

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)

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

Кафедра технической эксплуатации авиационных
электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

Д.О. Сизиков

ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА

Учебно-методическое пособие
по проведению практических занятий
ATA 22. AUTO FLIGHT
на авиационном тренажере типа «MTD AIRBUS A320»

*для студентов IV курса
направления 25.03.02
всех форм обучения*

Москва
ИД Академии Жуковского
2025

УДК 378.162.15:629.7
ББК 0571-521
С34

Рецензент:

Перегудов Г.Е. – канд. техн. наук, доцент

Сизиков Д.О.

С34

Тренажерная подготовка [Текст] : учебно-методическое пособие по проведению практических занятий АТА 22. AUTO FLIGHT на авиационном тренажере типа «MTD AIRBUS A320» / Д.О. Сизиков. – М.: ИД Академии Жуковского, 2025. – 16 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Тренажерная подготовка» по учебному плану для студентов IV курса направления 25.03.02 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 24.12.2024 г. и методического совета 24.12.2024 г.

УДК 378.162.15:629.7
ББК 0571-521

В авторской редакции

Подписано в печать 20.06.2025 г.
Формат 60x84/16 Печ. л. 1 Усл. печ. л. 0,93
Заказ № 1092/0522-УМП02 Тираж 25 экз.

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

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

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Потребность в автоматическом управлении полетом возникла в связи с необходимостью облегчить труд пилота при длительных полетах и обеспечить высокую точность выдерживания заданных характеристик полета. При современных скоростях полета, вследствие ограниченных возможностей человека, быстрая реакция и точная координация действий могут быть обеспечены только средствами автоматики, которые помимо стабилизации самолёта в пространстве и на маршруте, позволяют реализовывать программное управление на различных этапах полёта.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

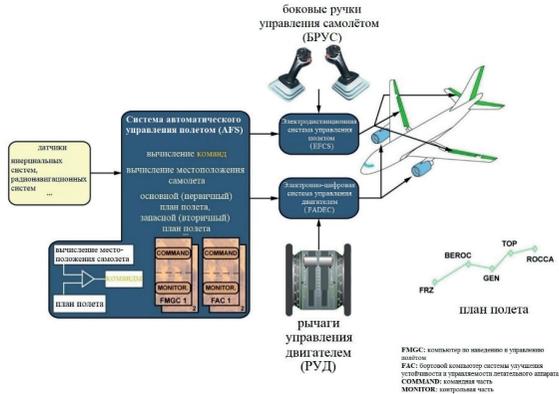
Система автоматического управления полетом (AFS) даёт команды для автоматического управления органами управления полетом и двигателями. Она вычисляет команды и отправляет их в электродистанционную систему управления полетом (EFCS) и в электронно-цифровую систему управления двигателем (FADEC) для управления аэродинамическими поверхностями и двигателями. Когда САУП не активна, вышеупомянутые компоненты управляются теми же системами, но команды генерируются специальными устройствами: боковыми ручками управления самолётом (SIDE STICK) и рычагами управления двигателями (РУДами).

Основной функцией САУП является определение местоположения самолета. Для вычисления местоположения самолета система использует несколько бортовых датчиков, которые дают полезную информацию для этой цели. У САУП есть несколько планов полета, предопределенных авиакомпанией в его памяти. План полета описывает полный рейс от вылета до прибытия; он дает вертикальную информацию и все промежуточные путевые точки маршрута. План может отображаться в электронной системе пилотажных приборов (EFIS) или в многоцелевых блоках управления и индикации (MCDU).

Существует несколько способов использования САУП, но нормальным и рекомендуемым является использование ее для автоматического следования плану полета. Зная положение самолета и план полета, выбранный пилотом, система способна вычислять команды, отправленные на аэродинамические поверхности и двигатели, чтобы самолет следовал плану полета. Пилот играет важную роль наблюдателя.

Во время работы САУП SIDE STICKы и РУДы не перемещаются автоматически. Если пилот перемещает SIDE STICK, когда САУП активна, это отключает автопилот. Возвращаясь к ручному управлению, когда SIDE STICK отпущен, ЭСУП сохраняет положение самолета.

