
Дисциплина: «Эксплуатация и ремонт авиационного оборудования самолетов и вертолетов»

Тема № 12. Электрические устройства систем управления режимами работы авиадвигателя

Лекция № 8. «Принципы построения электрических и электронных систем управления режимами работы и регулирования параметров силовых установок»

Учебные цели занятия

ЗНАТЬ:

назначение, классификацию и принцип построения электрических и электронных систем управления режимами работы и регулирования параметров силовой установки.

Отводимое время на занятие 90 минут

Учебные вопросы занятия

- 1. Назначение, классификация систем управления режимами работы и регулирования параметров силовых установок.**
- 2. Принцип построения электрических и электронных систем управления режимами работы и регулирования силовых установок.**

Литература на самоподготовку

- 1. Под редакцией д.т.н., профессора Ю.П. Доброленского, Авиационное оборудование, М. Воениздат, 1989г., стр. 71...72.**
- 2. П.И. Чинаев «Авиационное оборудование самолётов» ВИ МО Москва – 1976г. стр163...164, 177...180**

ВОПРОС 1

Назначение, классификация систем управления режимами работы и регулирования параметров силовых установок

Системы управления режимами работы силовой установки предназначены:

- для поддержания устойчивой работы авиационного двигателя на заданных режимах;**
- для защиты АД от нерасчётных режимов работы;**
- для улучшения рабочих характеристик АД.**

Режим работы силовой установки – это определённая совокупность параметров процесса, протекающего в авиадвигателе.

(т.е. каждому режиму соответствует определённое значение параметров - частота вращения ротора, температура газов и др.)

Определяющим параметром, является тяга (мощность) двигателя.

В соответствии с уровнем тяги (мощности) выделяют следующие расчётные (устойчивые) режимы работы силовой установки:

- режим малого газа (МГ);**
- номинальный (Н);**
- максимальный (М);**
- форсажный (Ф).**

Поддержание заданного режима работы осуществляется системами автоматического управления. Тяга (мощность) двигателя, а значит, и режим работы двигателя зависит от количества топлива подаваемого в камеру сгорания.

Управление подачей топлива в основные и форсажные камеры сгорания двигателей является главной задачей систем автоматического управления ГТД

Тяга (мощность) двигателя, а значит, и режим работы двигателя зависит от количества топлива подаваемого в камеру сгорания.

Для выполнения полета воздушного судна в определенных условиях необходимо изменять тягу (мощность) двигателей (режимы их работы) в соответствии с этими условиями таким образом, чтобы расход топлива был минимальным при обеспечении необходимой безопасности полета, устойчивой работы и достаточной прочности узлов ГТД.

На современных ЛА находят применение системы управления:

- подачей топлива в основную камеру сгорания;**
- подачей топлива в форсажную камеру сгорания;**
- выходным соплом;**
- поворотными лопатками статора компрессора;**
- сверхзвуковым входным устройством;**
- процессом запуска и разгоном двигателя.**

Задачей управления авиадвигателем является изменение режима его работы.

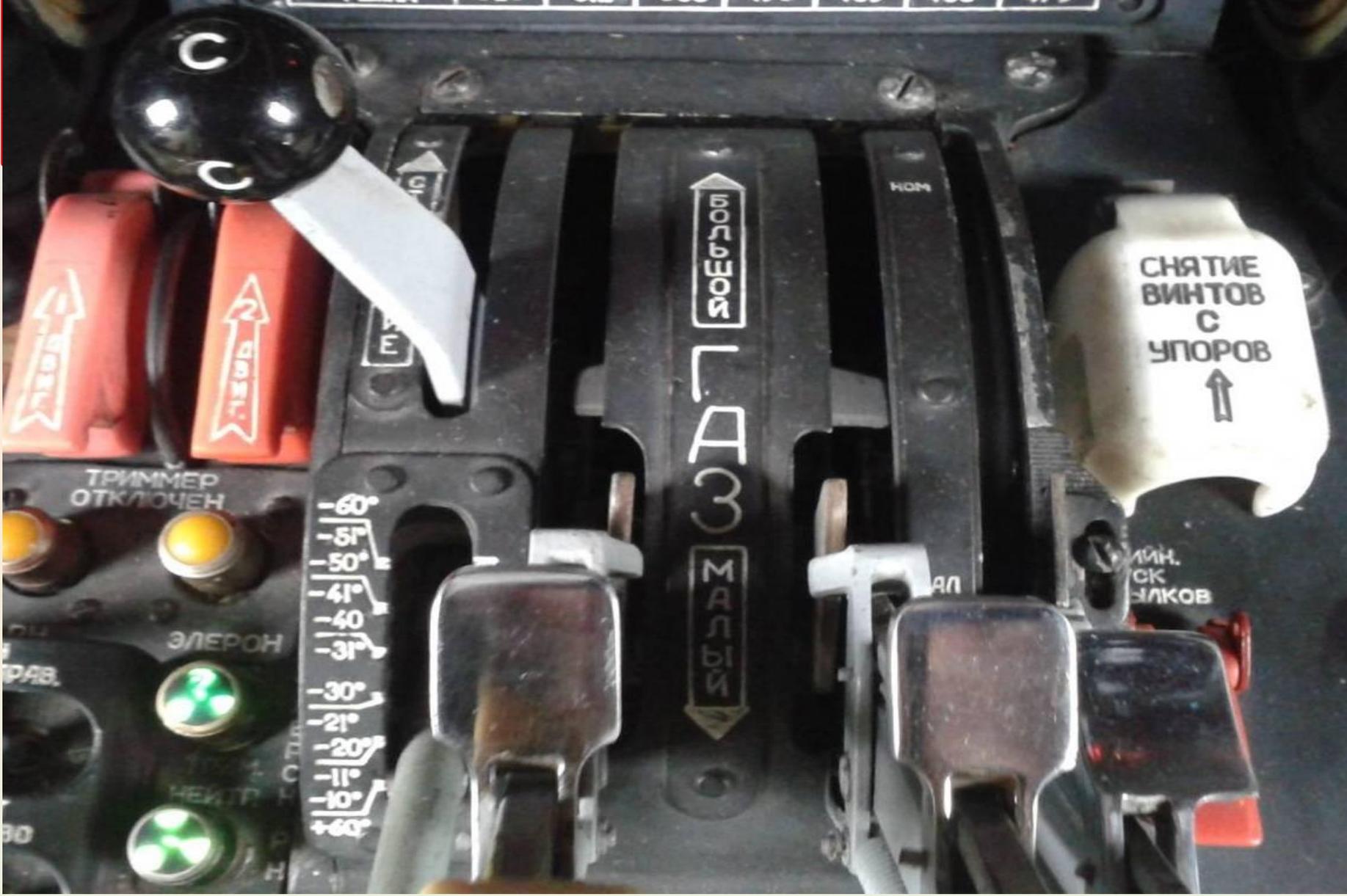
Задача регулирования – поддержание заданного режима работы или программное изменение его при изменении внешних возмущающих воздействий.

