

Однорычажная система регулятора воздушного винта на двигателе Rotax® 912 iS



Однорычажная система регулятора воздушного винта на двигателе Rotax® 912 iS



Будете ли вы ехать на первой передаче на скоростной автомагистрали?

Если вы летаете на воздушном винте постоянного шага,
это именно то, что вы делаете в крейсерском режиме.

Хотите изменить это?

У нас есть решение, снижающее сложность.

Воздушный винт изменяемого шага, регулируемый в полёте — почему?



- Воздушный винт постоянного шага может плохо работать на некоторых самолётах, изменение угла установки лопастей требует замены воздушного винта.
- Воздушные винты, регулируемые на земле, более гибки и позволяют некоторую степень оптимизации путём изменения угла установки лопастей на основании результатов лётных испытаний.
- В общем, все воздушные винты, которые не регулируются в полёте, — компромисс между характеристиками взлёта и набора высоты (мощность) и крейсерского режима (скорость, прочность). Это не может хорошо работать с максимальной эффективностью в обоих режимах полёта.
- Тяга воздушного винта при взлёте и наборе высоты может быть до 30% выше, если угол установки лопастей воздушного винта всё время соответственно регулируется.
- Только воздушные винты, регулируемые в полёте, позволяют оптимизировать мощность, скорость и экономичность в одно и то же время.
- Воздушный винт для лёгкомоторных спортивных самолётов, регулируемый в полёте, должен управляться автоматически и не требовать действий лётчика.
- Автоматизированная система контроля угла установки лопастей для лёгкомоторных спортивных самолётов всё время должна быть на 100% безотказной.

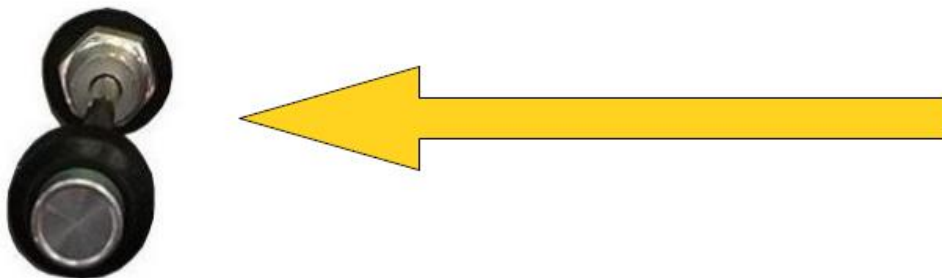
От трёхрычажного управления двигателем к однорычажному управлению двигателем



- Традиционная система управления двигателем из кабины для самолётов с воздушными винтами постоянной скорости состоит из рычагов мощности, управления воздушным винтом и смешивания (трёхрычажная система управления).



- Двигатель Rotax® 912 iS убирает необходимость ручного контроля смешивания, который автоматически осуществляется устройством управления двигателем (ECU).

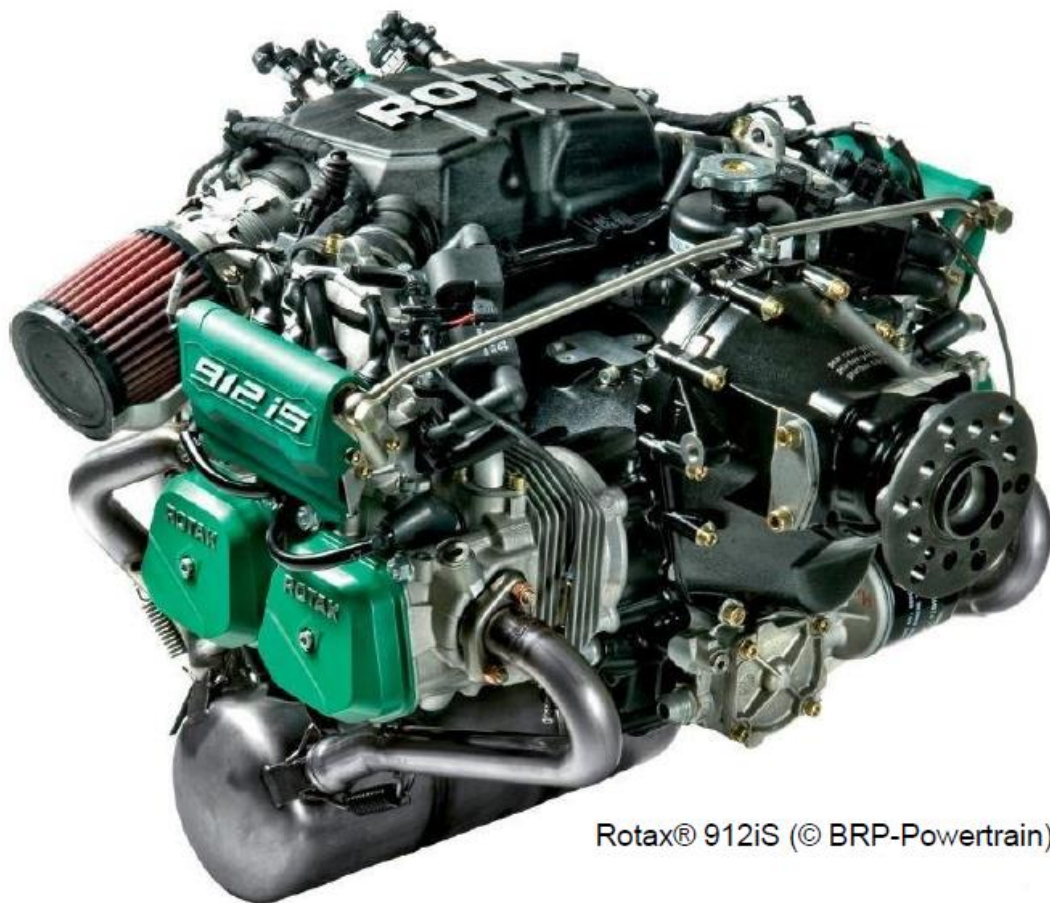


- Полностью автоматическая система управления с регулятором, описываемая здесь, также отменяет необходимость ручного управления частотой вращения. Результат — настоящее однорычажное управление энергетической установкой самолёта, уменьшающее нагрузку лётчика при всех фазах полёта и оптимизирующее потребление моторного топлива.

