

Соколов Олег Аркадьевич

Заведующий кафедры «Систем автоматизированного управления»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

Университет гражданской авиации»

им. А.А. Новикова

Россия, г. Санкт-Петербург

Кипкаев Данил Олегович,

студент 3 курса факультет «Летной эксплуатации» ЛЭГВС

«Летная эксплуатация гражданских воздушных судов»

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный

Университет гражданской авиации»

им. А.А. Новикова

Россия, г. Санкт-Петербург

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТЯГИ И ПРИНЦИПЫ ЕГО РАБОТЫ

***Аннотация:** Автомат тяги – система, которая в автоматическом режиме управляет тягой двигателей, автоматически перемещая РУДы, таким образом, чтобы поддерживать заданные обороты двигателей и скорость полёта. Современные автоматы управляются при помощи компьютера и электромеханических схем, которые помогают пилоту контролировать скорость на этапах полёта. В этой статье мы разберём работу автоматическую систему управления тягой на семействе Airbus A318/A319/A320/321.*

***Ключевые слова:** авиация, автомат тяги, самолет, система автотяги на Airbus A318/319/320/321, автомат тяги на Airbus A318/319/320/321*

Annotation: *Autothrottle is a system that automatically controls engine thrust, automatically moving the throttles in such a way as to maintain specified engine speeds and flight speed. Modern automatic machines are controlled by a computer and electromechanical circuits that help the pilot control speed during flight phases. In this article we will analyze the operation of the automatic thrust control system on the Airbus A318/A319/A320/321 family.*

Key words: *aviation, autothrottle, airplane, autothrottle system on Airbus A318/319/320/321, autothrottle on Airbus A318/319/320/321.*

Автомат тяги – система, которая в автоматическом режиме управляет тягой двигателей, автоматически перемещая РУДы, таким образом, чтобы поддерживать заданные обороты двигателей и скорость полёта. Современные автоматы управляются при помощи компьютера и электромеханических схем, которые помогают пилоту контролировать скорость на этапах полёта. В этой статье мы разберём работу автоматическую систему управления тягой на семействе Airbus A318/A319/A320/321

Введение

Автомат тяги (A/THR) является функцией FMGS (Flight Management Guidance Computer) компьютера управления полетом, включает в себя 2 независимые A/THR команды, по одной на каждый FMGC. Каждый FMGS способен управлять тягой обоих двигателей одновременно через 2 блока интерфейса двигателя и 2 электронных блока управления двигателем (IAE двигателей) или через 2 блока управления двигателем (двигатели CFM). Только один FMGC управляет активным A/THR, он называется мастер FMGC.

Тяга контролируется:

— автоматически, когда активен A/THR

— вручную пилотом.

Автоматическая тяга активна, когда кнопка A/THR на FCU (Flight Control Unit) блоке управления полетом горит зеленым светом, и A/THR отображается белым цветом в пятом столбце FMA (Flight Mode Annunciator) сигнализатора режима полета. Положение рычагов управления двигателем определяет, находится ли A/THR в заармированном режиме, активен или нет, отключен.

Система автоматической тяги, активна тогда, когда:

- поддерживает определенную тягу в режиме тяги
- контролирует скорость самолета или MACH (СКОРОСТЬ ПО МАХУ) в режиме SPEED/MACH
- использует режим ALPHA FLOOR для установки максимальной тяги при изменении угла атаки самолета, превышающих определенный порог.

Система автотяги может работать независимо или совместно с AP/FD (автопилотом).

- При включении в одиночку A/THR всегда контролирует скорость
- Если система автотяги работает с AP/FD, то режим A/THR и функция AP/FD по углам атаки (тангажу) связаны между собой.

Когда автоматическая тяга активна, FMGS управляет тягой в соответствии с логикой вертикального перемещения воздушного судна (набор/снижение высоты), но использует тягу, не превышающую заданное значения положением рычага тяги. Например, когда рычаги управления двигателем установлены в положение фиксации CL (набор), компьютер оптимизации полета может управлять тягой в диапазоне между режимом малого газа и режимом максимального набора высоты.

Система автотяги в армированном состоянии автоматически активируется, если рычаги тяги установлены в секторе активного действия. За пределами этого диапазона рычаги управления тягой управляют тягой напрямую.

РЫЧАГИ ТЯГИ

Пилот использует рычаги тяги для выполнения следующих действий:

- Ручной выбор тяги двигателя.
- Заармирование и активация автоматической тяги (A/THR).
- Включение реверса тяги.
- Включение режимов взлета и ухода на второй круг.

