив модель, убедиться, что датчики горизонта установлены корректно. Если модель реагирует на ручки слишком вяло или слишком резко, следует посадить модель и подстроить параметры системы стабилизации.

Пробное включение режима автономного полета рекомендуется проводить, когда модель находится на высоте около 100 м, на расстоянии 50-100 м, и летит вбок от точки старта. Включив режим автономного полета, наблюдайте за моделью. Модель должна развернуться в сторону точки старта и, набирая или снижая высоту, приближаться к точке старта, стремясь занять целевую высоту. Пролетев над точкой старта, модель должна заложить вираж, и, развернувшись, снова пролететь над точкой старта. Так должно повторяться каждый раз, причем, модель не должна сильно отклоняться от целевой высоты.

Если модель не разворачивается в сторону точки старта или начинает рыскания по курсу, следует немедленно выключить режим автономного полета, посадить модель и подстроить параметры режима автономного полета.

Для того, чтобы окончательно убедиться в оптимальности настроек режима автономного полета, следует, включая режим автономного полета на небольшом расстоянии и высоте около 100м, проверить корректность возврата модели в точку старта и удержания целевой высоты при разных начальных положениях модели: модель удаляется от точки старта, модель приближается к точке старта, модель находится значительно ниже целевой высоты, модель находится значительно выше целевой высоты. При любых подозрениях на неадекватные действия автопилота следует немедленно отключить режим автономного полета, посадить модель и подстроить параметры автономного полета.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ ПОЛЕТАХ

Помните, что установка автопилота не дает стопроцентной гарантии от возникновения чрезвычайных ситуаций в полете или от потери модели.

Никогда не проводите полеты над людьми, зданиями, автомобилями, технологическими и производственными сооружениями, в зонах полетов гражданской авиации, вблизи аэропортов.

Никогда не проводите полеты вне пределов прямой видимости модели, разрешенных высот и радиуса действия радиоаппаратуры.

Перед каждым полетом тщательно проверяйте модель на наличие механических повреждений, проверяйте корректность работы бортовой электроники и сервомашинки, следите за уровнем заряда батарей модели и RC передатчика.