Обзор системы



Авиационный двигатель Rotax® 912 iS



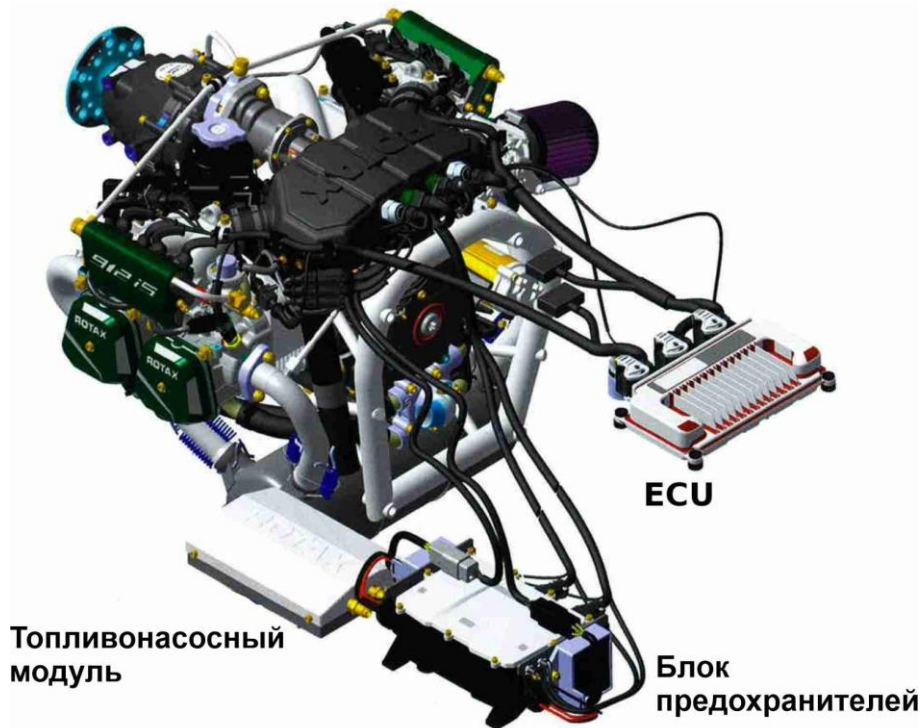
Rotax® 912iS (© BRP-Powertrain)

- Впрыск и зажигание топлива в 912 iS управляется электронным управляющим устройством (ECU) с дублированием, в котором используются два отдельных комплекта инжекторов и свеч зажигания на цилиндр.
- ECU управляет смешиванием топлива с воздухом и временем зажигания с помощью электроники для оптимизации расхода топлива и характеристик двигателя. ECU также непрерывно отслеживает все параметры двигателя.
- Двигатель 912 iS сопровождается вспомогательными системами:
 - Электронное управляющее устройство (ECU)
 - Топливонасосный модуль
 - Блок предохранителей (контроль электропитания)

Система Rotax® 912 iS



- Из кабины нет доступа к отдельным датчикам двигателя 912 iS.
- Шина передачи данных CANaerospace с двойным дублированием передаёт большой объём информации приборам кабины, который намного превышает тот, что у оригинального двигателя 912 (S).
- Единственный способ передать лётчику параметры двигателя 912 iS — электронный дисплей в кабине, который соединён с шиной передачи данных CAN с двойным дублированием по протоколу данных CANaerospace.

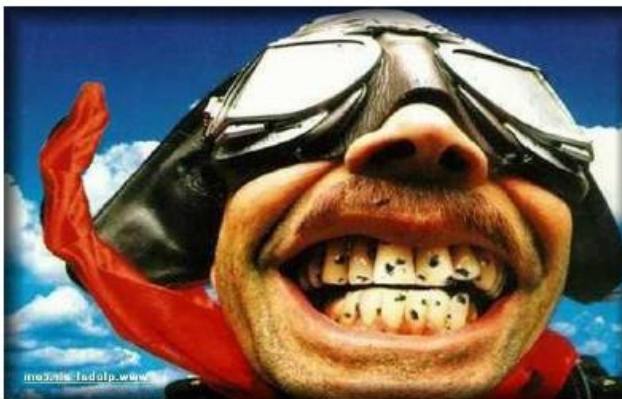


Обзор EMU 912 iS evo



- Устройство управления двигателем (EMU 912 iS evo) разработано вместе с двигателем Rotax® 912 iS и прошло лётные испытания на многих самолётах и автожирах.
- Оно использует все имеющиеся ресурсы с помощью шины передачи данных CANaerospace с двойным дублированием и даёт лётчику беспрецедентный уровень осведомлённости о состоянии и характеристиках двигателя.
- Функция Start Power (мощность запуска) EMU 912 iS evo обеспечивает особый стиль “912 S style” запуска и управления двигателем.
- Лётные испытания включали в себя эксплуатацию при температурах не выше -18°C и высоте 18 000 футов (5,5 км).
- Встроенная запись данных и компьютерный инструментарий поддерживает послеполётный анализ данных.

Усовершенствованные функции дисплея EMU 912 iS evo



- Главная страница дисплея EMU 912 iS даёт летчику следующие продвинутые возможности XXI века:
- Быстрое получение информации с одного взгляда: зелёный цвет означает «не беспокойтесь»
- Помощь в настройках холодного запуска
- Немедленное предоставление информации об экономии топлива (ECO — экономный, POWER — мощный)
- Информация о рассчитанной подаче топлива в реальном времени
- Информация о статусе дублирующих маршрутов ECU (маршрут под управлением, маршрут с обнаруженными предупреждениями / отказами)
- Индикатор давления наддува или запаса мощности как второй инструмент, дополняющий обороты двигателя
- Внешний интерфейс для управления регуляторами воздушных винтов постоянной скорости с электрическим управлением
- EMU 912 iS evo — лучший друг пилота лёгкомоторного спортивного самолёта!