Когда автоматическая тяга отключена, рычаги тяги управляют тягой напрямую: каждое положение рычага соответствует выданной тяге.

Пять фиксаторов делят каждый из секторов рычага тяги на четыре сегмента.

Фиксаторы бывают:

TO GA: максимальная взлетная тяга.

FLX MCT: максимальная продолжительная тяга (или FLX при взлете).

CL: максимальная тяга при наборе высоты.

IDLE: режим малого газа для прямой и реверсивной тяги

MAX REV: максимальная реверсивная тяга.

Когда рычаги управления двигателем находятся в режиме малого газа, пилот может отщелкнуть механизм блокировки положения и перевести рычаги в режим реверсивной тяги.

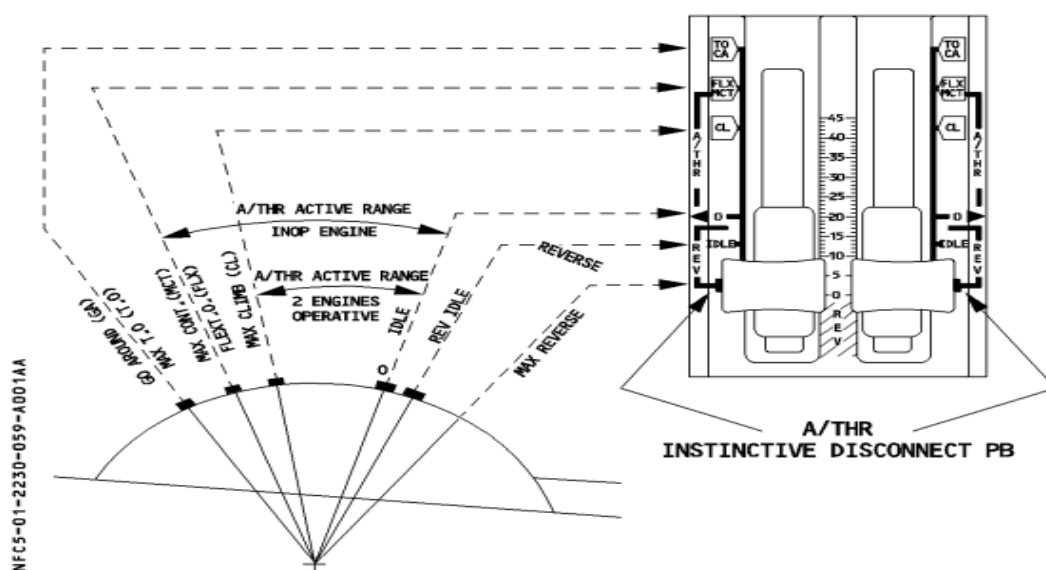


Рисунок 1. Схема рычага тяги

УСЛОВИЯ ВКЛЮЧЕНИЯ A/THR

Условия включения A/THR многочисленны, наиболее важные из них:

- работает хотя бы один FMGC
- работает хотя бы один FAC (Flight Augmentation Computer)
- работают 2 ADIRS (Air Data Inertial Reference System)
- работают 2 FADEC (Full Authority Digital Engine Control System)
- работает хотя бы один канал FCU (Flight Control Unit) блока управления полётом
- работает LGCIU (Landing Gear Control Interface Unit)
- A/THR не отключен вручную (не была зажата кнопка инстинктивного отключения более 15 секунд).

Летный экипаж армирует A/THR:

= На земле

- нажав кнопку A/THR на FCU, когда двигатели не работают, или
- путем установки рычагов тяги в режимы FLX (Flexible) или TOGA (Takeoff - Go Around) при работающих двигателях.