Для обеспечения необходимой надежности САУП состоит из 4 компьютеров. Существует 2 сменных компьютера по наведению и управлению полётом (FMGC) и 2 сменных бортовых компьютера системы улучшения устойчивости и управляемости летательного аппарата (FAC). Это дублированная система (способная сохранять работоспособность при единичном отказе). Каждый FMGC и FAC имеет отдельно командную часть и контрольную часть, что делает каждый из этих компьютеров отказобезопасным.



СТРУКТУРА САУП

Система автоматического управления полетом (САУП) предоставляет пилотам функции, снижающие их рабочую нагрузку и повышающие безопасность и регулярность полета.

САУП включает в себя:

- 2 компьютера по наведению и управлению полета (FMGC);
- 2 бортовых компьютера системы улучшения устойчивости и управляемости ЛА (FAC);
- 2 многоцелевых блока управления и индикации (MCDU);
- 1 блок управления полетом (FCU).

MCDU используются для долгосрочного управления самолетом и организует взаимодействие между экипажем и FMGC, позволяя управлять полетом.

FCU используется для кратковременного управления воздушным судном и осуществляет взаимодействие, необходимое для передачи данных о двигателе от FMGC в электронно-цифровую систему управления двигателем (FADEC).

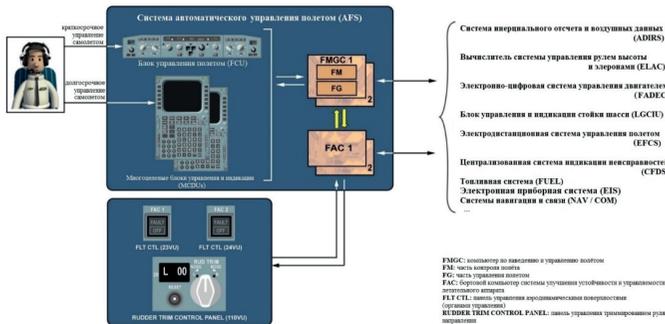
Каждый FMGC состоит из двух частей: части управления полётом (FM) и части наведения полета (FG). Часть FM содержит функции, связанные с

определением, проверкой и мониторингом плана полета, а часть FG - с функциями управления самолетом.

Основными функциями FАC являются управление рулем направления и защита траектории полета. FАC включает в себя интерфейс между САУП и централизованной системой индикации отказов (CFDS), что позволяет своевременно выявлять и устранять неисправности

САУП подключен к большинству авиационных систем. Примеры обмена данными САУП:

- прием данных о высоте и ориентации воздушного судна от системы инерциального отсчета и воздушных данных (ADIRS);
- передача управляющих сигналов автопилота на вычислители системы управления рулем высоты и элеронами (ELACs).

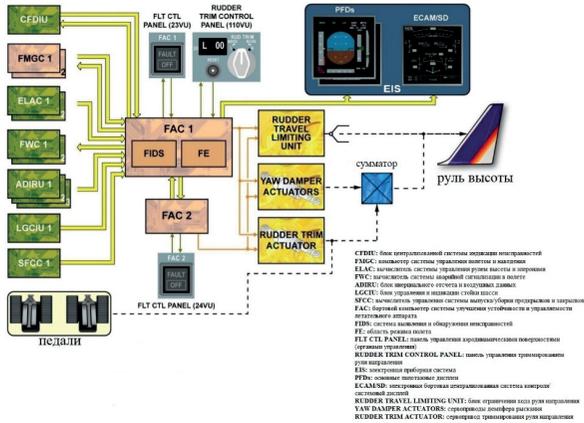


КОМПЬЮТЕР СИСТЕМЫ УЛУЧШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ ЛА (FAC)

Основными функциями компьютера системы улучшения устойчивости и управляемости ЛА являются:

- демпфер рыскания;
- триммирование руля направления;
- ограничение отклонения руля направления;
- защита от выхода за границы области допустимых режимов полёта;
- система выявления и обнаружения неисправностей (FIDS).

Для защиты от выхода за границы области допустимых режимов полёта компьютер системы улучшения устойчивости и управляемости (FAC) вычисляет различные значения скоростей для управления самолетом, предупреждает о низком энергопотреблении, обнаруживает критические углы атаки и сдвиг ветра.



КОМПЬЮТЕР ПО НАВЕДЕНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ ПОЛЁТОМ (FMGC)

Функции компьютера системы управления полетом и наведения, контроль полета (FM) и управление полетом (FG), в основном управляются многоцелевыми блоками управления и индикации (MCDUs) и блоком управления полетом (FCU).