Воздушные винты производства фирмы «МТ-Пропеллер» для Rotax® 912 iS



- Двухлопастной (MTV-33-1-A/175-200) и трёхлопастной (MTV-34-1-1/175-200) воздушные винты из композиционной древесины с номинальной мощностью 115 л. с.
- Саблевидная форма лопостей для высоких лётно-технических характеристик и снижения шума, противоабразивная оковка из нержавеющей стали для всепогодной эксплуатации.
- Та же технология, которая используется на региональных авиалайнерах и самолётах для спортивной аэробатики.
- Диаметр 69" (175 см), разрешённый уровень вибраций.
- Общий вес 14,3 фунтов (6,5 кг) для двухлопастного воздушного винта или 19,8 фунтов (9 кг) для трёхлопастного.
- Сертификат EASA, ожидается решение по сертификату FAA.
- Возможность регулировки на земле; возможность управления регулятором гидравлических воздушных винтов постоянной скорости P-853-12R производства фирмы «МТ-Пропеллер» (вес 2,2 фунта (1 кг)).

Электрический регулятор гидравлических воздушных винтов производства фирмы «МТ-Пропеллер»



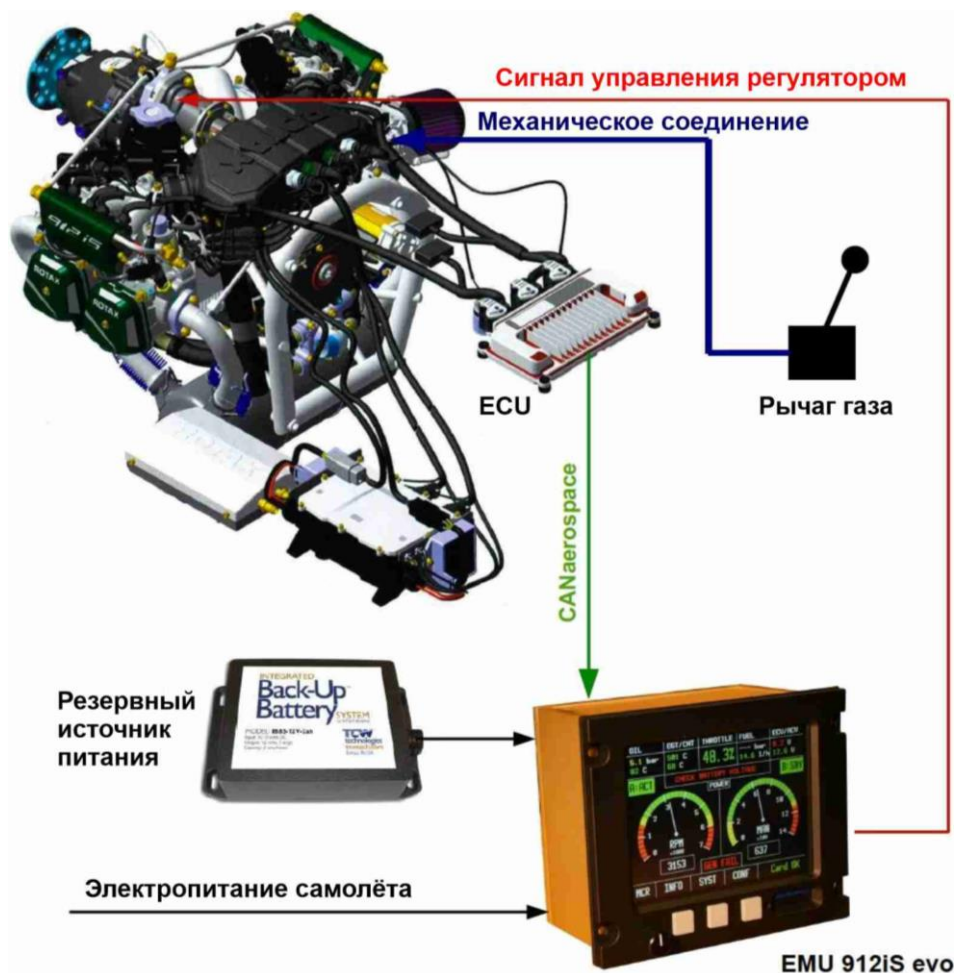
- Регулятор гидравлических воздушных винтов постоянной скорости P-853-12R специально разработан для двигателя Rotax 912 iS.
- Регулятор P-853-12R регулирует частоту вращения через электродвигатель постоянного тока, который может приводиться в действие EMU 912 iS evo.
- Сочетание регулятора производства фирмы «МТ-Пропеллер» и EMU 912 iS evo позволяет обеспечить однорычажное управление самолётами с двигателем Rotax® 912 iS.
- Фирма «МТ-Пропеллер» и Stock Flight Systems стали сотрудничать в 2013 г. с целью разработки однорычажной системы управления.
- Вся система (двигатель, воздушный винт, регулятор, EMU 912 iS evo) в настоящее время проходит программу лётных испытаний и будет доступна для приобретения в IV квартале 2013 г.

