

---

**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



СНЯТИЕ  
ВИНТОВ  
С  
УПОРОВ



МИН.  
СК.  
ВЛКОВ

-60°  
-57°  
-50°  
-41°  
-40°  
-37°  
-30°  
-21°  
-20°  
-11°  
-10°  
+60°

ПОСЛЕД.  
3  
МАЛЫЙ

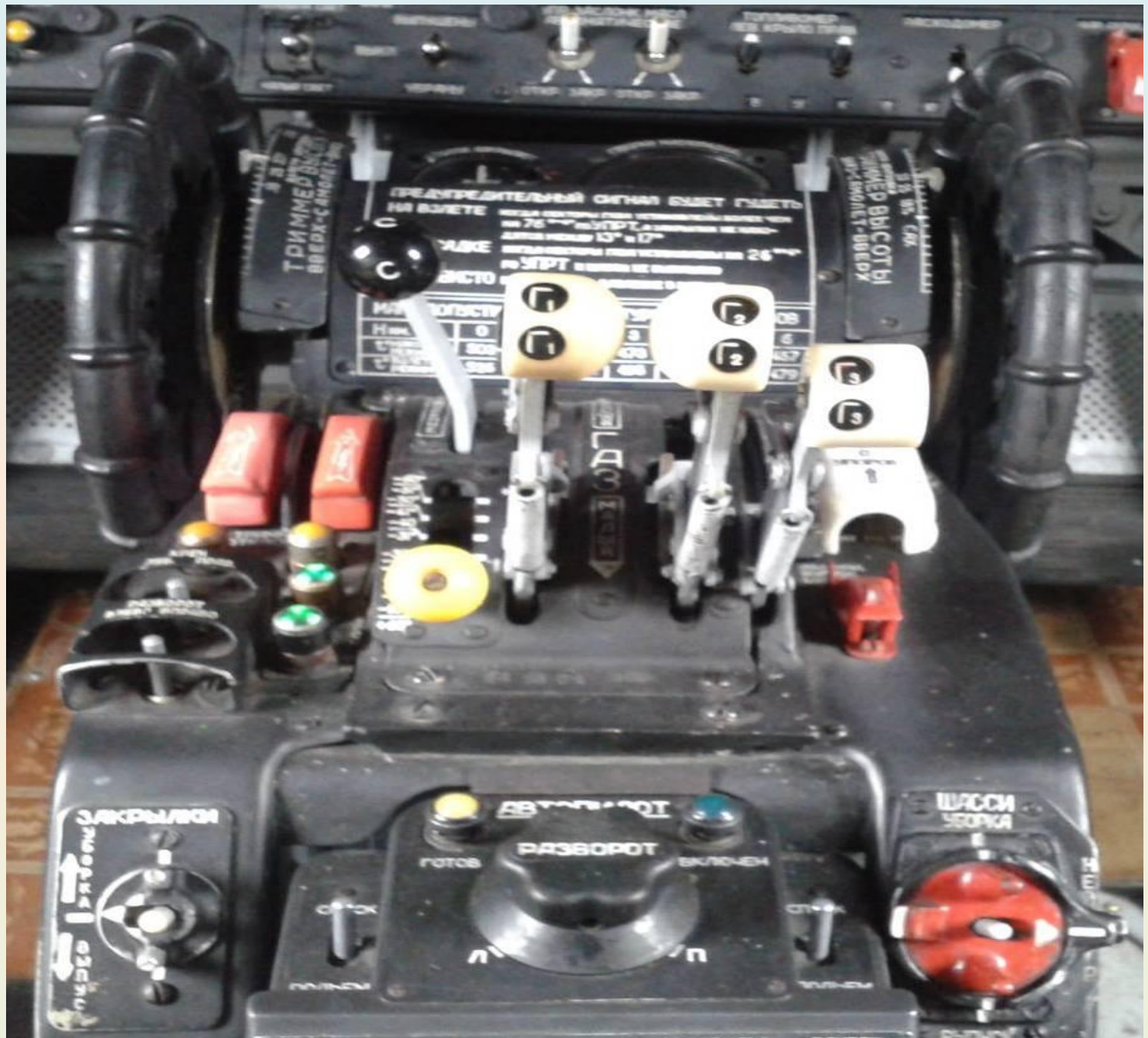
ТРИММЕР  
ОТКЛЮЧЕН

ЭЛЕРОН

НЕЙТР.