Под управлением авиационным двигателем понимается целенаправленное воздействие на него с помощью РУД с целью установления необходимой тяги.

Непосредственно на ВС тяга двигателя не измеряется. Поэтому при управлении ТРД выбирается один из его параметров, который наиболее полно характеризует тягу и достаточно точно и просто может быть измерен.

На современных ВС в качестве такого параметра принимается частота вращения n вала турбокомпрессора. В связи с этим программа управления авиадвигателем представляет собой принятую зависимость n от угла поворота РУД ($\alpha_{руд}$) при неизменных внешних условиях.

Н.к.ч.	0	1	2	3	4	5	6
t° МАКС. РЕЖИМ	503	490	481	473	467	461	457
t° ВЗЛЕТН. РЕЖИМ	525	512	503	495	489	483	479



ТРИММЕР
ОТКЛЮЧЕН

ЭЛЕРОН

НЕЙТР

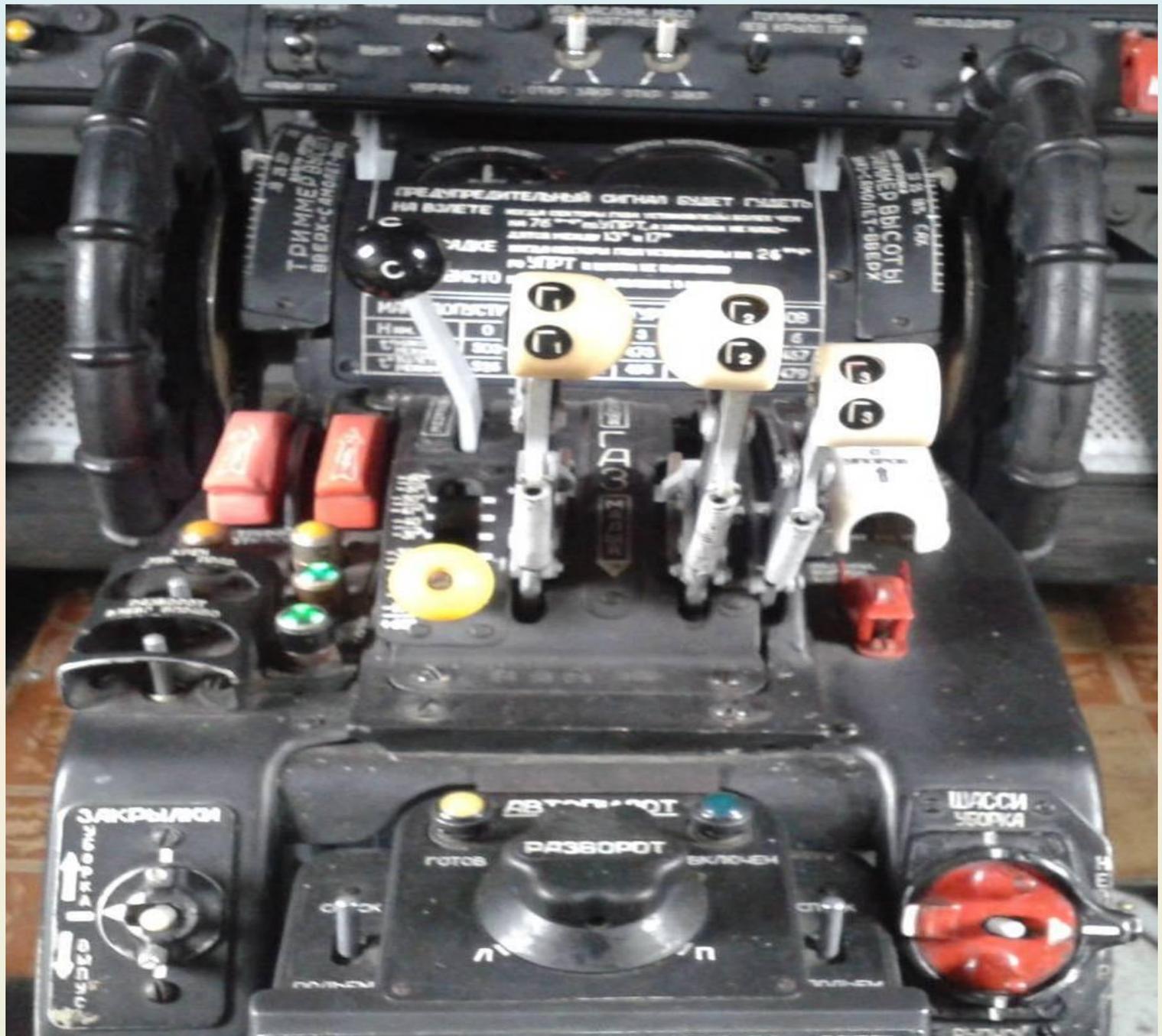
ПОСЛЕДНОЕ
3
МАЛЫЙ

СНЯТИЕ
ВИНТОВ
С
УПОРОВ

МИН.
СК
ВЛКОВ

Системы управления ГТД в общем случае обеспечивают:

- изменение тяги двигателя при переходе его с одного режима работы на другой в соответствии с перемещением РУД;**
- автоматическое поддержание установленного режима работы авиадвигателя при изменении условий полета;**
- ограничение предельных значений ряда параметров авиадвигателя с целью исключения недопустимых механических и тепловых перегрузок его элементов;**
- устойчивость на установившихся и переходных режимах работы авиадвигателя.**



Системы управления режимами работы силовых установок классифицируют:

- ✓ по назначению;
- ✓ по управляющему воздействию.

Для автоматического управления силовыми установками применяются **непрерывные** и **дискретные** системы, как с замкнутой, так и с разомкнутой структурой (построенные по принципу отклонения, по возмущающим воздействиям, комбинированные), с различным характером изменения задающего воздействия (системы стабилизации и программного регулирования, следящие системы).

Различают **автономные** и **комплексные** системы управления режимами ГТД.

Автономные системы регулирования и ограничения отдельных параметров силовой установки связаны между собой только через двигатель как объект управления.

В **комплексных** системах управления осуществляется оптимальное **согласование** работы **отдельных автономных систем** (контуров), коррекция их программ в соответствии с изменением условий работы.

В настоящее время на ВС используются следующие четыре типа систем автоматического управления авиадвигателем:

- гидромеханические;**
- комбинированные системы управления, состоящие из гидромеханического и электрического аналогового регуляторов;**
- комбинированные системы управления, состоящие из гидромеханического и электронного цифрового регуляторов;**
- цифровые электронные системы управления.**

Использование электронных систем управления авиадвигателем, особенно с использованием ЦВМ, позволяет:

- значительно повысить точность регулирования основных параметров авиадвигателя;**
- осуществить комплексное управление силовой установкой по сложным программам;**
- упростить контроль работоспособности и эксплуатационной настройки систем;**
- осуществить строгий учет наработки авиадвигателя на различных режимах работы.**

Электрические системы управления можно классифицировать:

а) по типу управляемого параметра

Кроме того, электрические системы управления делятся на:

- ✓ **системы автоматического регулирования;**
- ✓ **системы автоматического ограничения определённых параметров авиадвигателя.**

(на практике очень часто эти системы применяются в комплексе и тесно связаны между собой)

аналоговый (непрерывный) или дискретный.

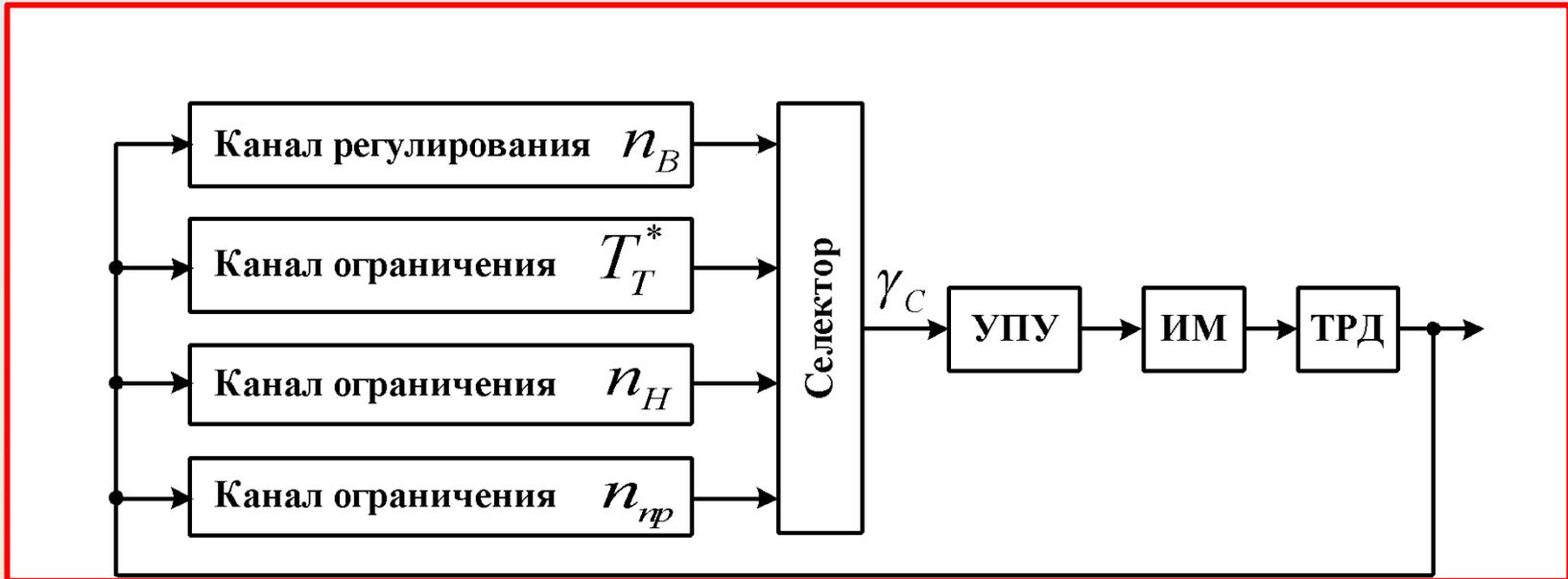
В электрических системах управления используются следующие элементы:

- ✓ **программные устройства в виде реле или электро-двигательных автоматов времени;**
- ✓ **датчики и сигнализаторы давлений и разрежений;**
- ✓ **датчики частоты вращения, помпажа и вибрации;**
- ✓ **электромагнитные краны и клапаны;**
- ✓ **потенциометрические следящие системы;**
- ✓ **датчики, регуляторы и сигнализаторы температуры;**
- ✓ **коммутационная и защитная аппаратура.**

Использование электронных систем управления авиадвигателем, особенно с использованием ЦВМ, позволяет:

- значительно повысить точность регулирования основных параметров авиадвигателя;**
- осуществить комплексное управление силовой установкой по сложным программам;**
- упростить контроль работоспособности и эксплуатационной настройки систем;**
- осуществить строгий учет наработки авиадвигателя на различных режимах работы.**

Принципы построения комбинированных САУ



1. Все существующие комбинированные САУ построены по замкнутому принципу с обратной связью.

2. При построении электрических и электронных регуляторов используется поканальный принцип управления параметрами рабочего процесса авиадвигателями.

3. Для исключения взаимного влияния отдельных каналов и повышения качества регулирования используется принцип селектирования сигналов управления с помощью селектора. Этот принцип предусматривает выбор из совокупности сигналов управления $\gamma_1, \dots, \gamma_n$ такого сигнала управления, γ_c который обеспечивает минимальный расход топлива $G_{\text{ТоМИН}}$

Принципы построения комбинированных САУ

4. Во всех существующих системах управления применяется импульсное управление авиадвигателем с помощью электромагнитных клапанов (ЭМК) подачи топлива G_{To} . При этом на вход исполнительного механизма (ИМ), в качестве которого используются ЭМК, подается управляющий сигнал в виде электрических импульсов переменной скважности γ_u

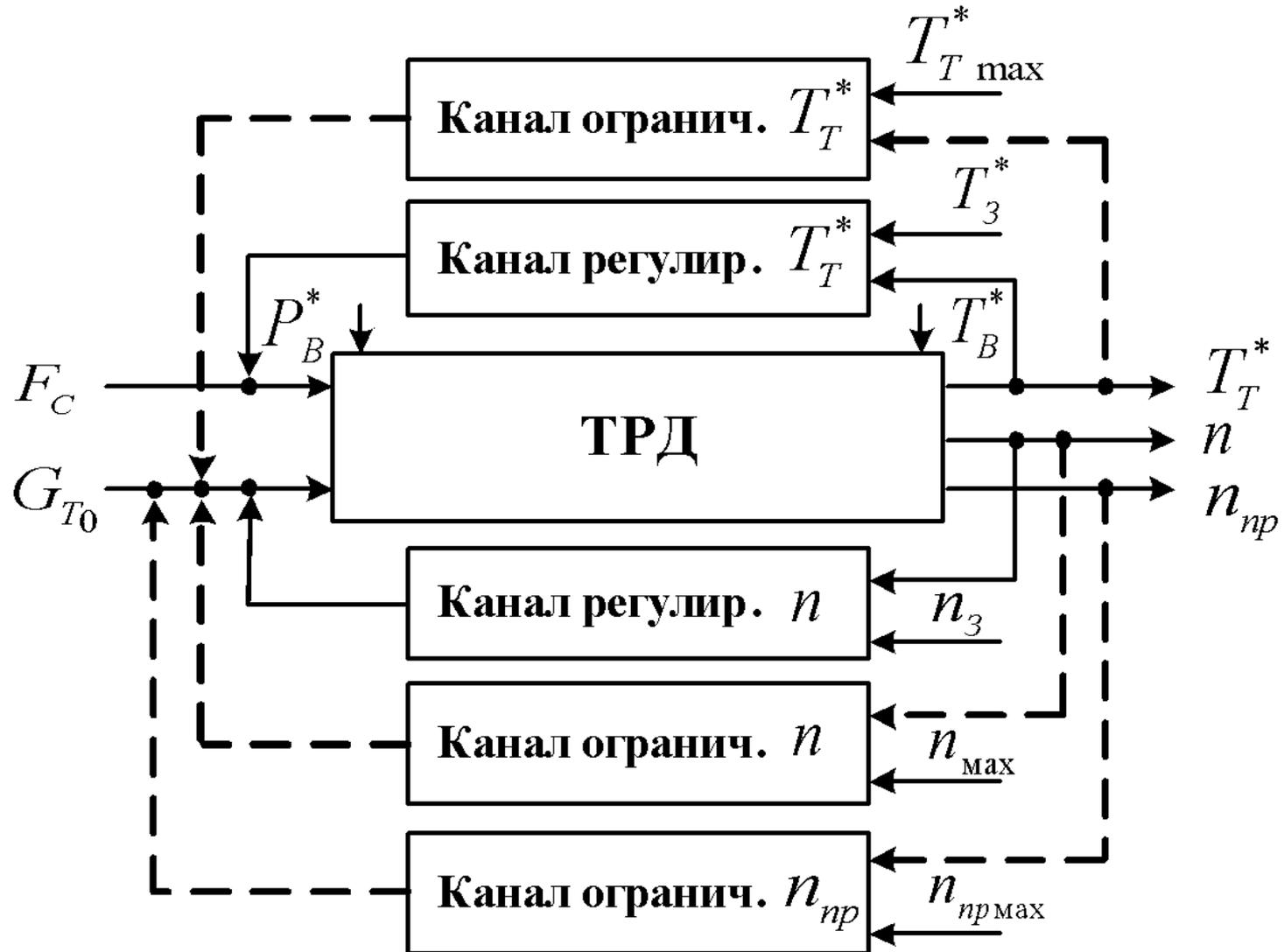
$$\gamma_u = \frac{t_{И}}{T_{П}}$$

где $t_{И}$ – длительность импульса; $T_{П}$ – период повторения импульсов.