Система управления регулятором



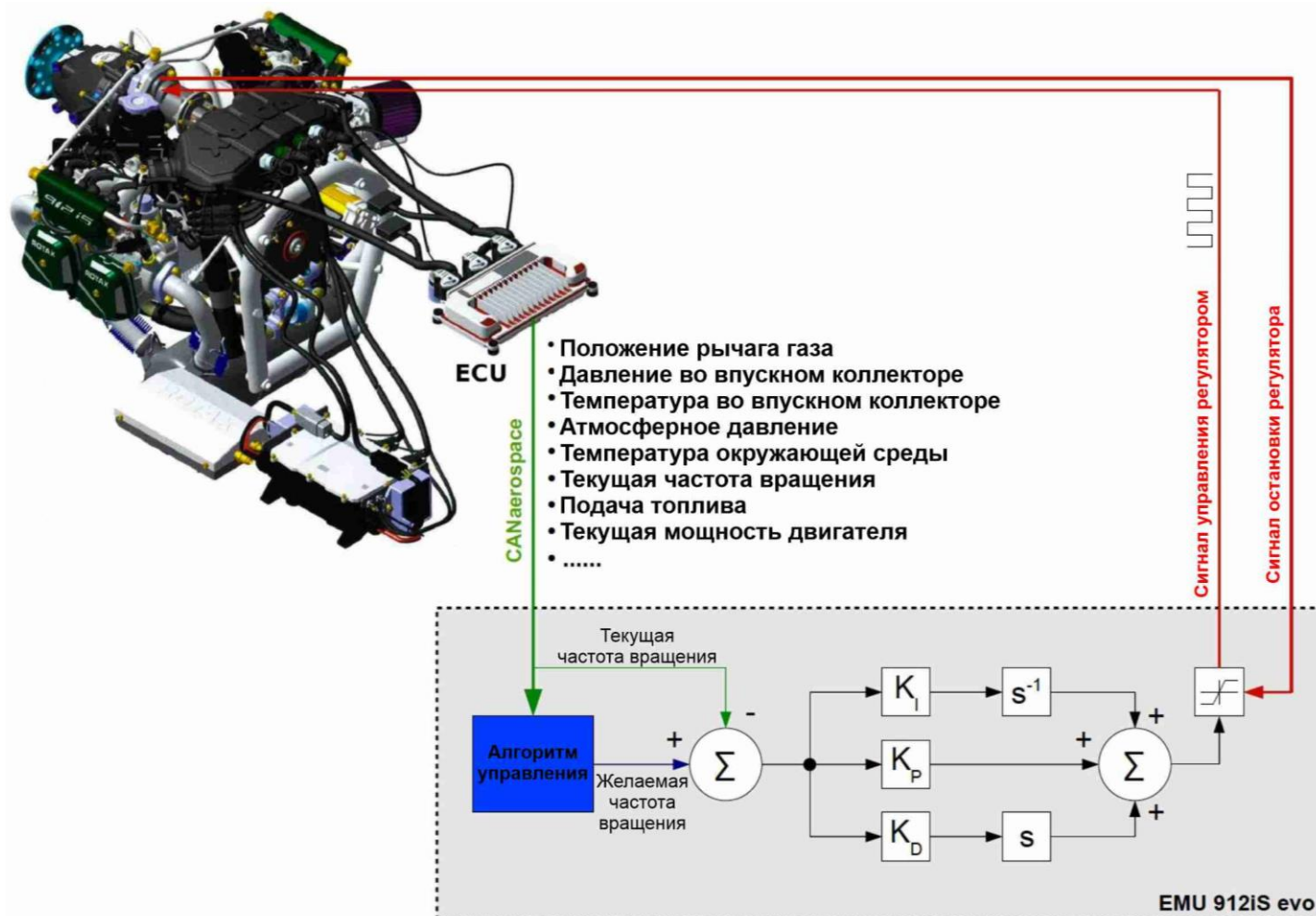
- Передовая технология, предложенная в двигателе Rotax® 912 iS, фирмой «МТ-Пропеллер» в гидравлическом регуляторе и в EMU 912 iS составляет отличный базис для новых разработок, повышающих безопасность полётов:
 - Подумать о приборе, информирующем лётчика в реальном времени о текущей и доступной мощности двигателя.
 - Затем нужно подумать, как использовать эту информацию для автоматической настройки положения лопастей воздушного винта для достижения оптимальной тяги при взлёте и наборе высоты, тогда как скорость и расход топлива в крейсерском режиме оптимизируются.
- Так как Rotax® 912 iS в обычном режиме — двигатель без наддува, доступную мощность можно легко уменьшить на 30–50% при неблагоприятных внешних условиях (низком атмосферном давлении, высокой температуре окружающей среды).
- Единственный способ компенсировать эту естественную проблему (без установки зарядного турбоагрегата) — воздушный винт изменяемого шага, регулируемый в полёте.
- Различие существенно: это как сравнить самолёты Piper PA28-140 (140 л. с.) и Piper PA28-200 (200 л. с.).

Система управления регулятором



- Гидравлический регулятор P-853-12R управляется EMU 912 iS, которое использует данные двигателя, полученные от ECU через шины передачи данных CANaerospace.
- Рычаг газа ещё имеет механическое соединение с дроссельной заслонкой: здесь никаких изменений!
- Система получает питание через кабель от электросети самолёта постоянного тока, но использует резервный источник во избежание потери контроля за частотой вращения при неправильном функционировании электрической системы.
- Ни при каких обстоятельствах частота вращения не выйдет за пределы безопасного диапазона, определённого для данного самолёта, благодаря настраиваемым внутренним механическим ограничителям регулятора.