Основными операции, проводимые с компьютером:

- перед взлетом пилоты выбирают план полета на многоцелевом блоке управления и индикации, по которому будет следовать самолет;
- в полете на блоке управления полетом пилоты могут включить автопилот и изменять различные лётные параметры.

Часть контроля полета (FM) предоставляет выбор плана полета с горизонтальными и вертикальными функциями, навигационную информацию, оптимизацию производительности, возможность настройки радионавигации и контроль отображаемой информации.

Данные, вычисленные с помощью части управления полетом (FM) используются и частью наведения полета (FG).

План полета состоит из множества элементов и ограничивает маршрут самолета от взлета до посадки. План полета может быть выбран, построен, изменен и отслежен через многоцелевой блок управления и индикации (MCDU).

Основными функциями в горизонтальной плоскости являются:

- определение самолета в пространстве;
- настройка системы инерциального отсчета (IRS) через многоцелевой блок управления и индикации (MCDU);

- автоматический или ручной (через MCDU) выбор частот всенаправленного радиомаяка (VOR), дальномерного радиомаяка (DME), инструментальной системы посадки (ILS), автоматического радиокompаса (ADF);
- вычисление навигационных данных с целью управления самолетом в горизонтальной плоскости.

Навигационная база данных снабжает всей необходимой информацией для построения маршрута полета. Однако, пилоты могут вносить другие данные используя многоцелевой блок управления и индикации (MCDU).

Основными функциями в вертикальной плоскости являются:

- оптимизированный расчет скорости;
- прогнозирование летных параметров, таких как время, топливо, высота полета, ветер и промежуточные точки маршрута;
- вычисление навигационных данных с целью управления самолетом в вертикальной плоскости.

База данных производительности снабжает необходимой информацией. Однако, пилоты могут вносить другие данные используя многоцелевой блок управления и индикации (MCDU).

Основными дисплеями, отображающими информацию об управлении полетом и наведении, являются:

- многоцелевой блок управления и индикации (MCDU);
- блок управления полетом (FCU);
- основной пилотажный дисплей (PFD);
- навигационный дисплей (ND);
- электронная бортовая централизованная система контроля (ECAM).

Многоцелевой блок управления и индикации (MCDU) отображает всю информацию, относящуюся к части контроля (FM). Например: оповещение об успешном прохождении промежуточных точек маршрута.

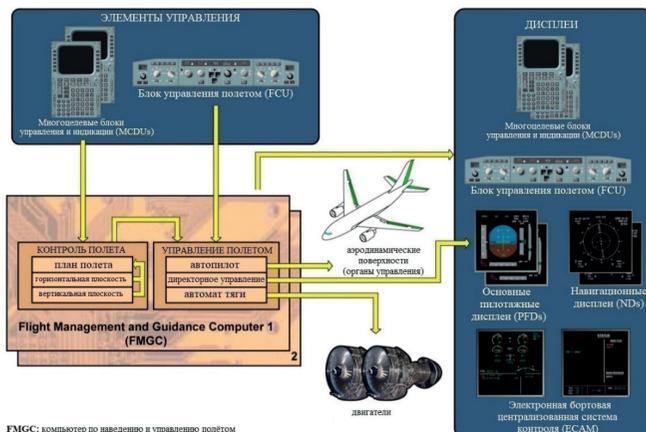
Блок управления полетом (FCU) включает в себя:

- индикаторы, отображающие режим полета;
- жидкокристаллические дисплеи (LCDs), отображающие эталонные параметры.

Основные пилотажные дисплеи (PFDs), главным образом, отображают командно-пилотажный прибор (FD) и статус работы части наведения полета (FG).

Навигационный дисплей (ND) в основном отображает информацию о плане полета и различные навигационные данные.

ECAM отображает предупреждения, относящиеся к работе систем или отказам компьютеров, а также информацию о посадке.



АВТОПИЛОТ

Автопилот (AP) включается на блоке управления полетом через соответствующие кнопки. Включение автопилота сопровождается включением индикаторов AP1 P/BSW и/или AP 2 P/BSW (3 зеленых огня) и белого огня AP1, AP2 или AP1+2 в верхнем правом углу каждого основного пилотажного дисплея (PFD).

Режимы управления автопилота выбираются через блок управления полетом (FCU) или компьютер по наведению и управлению полетом (FMGC).