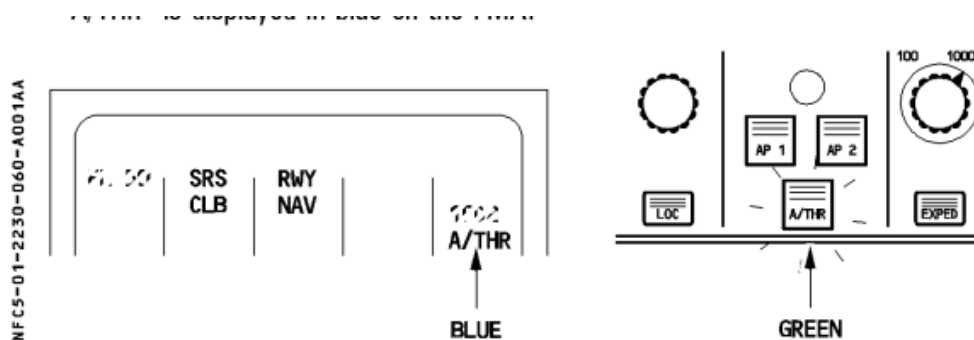
= В полете

- нажав кнопку A/THR на FCU, когда рычаги управления двигателем находятся в положении активного диапазона или
- пока A/THR активен (белый «A/THR» на FMA), путем установки всех рычагов тяги за фиксатором CL или при условии, если хотя бы один рычаг установлен выше режима MCT (Maximum Continuous Thrust) максимальной продолжительной тяги, или
- активировав режим ухода на 2й круг.

Когда A/THR армирован:

- загорается индикатор кнопки A/THR на FCU.

— «A/THR» отображается синим цветом на FMA.



R Note : At takeoff, if the thrust levers are set back to idle, the A/THR disengages and cannot
R be rearmed until the aircraft becomes airborne.

Рисунок 2. Индикация режимов на FMA

Примечание. Если при взлете рычаги управления двигателем вернутся в положение малого газа, A/THR отключится и не сможет быть армированным до тех пор, пока самолет не поднимется в воздух.

АКТИВАЦИЯ A/THR

A/THR активен, когда он управляет тягой или скоростью. Положение рычага тяги

определяет максимальную тягу, которой может управлять система A/THR (кроме условий активации режима alpha-floor).

A/THR, будучи армированным, активируется:

- когда пилот устанавливает оба рычага тяги между режимами CL и IDLE (оба двигателя работают)
- при установке пилотом одного рычага тяги между режимами MCT и IDLE (один двигатель не работает).

Отключенный A/THR активируется, когда пилот нажимает кнопку на FCU, при этом рычаги управления двигателем должны находиться в активном диапазоне, включая положение IDLE.

Примечание; Когда пилот переводит оба рычага управления двигателем в положение IDLE, A/THR отключается, но, если пилот нажмет кнопку A/THR на FCU, он одновременно армирует и активирует автотягу. Из-за положения рычагов управления двигателем режим малого газа будет поддерживаться.

— при активации ALPHA FLOOR, независимо от исходного состояния A/THR и положение рычагов управления двигателем.

Когда A/THR активен:

— Кнопка A/THR на FCU загорается.

— FMA отображает режим A/THR зеленым в первом столбце и A/THR белым в пятой колонне.

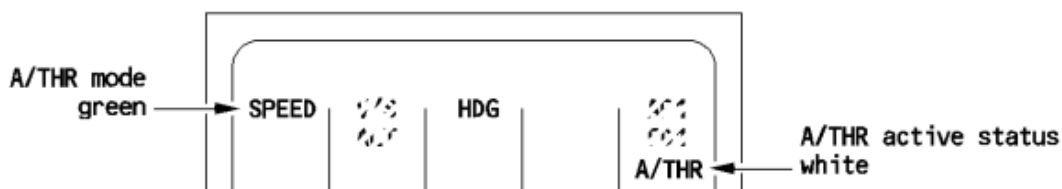


Рисунок 3. Отображение индикации на FMA

Ниже 100 футов радио высоты

Когда радиовысота ниже 100 футов, и пилот устанавливает оба рычага управления двигателем выше CL или выше режима MCT, автоматическая тяга отключится.

— При включенных FD (Flight Director) автоматическая тяга перезапускается, когда хотя бы один из рычагов тяги установлен в положение TOGA (Take Off Go-around).

— При выключенных FD автоматическая тяга остается отключенной.

— Если пилот устанавливает оба рычага управления двигателем немного выше фиксатора CL для дополнительной тяги и возвращает обратно в фиксированное положение CL, A/THR отключится и останется отключенным. В результате тяга увеличится до тяги CLIMB. Пилот должен вручную установить соответствующую тягу для посадки (или ухода на второй круг).

АКТИВАЦИЯ A/THR

A/THR активен, когда он управляет тягой или скоростью. Положение рычага тяги определяет максимальную тягу, которой может управлять система A/THR (кроме alpha-floor).

Заармированный A/THR, активируется:

- когда пилот устанавливает оба рычага тяги между фиксаторами CL и IDLE (два двигателя работают)
- при установке пилотом одного рычага тяги между фиксаторами MCT и IDLE (один двигатель неработоспособен).