Замкнутый контур контроля частоты вращения

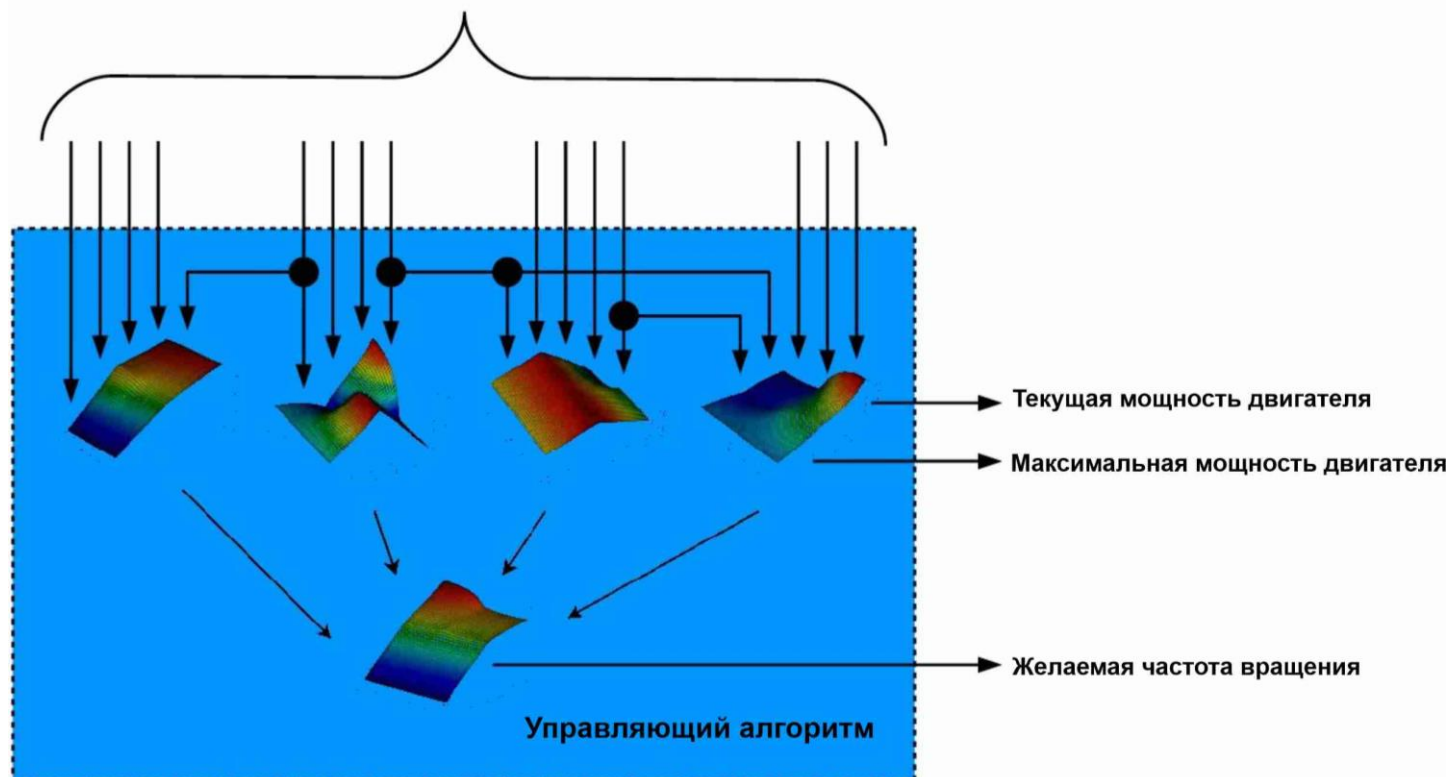


- Частота вращения двигателя и воздушного винта точно регулируется алгоритмом замкнутого цикла.
- Текущее значение частоты вращения сообщается ECU, тогда как желаемое значение рассчитывается EMU 912 iS по сложному алгоритму управления.

Алгоритм управления частотой вращения

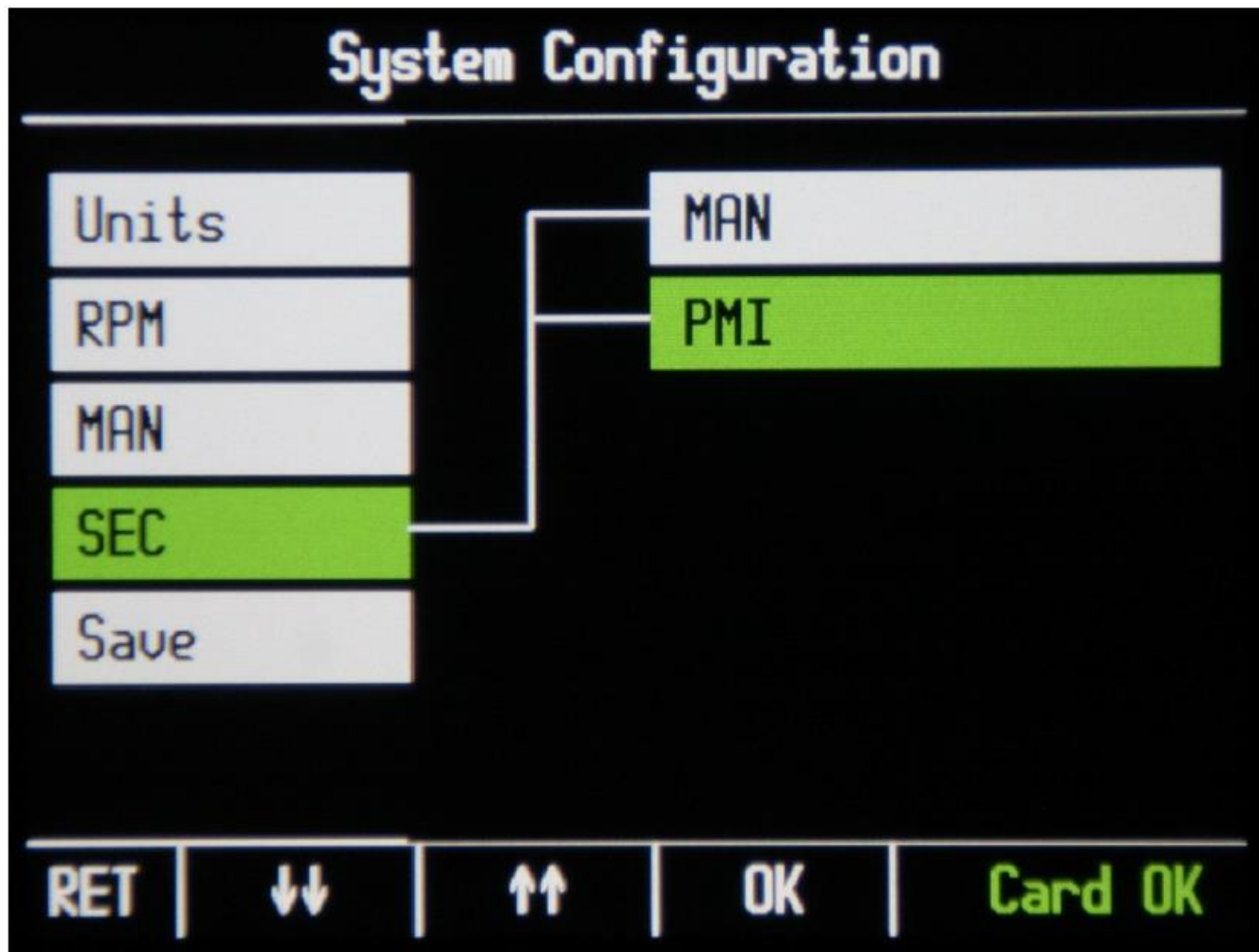


- Положение рычага газа, текущая мощность двигателя
- Давление и температура во впускном коллекторе
- Давление и температура окружающей среды
- Текущая частота вращения, расход горючего
-