Когда автопилот включен, возрастает нагрузка на педали руля направления и SIDESTICKы. Если нагрузка на педали или SIDESTICK превышает допустимые значения, автопилот отключается.

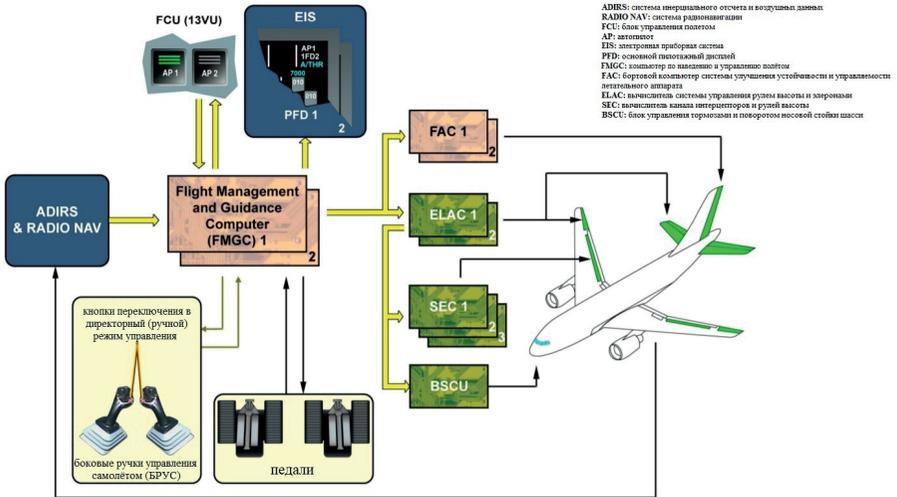
Существуют режимы движения самолёта в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Обычно, каждый из них выбирается пилотом или компьютером. Автопилот включается, когда одновременно активны оба режима.

С целью технического обслуживания, автопилот может быть включен на земле при двух выключенных двигателях. Гидравлический привод не требуется. Когда двигатели запущены – автопилот отключается. Штатным образом автопилот может быть включен в полете при условии, что самолет пробыл в воздухе как минимум 5 секунд. В полете может работать только один автопилот. Приоритет отдаётся последнему включенному каналу автопилота.

Элероны и интерцепторы (спойлеры) подчиняются режиму в горизонтальной плоскости; руль высоты (РВ) подчиняется режиму в вертикальной плоскости.

Если аэродром оборудован инструментальной системой посадки (ILS), автопилот может выполнять полноценную посадку. При посадке могут быть

включены одновременно оба канала автопилота. В этом случае один будет действующим, второй - резервным.

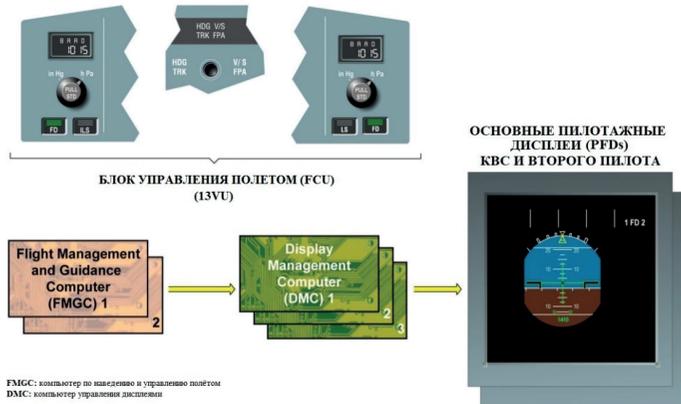


КОМАНДНО-ПИЛОТАЖНЫЙ ПРИБОР

Функции командно-пилотажного прибора (FD) включаются сразу, как только система будет запитана электричеством, и будут выполнены логические условия. Индикация включения командно-пилотажного прибора отображается на блоке управления полетом (FCU).

Командно-пилотажный прибор отображает управляющие команды FMGC на основных пилотажных дисплеях. При ручном полете, командно-пилотажный прибор отображает информацию для управления самолетом чтобы помочь пилоту следовать оптимальной траектории полета. Когда автопилот включен, командно-пилотажный прибор помогает компьютеру системы управления полетом и наведения совершать проверку.