Отключенный A/THR активируется, когда пилот нажимает кнопку на FCU при этом рычаги управления двигателем находятся в активном диапазоне, включая положение IDLE.

Примечание; Когда пилот переводит оба рычага управления двигателем в положение IDLE, A/THR отключается, но если пилот нажмет кнопку A/THR на FCU, он одновременно заармирует и активирует автотягу, тогда из-за

положения рычагов управления двигателем тяга в режиме IDLE будет поддерживается.

— при активации ALPHA FLOOR, независимо от исходного состояния A/THR и положение рычагов управления двигателем.

Когда A/THR активен:

- Кнопка A/THR на FCU загорается.
- FMA отображает режим A/THR зеленым в первом столбце и A/THR белым в пятой колонне (рис 5).

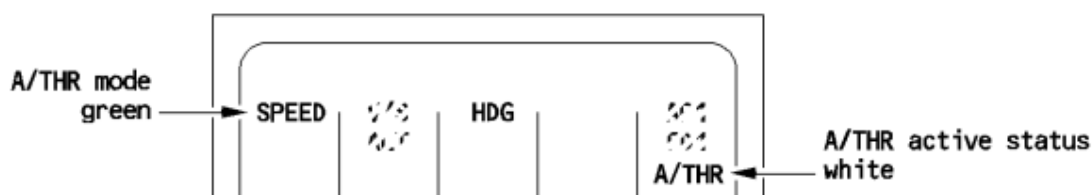


Рисунок 4. Отображение режима A/THR

ВЛИЯНИЕ ДВИЖЕНИЯ РЫЧАГА УПРАВЛЕНИЯ ВО ВРЕМЯ АКТИВНОСТИ A/THR

— Когда оба рычага управления двигателем установлены выше фиксатора CL (оба двигателя работают) или один рычаг тяги установлен выше MCT (один двигатель работает), A/THR переходит из активного состояния в заармированное. «A/THR» на FMA становится синим, и рычаги управления тягой управляют тягой напрямую. FMA отображает «MAN THR» белым цветом в первом столбце. Рычаги тяги обеспечивают экипажу немедленное

увеличение тяги на обоих двигателях. Если рычаги управления двигателем выдвинуты выше фиксатора CL (2 двигателя) или активного рычага управления двигателем, выше фиксатора MCT (один двигатель работает).

— Когда оба рычага управления двигателем установлены ниже фиксатора CL (оба двигателя работают) или один рычаг тяги установлен ниже MCT (один двигатель работает), появляется повторяющееся предупреждение в виде одиночного звукового сигнала ECAM «A/THR LIMITED»), который активируется каждые 5 секунд, пока пилот не вернет рычаг обратно в фиксатор. На дисплее отображается зеленый цвет «THR LVR» на FMA.

«LVR CLB» (оба двигателя работают) или «LVR MCT» (один двигатель работает), мигает белым в первом столбце FMA. Это устройство напоминает экипажу о нормальном рабочем положении рычагов тяги, когда A/THR активен, это либо фиксация CL (2 двигателя), либо фиксация MCT (один двигатель).

— Когда один рычаг управления двигателем находится в фиксаторе CL, а другой вне фиксатора, желтое сообщение ASYM (не симметрично) появляется до тех пор, пока оба рычага не будут зафиксированы в положении CL.

ОТКЛЮЧЕНИЕ A/THR

Когда A/THR отключен, или армирован и не активен.

A/THR можно отключить двумя способами:

— Стандартное отключение:

- Пилот нажимает кнопку инстинктивного отключения на рычагах управления двигателем (которая сразу устанавливает тягу, соответствующую положениям рычага), или
- Пилот устанавливает оба рычага управления двигателем в положение IDLE.

— Нестандартное отключение:

- Пилот нажимает кнопку A/THR на FCU, в то время как A/THR армирован/активен, или
- Система теряет одно из условий армирования.

РЕЖИМЫ A/THR

Режимы A/THR выбираются автоматически вместе с режимами AP/FD (кроме режимов для ALPHA-FLOOR).

Режимы бывают:

A/THR в режиме THRUST, AP/FD поддерживают скорость. (Режимы набора/снижения, открытого набора/снижения, ускоренного набора/снижения, выдерживания безопасной скорости, выравнивания, снижения в фазе малого газа).