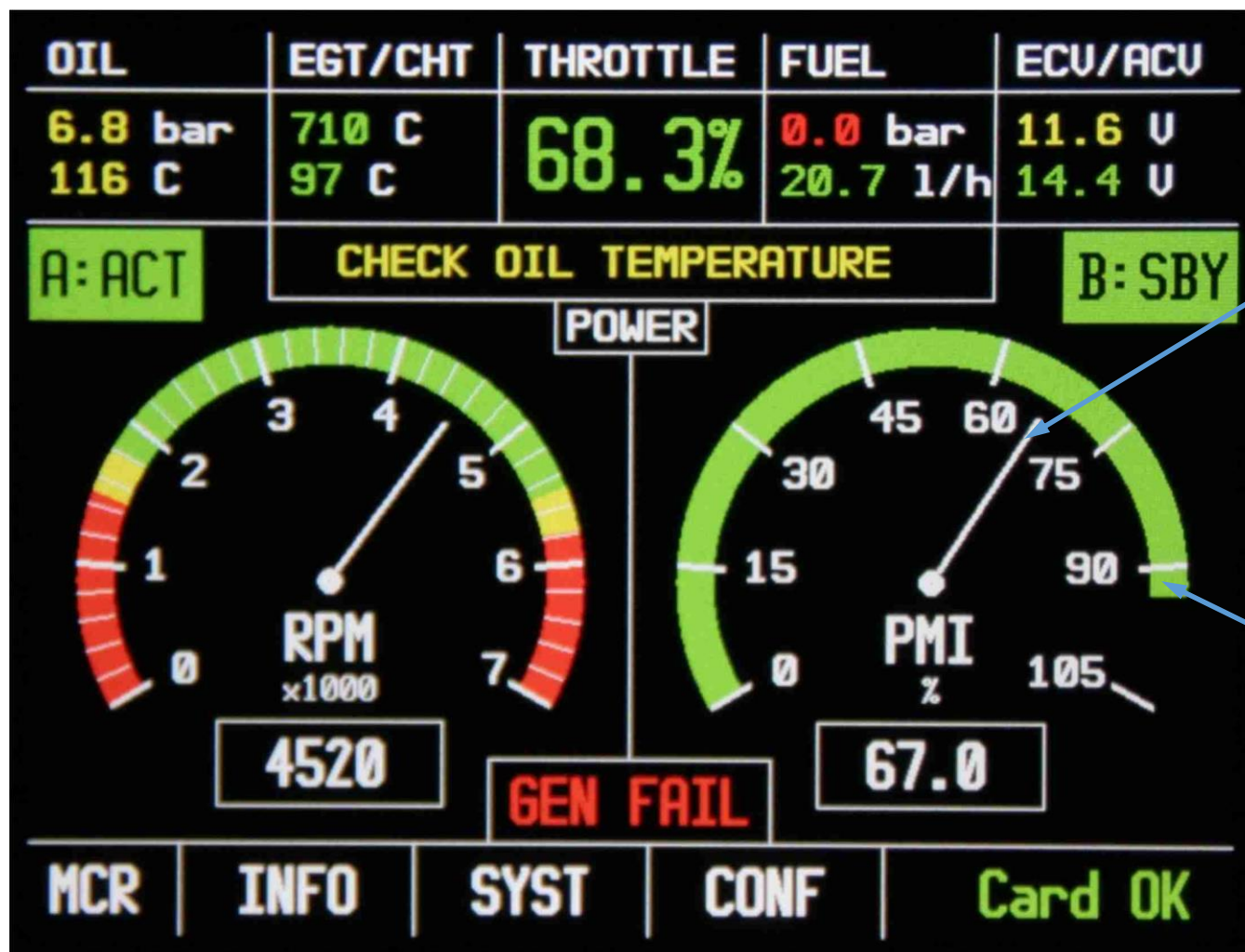
- Алгоритм управления использует несколько многомерных полей для расчёта желаемой частоты вращения исходя из многих параметров двигателя.
- Данные для разработки функций передачи управляющего алгоритма взяты с испытательного стенда для двигателей и воздушных винтов и данных лётных испытаний.
- Алгоритм управления не только рассчитывает желаемое значение частоты вращения, но и текущую и максимальную мощность двигателя.

Индикатор запаса мощности и индикатор давления во впускном коллекторе



- Запас мощности может быть выведен на дисплей вместе с частотой вращения двигателя или воздушного винта вместо давления во впускном коллекторе.
- Индикатор запаса мощности (PMI) информирует лётчика о разности максимальной доступной мощности двигателя и текущей мощности в любой заданный момент времени.
- PMI, показываемый на дисплее, рассчитывается по алгоритму управления регулятором.

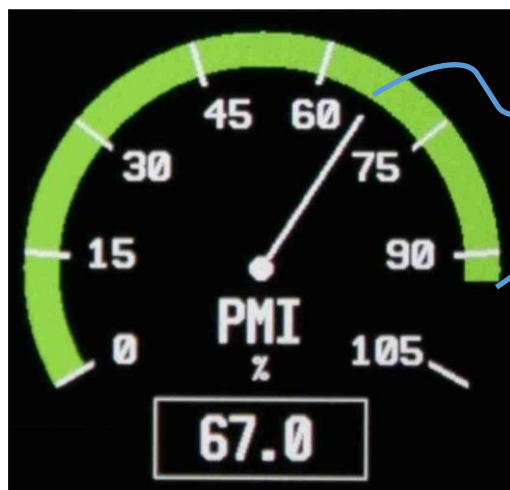
Дисплей-индикатор запаса мощности



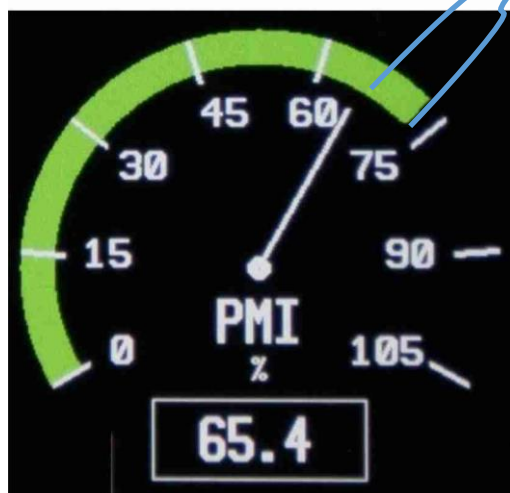
• Стрелка: текущая мощность двигателя в процентах