Режимы командно-пилотажного прибора такие же, как и у автопилота и выбираются тем же способом. Компьютеры системы управления полетом и наведения (FMGCs) вычисляют сигналы автопилота / командно-пилотажного прибора, которые затем преобразуются в символы компьютером управления дисплеями (DMCs).



ОПИСАНИЕ АВТОМАТА ТЯГИ

Функция автомата тяги (A/THR) заключается в передаче вычисленной команды значения тяги в электронно-цифровую систему управления двигателем (FADEC) для автоматического управления двигателем.

Функции автомата тяги:

- приобретение и удержание скорости или числа Маха;
- приобретение и удержание тяги;
- уменьшение тяги до холостого хода во время снижения и захода на посадку.

Для работы автомата тяги значение тяги, вычисленное компьютером системы управления полетом и наведения (FMGC), выбирается блоком управления полетом (FCU). Каждый процессор FCU отправляет по своей шине сигналы тяги в электронно-цифровую систему управления двигателем через блоки сопряжения двигателя (EIU).

Включение автомата тяги может быть выполнено вручную или автоматически. Автомат тяги включается вручную путем переключения кнопки A/THR на блоке управления полетом.

Автомат тяги включается автоматически, когда автопилот или командно-пилотажный прибор включен в режимах взлета или ухода на второй круг.

Когда автомат тяги включен:

- кнопка A/THR на блоке управления полетом (FCU) горит;
- статус работы отображается на табло сигнализатора режима полета (FMA).

Автомат тяги может быть выключен автоматически или вручную. Автомат тяги отключается автоматически при появлении отказов. Автомат тяги отключается вручную путем:

- нажатия переключателя A/THR на любом из РУДов;
- перевода всех РУДов в режим малого газа или в режим набор высоты;
- отжатия кнопки A/THR на блоке управления полетом.

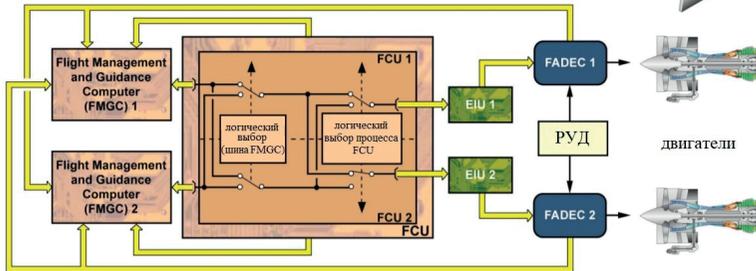
Табло сигнализатора режима полета (FMA)
находится на основном пилотажном дисплее (PFD)



Блок управления полетом (FCU)



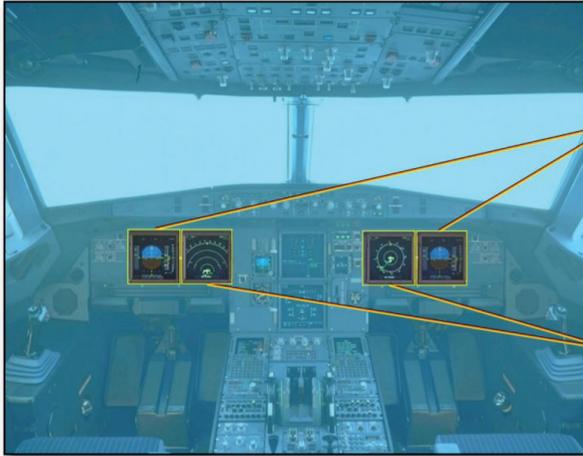
A/THR: автомат тяги
FMGS: компьютер по навигации и управлению полетом
FCU: блок управления полетом
EIU: блок сопряжения двигателя
FADEC: электронно-цифровая система управления двигателем



УПРАВЛЕНИЕ И ИНДИКАЦИЯ

Блок управления полетом (FCU) установлен на козырьке. Передняя сторона включает в себя панель управления системы автоматического управления полетом (AFS), расположенную между двумя панелями системы электронных пилотажных приборов (EFIS). Панель управления AFS служит для включения и индикации работы автопилота и автомата тяги. Выбор режимов управления полетом и параметров полета также осуществляется на панели управления автоматической системы управления полетом.

Два многоцелевых блока управления и индикации (MCDUs) расположены на центральной панели (пьедестале). В MCDU могут быть установлены параметры управления системой и маршруты полета. MCDU отображает информацию касательно текущего полета и эффективности систем самолета.