5. Современные комбинированные системы управления авиадвигателем имеют основной электронный (аналоговый или цифровой) регулятор (ЭР) и резервный гидромеханический регулятор (ГМР).

Для обеспечения совместной работы двух регуляторов в комбинированных системах управления авиадвигателем в ГМР устанавливаются специальные электромагнитные клапаны переключения на резервный регулятор.

Структурная схема САУ одновального ТРД



Режимы работы двигателей, характеризуются параметрами, основными из которых являются:

- ✓ температура газа перед турбиной T_T ,
- ✓ степень повышения давления воздуха в компрессоре P_K
- ✓ частота вращения ротора n .

Этими параметрами можно управлять, с помощью элементов системы автоматического регулирования (САУ) ГТД, изменяя их величину.

Их называют *управляемыми параметрами*.

Управление осуществляется за счёт, изменения *управляющих факторов*, к ним относятся:

- расход топлива G_T ;
- угол остановки лопастей воздушного винта $\varphi_{ВВ}$ или несущего винта вертолета $\varphi_{НВ}$;
- площадь проходного сечения реактивного сопла F_c и др.

Число управляющих факторов должно соответствовать числу управляемых параметров.

(основной и форсажной камер сгорания);

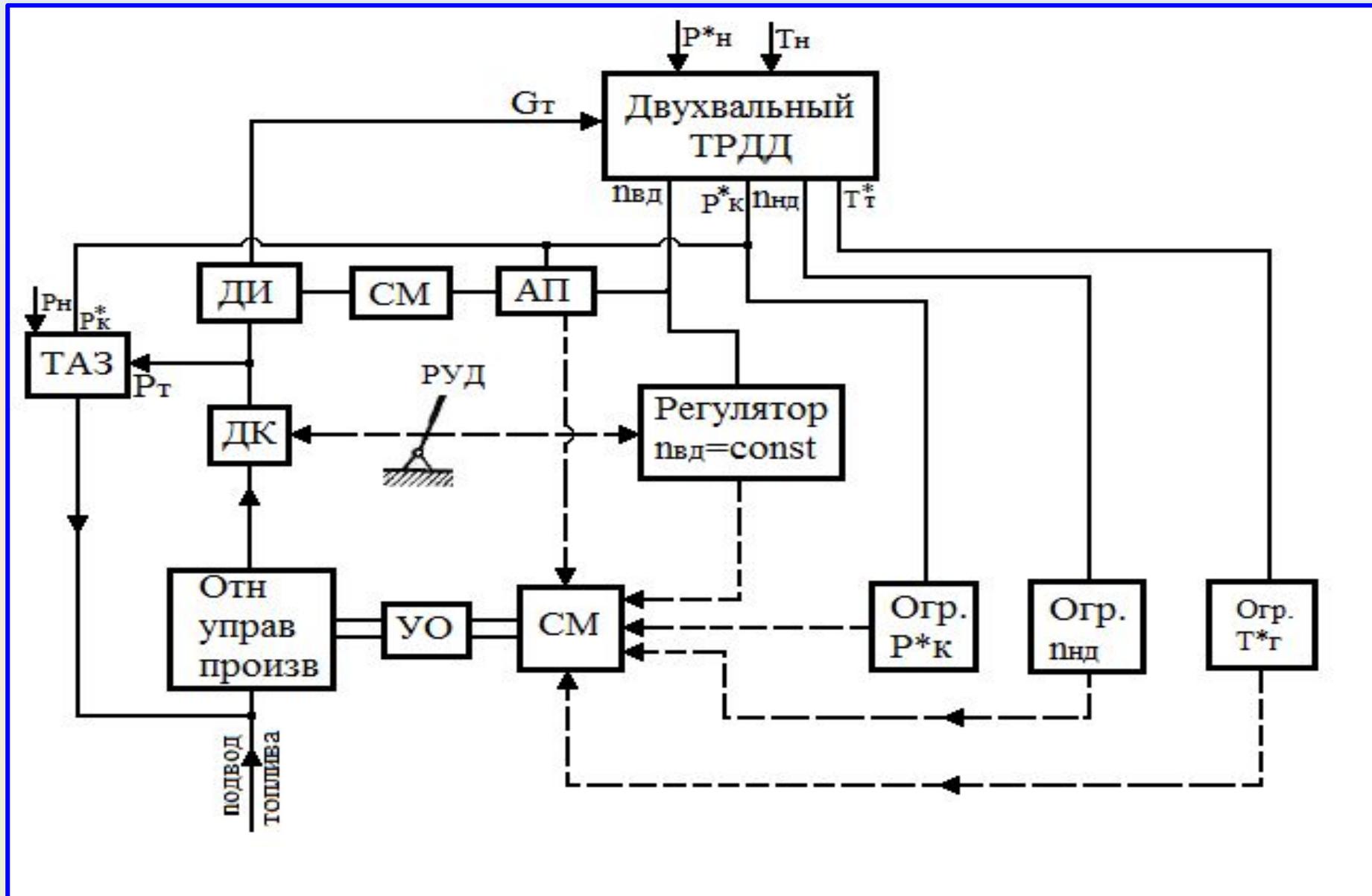
- устройств отбора мощности (воздушного или несущего винта);**
- изменяемых проходных сечений во входном устройстве, компрессоре и реактивном сопле.**

Для *неуправляемых параметров* предусматривают ограничения их максимальных значений по условиям прочности и устойчивой работы узлов ГТД.