• Зелёная дуга: максимальная доступная мощность двигателя

Примеры индикации запаса мощности



- Холодный и низкий: большой разброс между максимальной и текущей мощностью (на иллюстрации: $92,0\% - 67,0\% = 25\%$)



- Горячий и высокий: малый разброс между максимальной и текущей мощностью (на иллюстрации: $73,4\% - 65,4\% = 8\%$)

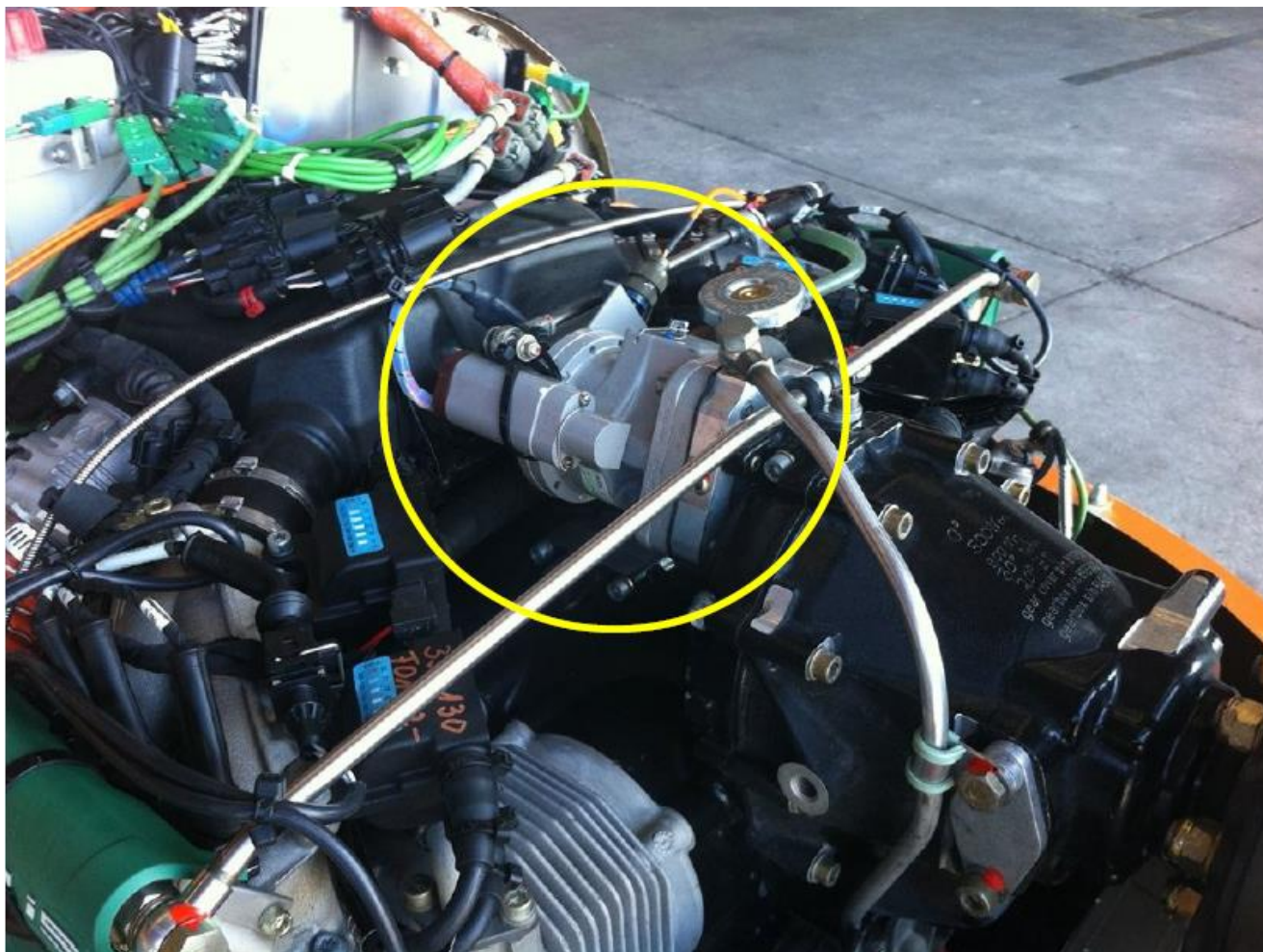
- PMI предоставляет лётчику лучшую осведомлённость о ситуации с учётом доступной мощности двигателя при естественно-изменяемых внешних условиях.
- PMI — это способность обеспечить безопасность при эксплуатации!

Испытательный стенд для регуляторов



- Правильность функционирования устройства управления регулятором с обратной связью была проверена на испытательном стенде для регуляторов воздушных винтов на фирме «МТ-Пропеллер» (Германия, г. Штраубинг).
- Механические ограничители регулятора были установлены на минимальные и максимальные безопасные значения для выбранного испытательного самолёта (4300 об/мин и 5800 об/мин соответственно).
- Для выбранного испытательного самолёта эти значения эквивалентны минимальной частоте вращения воздушного винта 1770 об/мин и максимальной частоте вращения воздушного винта 2387 об/мин (Rotax® 912 iS имеет передаточное число 1:2,43).

Установка регулятора производства фирмы «МТ-Пропеллер»



- Установка регулятора P-853-12R проводится очень похоже на установку его стандартного (механического) аналога.
- Вместо традиционного толкателя прокладывается электрокабель от регулятора к кабине (т. е. к EMU 912 iS evo).
- Перед теплоизоляционной перегородкой регулятора P-853-12R больше ничего устанавливать не требуется.