## **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.**



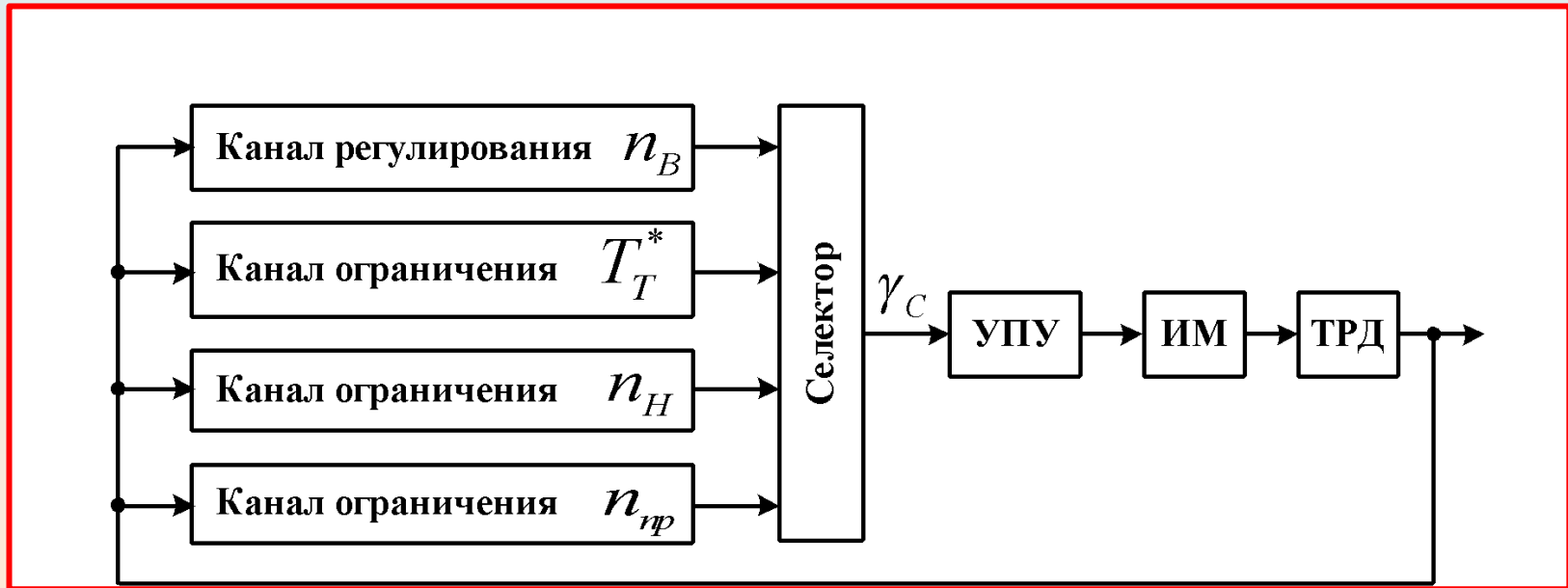
**В электрических системах управления используются следующие элементы:**

- ✓ **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,  $\gamma_c$  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  $\gamma_u$