ВОПРОС 2

Принцип построения электрических и электронных систем управления режимами работы и регулирования силовых установок

Схема двухвального ТРДД с основным топливным насосом управляемой производительности



Условные обозначения

РУД – рычаг управления двигателем;

ДИ – дозирующая игла;

СМ – сервомотор;

АП – автомат приёмистости;

ТАЗ – топливный автомат запуска;

ДК – дроссельный кран;

ОТН – основной топливный насос;

УО – управляющий орган (обычно наклонная шайба плунжерного насоса);

КПД – клапан перепада давления;

ОГХ – ограничитель хода дозирующей иглы;

РПД – регулятор перепада давления;

ГУ - гидроусилитель;

АВСК - автомат высотно-скоростной корректировки;

МОУ - механизм объединённого управления.

Условные обозначения

- $n_{нд}$ – частота вращения ротора низкого давления;
- $n_{вд}$ – частота вращения ротора высокого давления;
- $n_{мг}$ – частота вращения малого газа;
- n_{max} – ограничитель максимальной частоты вращения;
- F_c – площадь проходного сечения реактивного сопла;
- P_K – давление воздуха за компрессором;
- P_H – давление воздуха в атмосфере;
- P_T – давление топлива за дроссельным клапаном;
- G_T – расход топлива;
- T_3 – температура газа за турбиной;
- T_Γ – температура газа перед турбиной;
- T_H – температура наружного воздуха;
- $\varphi_{нв}$ – угол установки несущего винта;
- $\varphi_{вв}$ – угол установки воздушного винта;
- $M_{кр}$ – крутящий момент.

Схема двухвального ТРДД с основным топливным насосом управляемой производительности

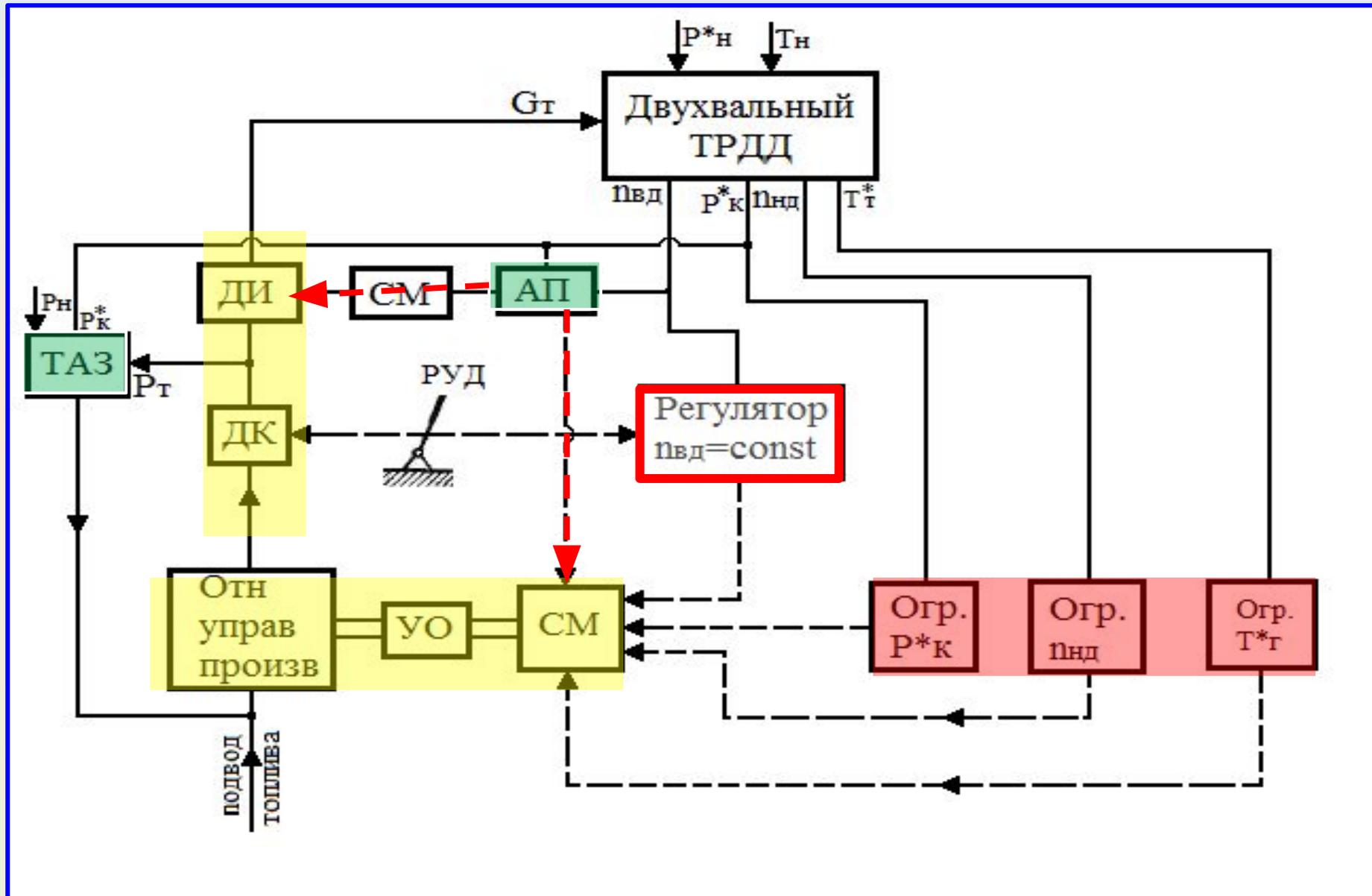


Схема системы управления расходом топлива двухвального ТРДД с ОТН неуправляемой производительности