**ОСНОВНЫЕ ПИЛОТАЖНЫЕ
ДИСПЛЕИ (PFDs)**

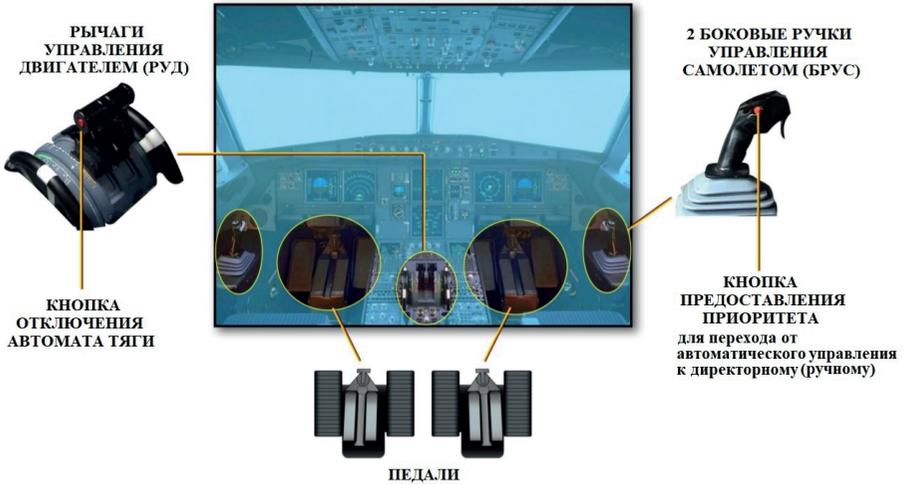


**НАВИГАЦИОННЫЕ
ДИСПЛЕИ (NDs)**

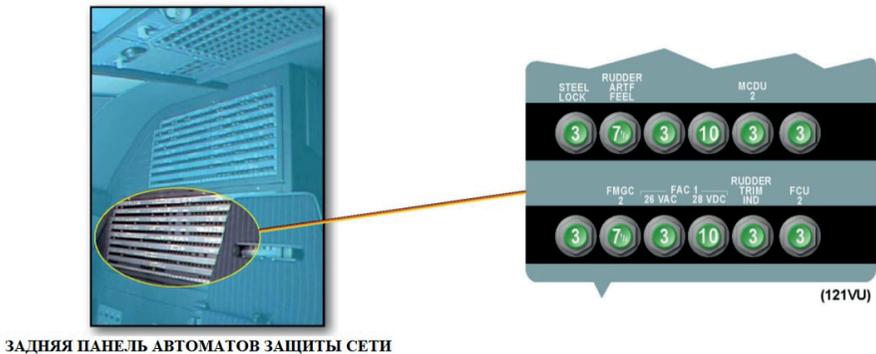
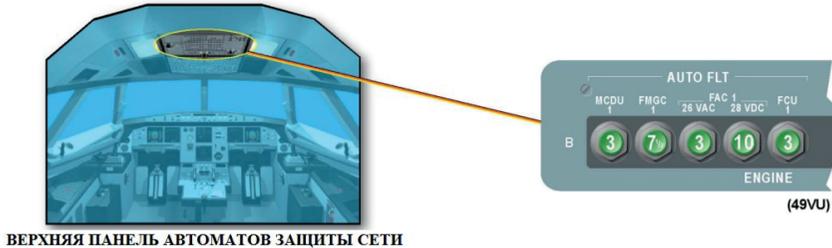
Рычаги управления двигателем (РУДы) расположены на центральном пьедестале и используются для активации режимов взлета/ухода на второй круг (TOGA) и автомата тяги.

SIDESTICK КВС и второго пилота находятся на соответствующих боковых панелях КВС и второго пилота. С их помощью отключается автопилот при нажатии кнопки приоритета или если на ручки управления приложено достаточное усилие.

Педали управления рулем направления установлены в позициях КВС и второго пилота. Автопилот отключается, если на педали управления рулем направления приложено достаточное усилие.