A/THR в режиме SPEED/MACH. 1- В случае полета с выключенным автопилотом/директорами. 2- В случае, если автопилот совместно с директорами управляет вертикальным профилем (геометрическая фаза), (Режимы вертикальной скорости, угла наклона траектории, ограничения высот, выдерживания эшелона следования, режима захвата глиссадного маяка)

РЕЖИМ RETARD

AUTHR в режиме RETARD Автоматическая посадка (AP включена в режим LAND). Звуковое оповещение, дающее пилоту понять, что пора убрать режим работы двигателя до малого газа.

ALPHA FLOOR — это защита, которая выводит тягу на максимальный режим TOGA независимо от положения рычагов управления двигателем. Эта

защита доступна после взлета с момента отрыва до высота 100 футов по радиовысотометру по время захода на посадку.

ALPHA FLOOR вызывает следующие индикации:

- «A FLOOR» зеленого цвета, окруженный мигающим желтым прямоугольником на FMA, и янтарного цвета на дисплей контроля параметров двигателя (так долго, как условия срабатывания a-floor сохраняются).
- «TOGA LK» зеленого цвета в окружении мигающего янтарного прямоугольника на FMA, когда самолет выходит из условий alpha-floor. Тяга TOGA заморожена. Для отмены тяги ALPHA FLOOR или TOGA LK пилот должен отключить автотягу.

Режим SPEED/MACH

В режиме SPEED/MACH A/THR регулирует тягу для достижения и удержания скорости или числа Маха.

Целевая скорость или число Маха могут быть:

- выбраны на FCU пилотом.
- управляются на FMGC.

В режиме SPD/MACH, A/THR не допускает отклонения скорости за пределы допустимого следующие ограничения, независимо от целевой скорости или числа Маха:

- Для выбранной целевой скорости ограничениями являются VLS и VMAX (VMO-ММО, VFE-VLE, в зависимости от того, что применимо).

— Для выбранной скорости ограничениями являются - скорость маневрирования GREENDOT SPEED, S, F, VLE, VMO, MMO, VFE... (в зависимости от того, что применимо). Переключение из режима SPEED в режим MACH происходит либо автоматически, выполняется FMGC, или вручную, когда пилот нажимает кнопку переключения SPD/MACH. FMA отображает SPEED или «MACH».

Автотяга на подходе:

Ниже 3200 футов по радиовысотомеру, при наличии как минимум CONF 1, логика A/THR модифицируется, чтобы быть более эффективной, реагирует на изменение скорости. Это называется автотягой при заходе на посадку.

РЕЖИМ SPEED В ФАЗЕ ЗАХОДА

Когда самолет выполняет заход на посадку на заданной скорости, целевая скорость отображается на PFD пурпурного цвета, меняется во время подхода. Данная заданная скорость вычислена компьютером с учетом использования функции GROUND SPEED MINI.

ПРИНЦИП МИНИ ФУНКЦИИ GROUND SPEED

Цель функции GROUND SPEED — воспользоваться инерцией самолета при изменении ветровых условий во время захода на посадку. Это достигается путем предоставления экипажу адекватной заданной скорости. Когда самолет достигает указанной скорости, энергия самолета поддерживается выше минимального уровня, обеспечивающего стандартную аэродинамику.

Если A/THR активен в режиме SPEED, он автоматически будет следовать заданному значению IAS, гарантируя эффективное управление тягой во время захода на посадку.

Минимальный уровень энергии представлен путевой скоростью, при которой самолет будет выполнять приземление. Эта путевая скорость называется «GROUND SPD MINI».

Во время захода на посадку FMGS постоянно рассчитывает целевую скорость (минимальная целевая скорость ограничена VAPP.), используя данные о ветре, чтобы поддерживать путевую скорость на уровне «GROUND SPEED MINI» или выше нее.

На новых самолетах данная функция добавляет к скорости захода треть от составляющей ветра для обеспечения необходимой инерции, нужной для выравнивания, и ухода на второй круг.

Автомат тяги – это надежное и точное устройство, которое играет важную роль в работе экипажа ВС. Он облегчает работу, путем выдерживание безопасных диапазонов скоростей, тем самым снижая нагрузку на пилотов и повышая безопасность полётов. С развитием технологий он становится все более усовершенствованным, что делает полёты более эффективными и безопасными.

Используемые источники:

1. Сайт Википедии: Автомат тяги

URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82_%D1%82%D1%8F%D0%B3%D0%B8

2. Документация общего назначения: Полный FCOM Airbus A318, A319, A320, A321. URL: <https://www.avsim.su/f/documents-16/full-fcom-airbus-a318-319-320-321--53297.html>