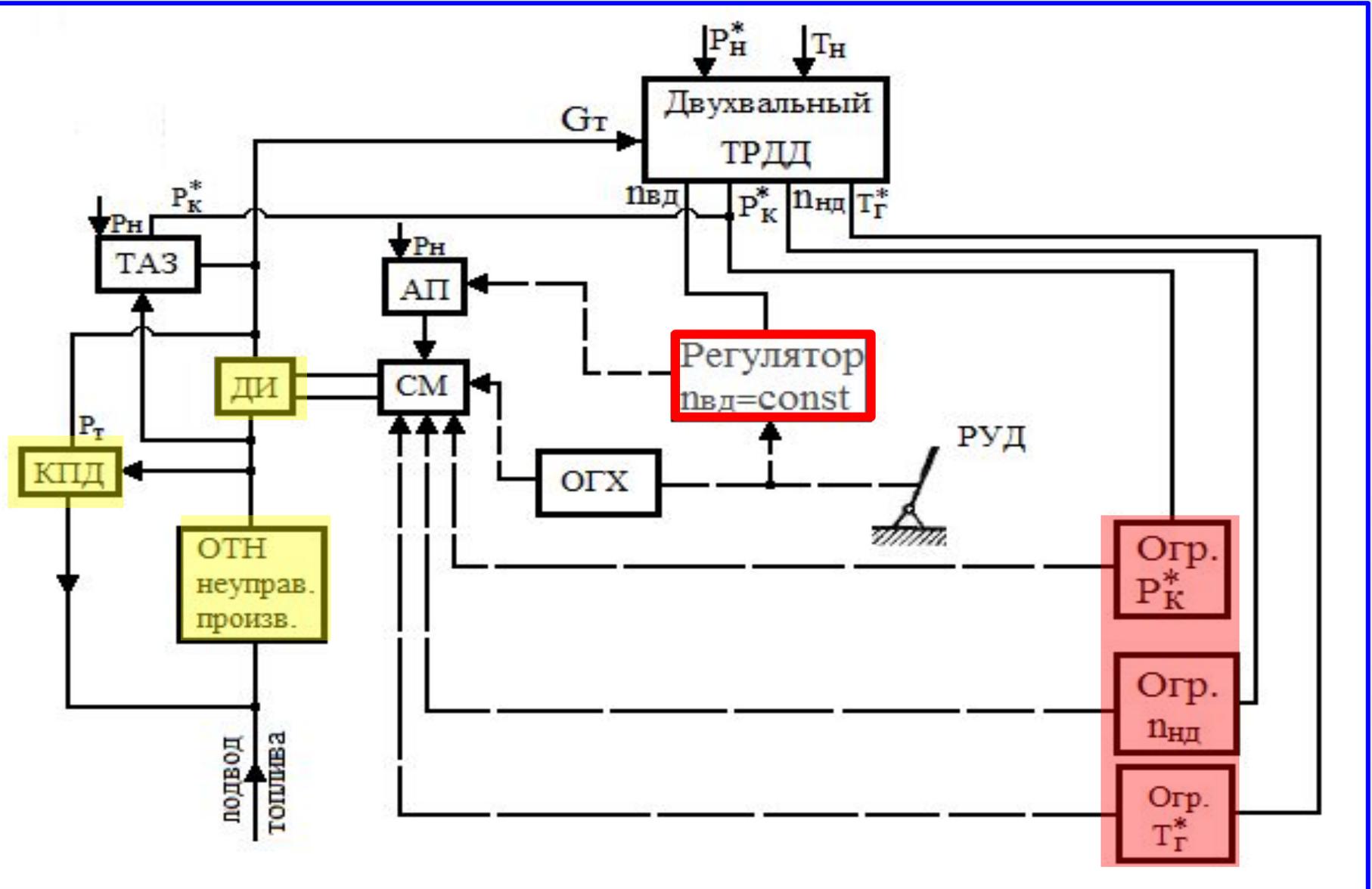


Схема системы управления расходом топлива трехвального ТРДД с ОТН неуправляемой производительности