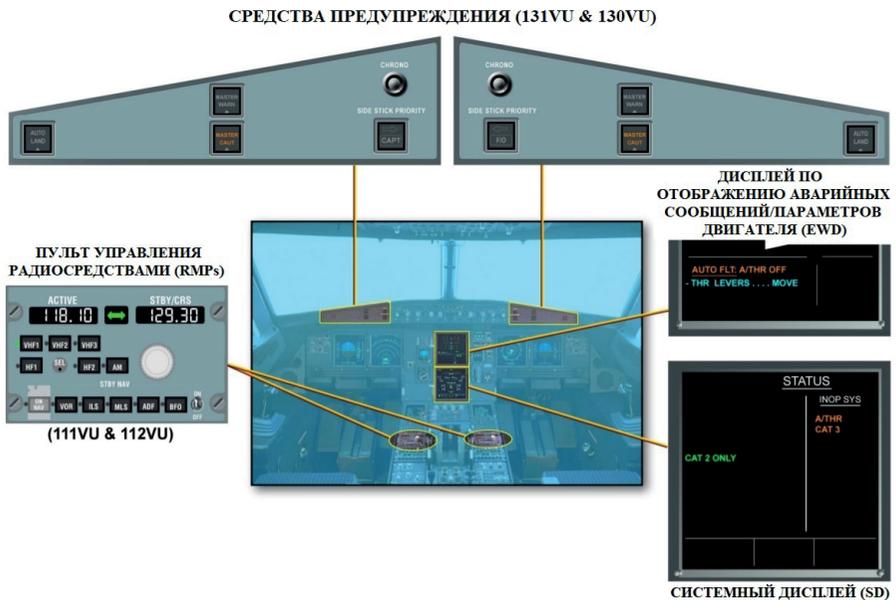


Перезагрузка FMGC, FAC, FCU и MCDU возможен из кабины пилотов. В зависимости от компьютера (1 или 2) автоматы защиты сети (АЗС) расположены на верхней панели АЗС 49VU или на задней панели АЗС 121VU.



Пульт управления радиосредствами (RMPs) расположен на центральной панели рядом с MCDUs 1 и 2. Штатно – MCDU имеет базу данных о всех наземных радиостанциях и предоставляет нужную информацию автоматически. Панели RMP в САУП используются для ввода информации о наземных радиостанциях вручную в случае отказа MCDU 1 и 2.

Средства предупреждения находятся на козырьке на местах КВС и второго пилота. Главный предупреждающий сигнализатор (MASTER CAUTION) или главный аварийный сигнализатор (MASTER WARNING) включаются, когда происходит отключение системы автоматического управления полетом. Индикатор автоматической посадки (AUTOLAND) включается, когда появляется проблема во время захода на посадку по автопилоту.



ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

САУП / AFS – система автоматического управления полетом / Automatic Flight System;

EFCS – электродистанционная система управления полетом / Electrical Flight Control System;

FADEC – электронно-цифровая система управления двигателем / Full Authority Digital Engine Control;

FMGC – Flight Management and Guidance Computer / компьютер по наведению и управлению полётом;

FAC – Flight Augmentation Computer / бортовой компьютер системы улучшения устойчивости и управляемости летательного аппарата;

FCU – блок управления полетом / Flight Control Unit;

FM – Flight Management / управление полётом;

FG – Flight Guidance / наведение полета;

FD – Flight Director / командно-пилотажный прибор;

ADIRS – Air Data/Inertial Reference System / система инерциального отсчета и воздушных данных;

ELAC – ELEVator and Aileron Computer / система управления рулем высоты и элеронами;

FIDS – Flight Information Display System / система выявления и обнаружения неисправностей;

IRS – Inertial Reference System / система инерциального отсчета;

VOR – Very High Frequency Omnidirectional Radio / всенаправленный радиомаяк;

DME – Distance Measuring Equipment / дальномерный радиомаяк;

ILS – Instrument Landing System / инструментальная система посадки;

ADF – автоматический радиокompас / Automatic Direction Finder;

PFД – Primary Flight Display / основной пилотажный дисплей;

ND – Navigation Display / навигационный дисплей;

DMC – Display Management Computer / компьютер управления дисплеями;

A/THR – AutoTHRust / автомат тяги;

EIU – Engine Interface Units / блоки сопряжения двигателя;

FMA – Flight Mode Annunciator / сигнализатор режима полета;

TOGA – Take-Off/Go-Around / режим взлета/ухода на второй круг;

RMP – Radio Management Panel / Пульт управления радиосредствами;

AUTOLAND – Индикатор автоматической посадки.