Самолёт Теснам Р92 для проведения лётных испытаний



- Самолёт для лётных испытаний оборудован двигателем Rotax® 912 iS и EMU 912 iS evo.
- Установлен регулятор P-531-12R и воздушный винт MTV-34-1-A/175-200.
- Проводятся лётные испытания, они будут продолжены до IV квартала 2013 г.

Заключение



Сочетание двигателя Rotax® 912 iS, электрического воздушного винта производства фирмы «МТ-Пропеллер» и EMU 912 iS evo даёт улучшенную безопасность полётов и технологию управления двигателем XXI века в мире лёгкомоторных спортивных самолётов:

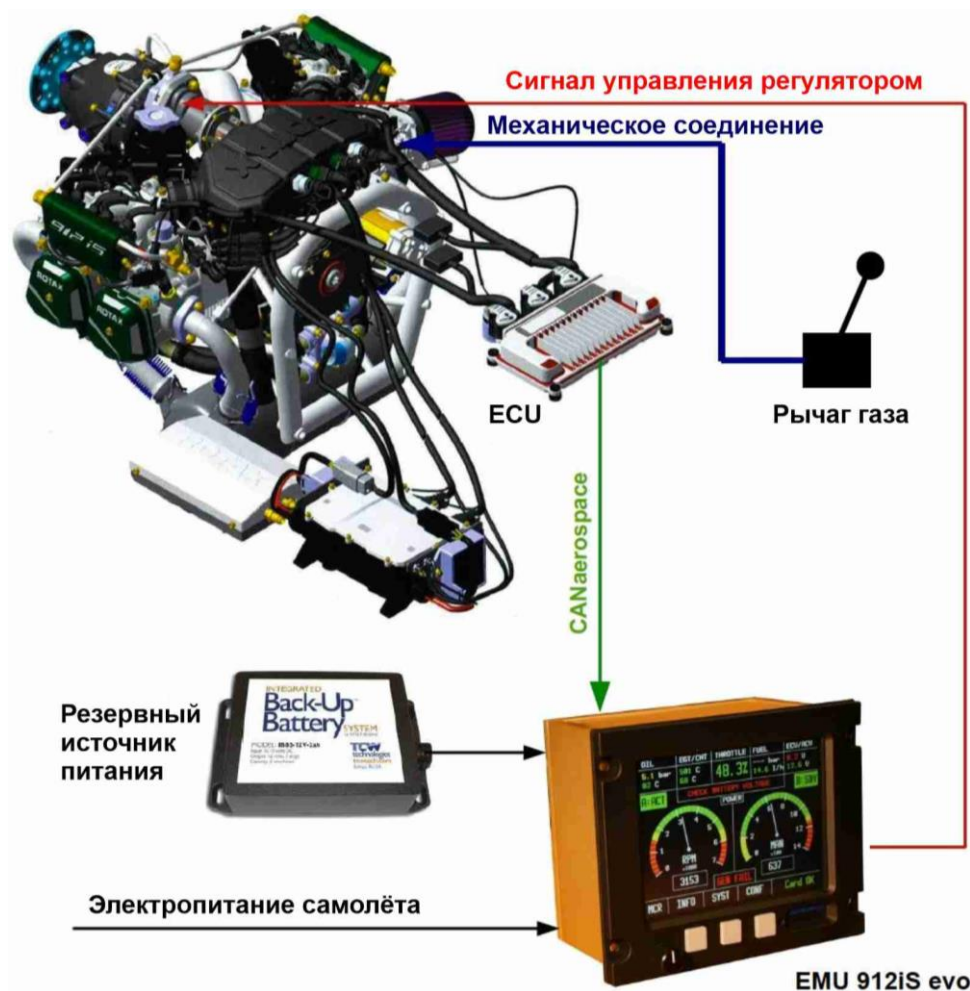
- Однорычажное управление мощностью и тягой двигателя
- 100% безотказное поведение в пределах механических ограничений
- Регулировка параметров двигателя и воздушного винта в реальном времени:
 - максимальная тяга при взлёте и наборе высоты и
 - максимальный КПД и износостойкость при крейсерском режиме
- До 30% больше тяги по сравнению с воздушным винтом постоянного шага
- Экономия топлива в крейсерском режиме (экологичность, больше времени, проведённого в воздухе!)
- Улучшенная осведомлённость лётчика благодаря революционному прибору-индикатору запаса мощности
- Простота установки, бесстыковое встраивание в систему двигателя Rotax® 912 iS

Сертификация лёгкомоторных спортивных самолётов FAA и воздушные винты изменяемого шага



- В противоположность директивам по лёгкомоторным спортивным самолётам (LSA) в Европе, FAA разрешает для этого класса самолётов только воздушные винты постоянного шага или регулируемые на земле.
- Причина этого правила — ограничить сложность и избежать увеличения нагрузки на лётчика, вызванной необходимостью вручную регулировать частоту вращения воздушного винта в дополнение к мощности (и смешиванию).
- Однако, однорычажная система управления двигателем и воздушным винтом, описанная здесь, не увеличивает нагрузку лётчика. Она работает без какого-либо взаимодействия с лётчиком.
- Напротив, однорычажная система управления обеспечивает оптимальную мощность двигателя в любое время, что оказывает положительное влияние на безопасность полётов.
- В то же время КПД самолёта намного увеличивается, что приводит к меньшему расходу горючего и увеличению прочности.
- Отказоустойчивость обеспечивает управляемость поведения при отказе (механически ограниченный диапазон частоты вращения).
- С новым стандартом ASTM (Американское общество по испытанию материалов) для воздушных винтов изменяемого шага, регулируемых в полёте, фирмы «MT-Пропеллер» и Stock Flight System активно поддерживают деятельность по изменению правил FAA по LSA, для того чтобы включить в них воздушные винты изменяемого шага, регулируемые в полёте, с однорычажным управлением.

Вопросы и ответы



- **Мартин Альбрехт**
 - МТ-Пропеллер ГмбХ
- **Михаэль Шток**
 - Stock Flight Systems
- **Загрузить данную презентацию:**
www.rs-aerotech.com/downloads.html
→ SFS_MT_Presentation.pdf