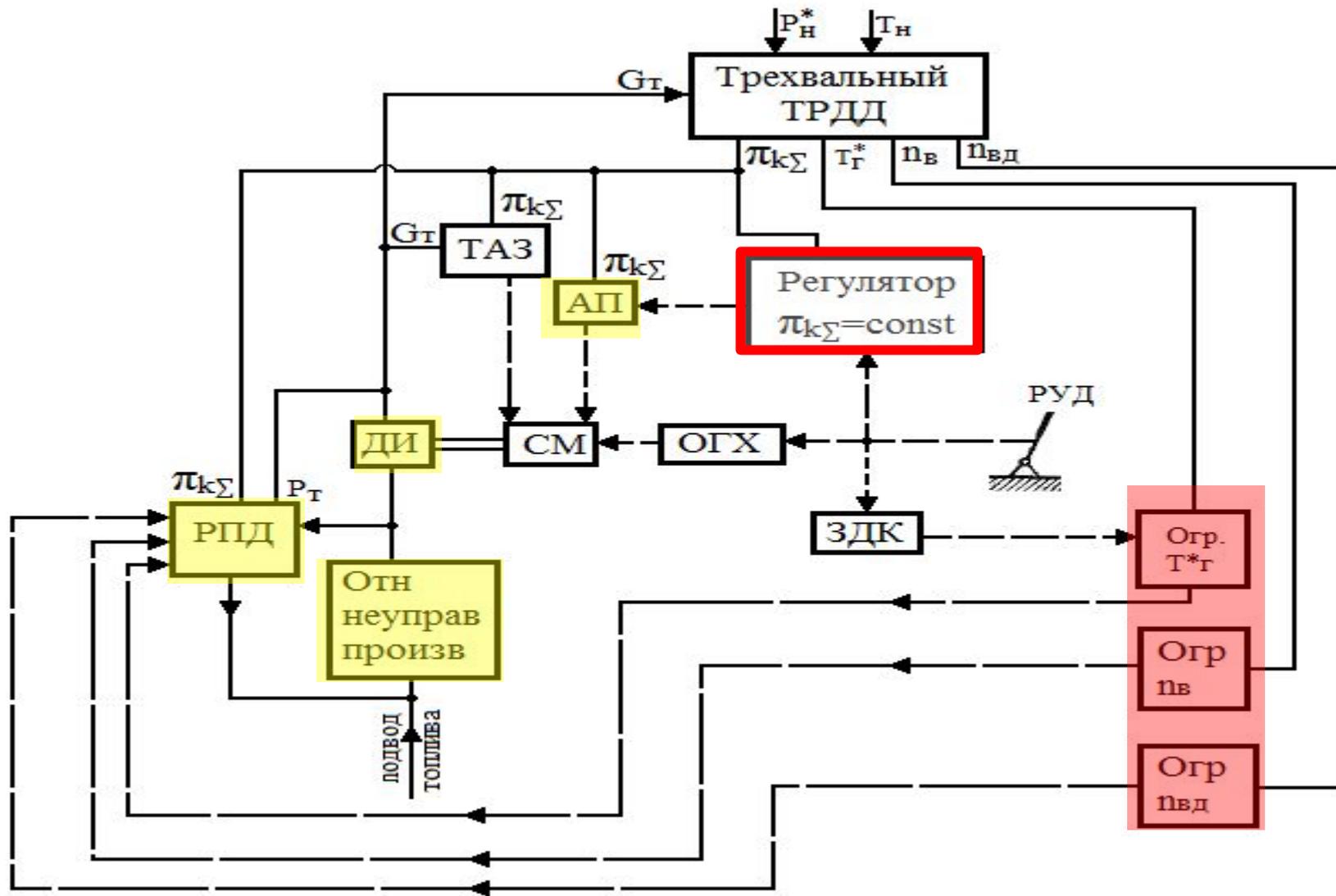


Схема системы управления расходом топлива одновального ТВД с ОТН управляемой производительности

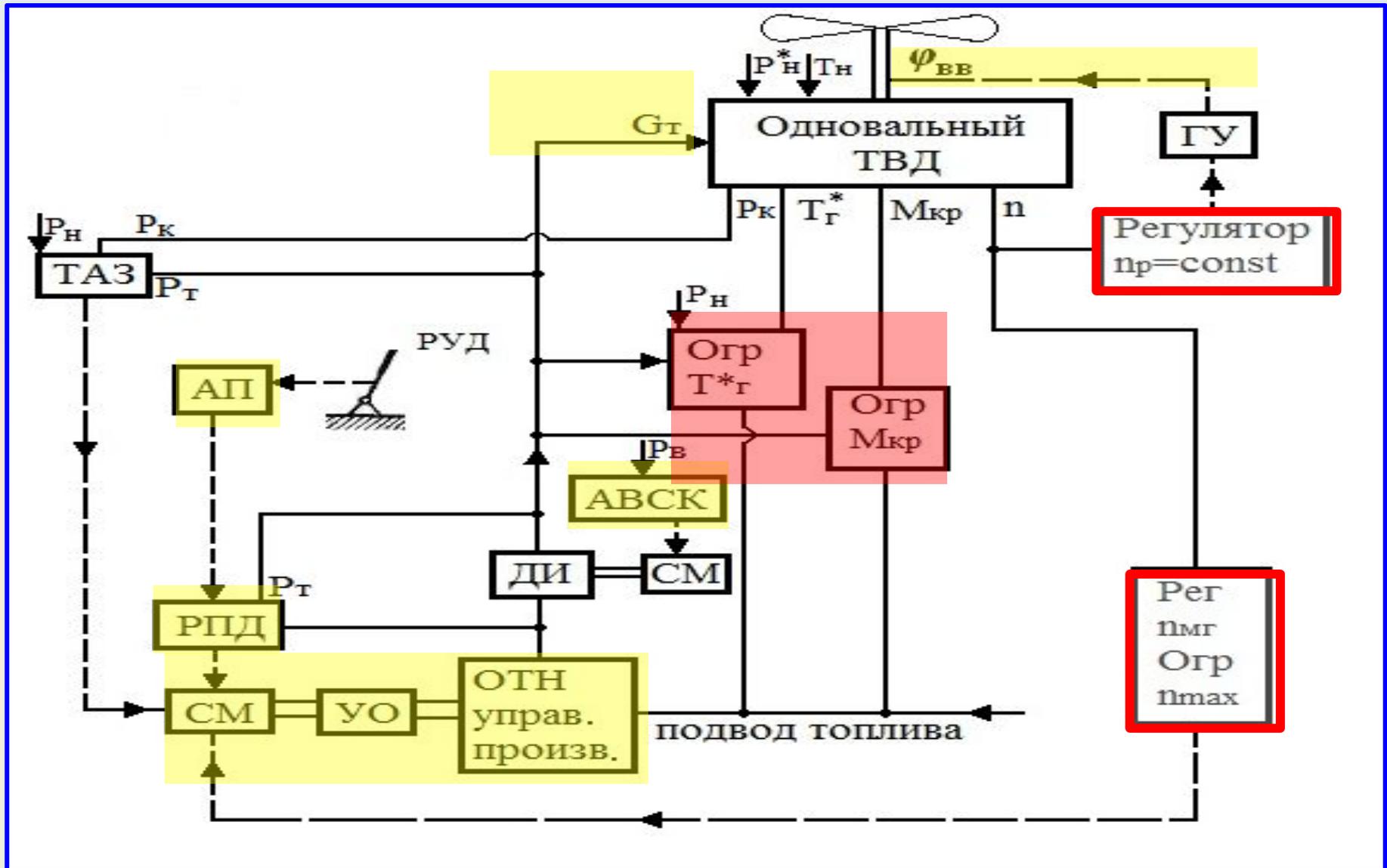


Схема системы управления расходом топлива вертолетного ГТД с ОТН неуправляемой производительности