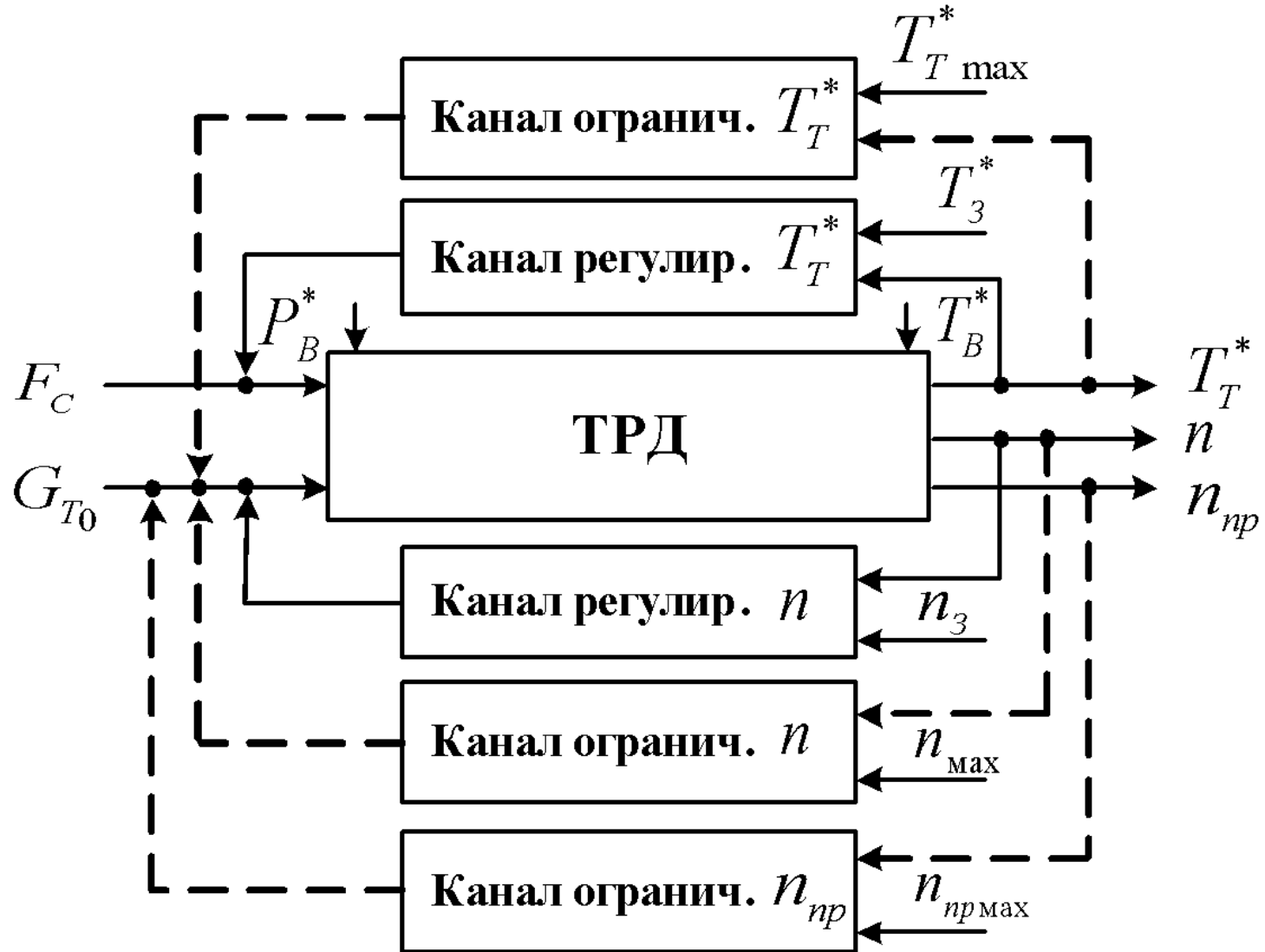
$$\gamma_u = \frac{t_{И}}{T_{П}}$$

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.**

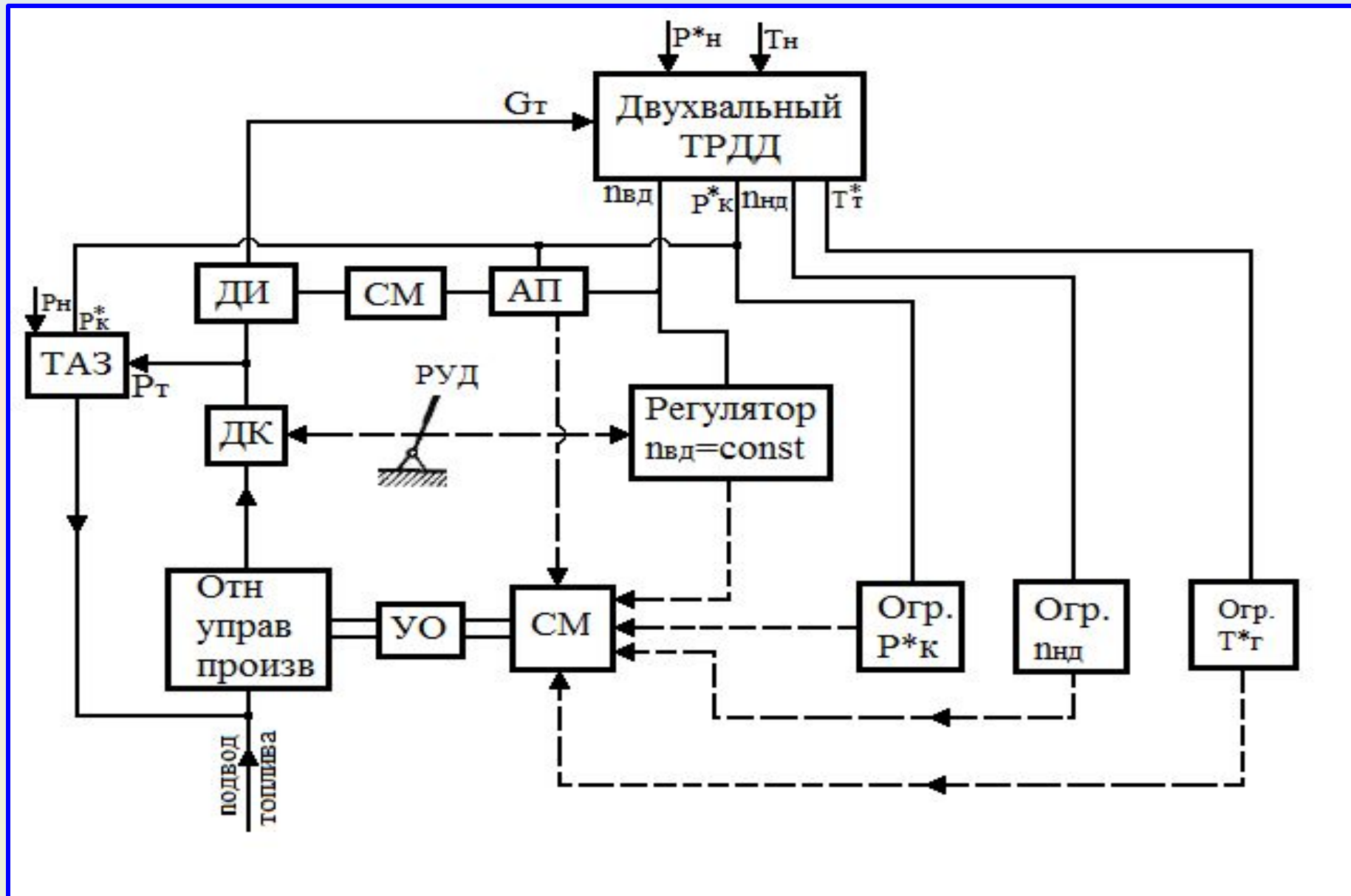
**Для *неуправляемых параметров* предусматривают ограничения их максимальных значений по условиям прочности и устойчивой работы узлов ГТД.**

## **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;

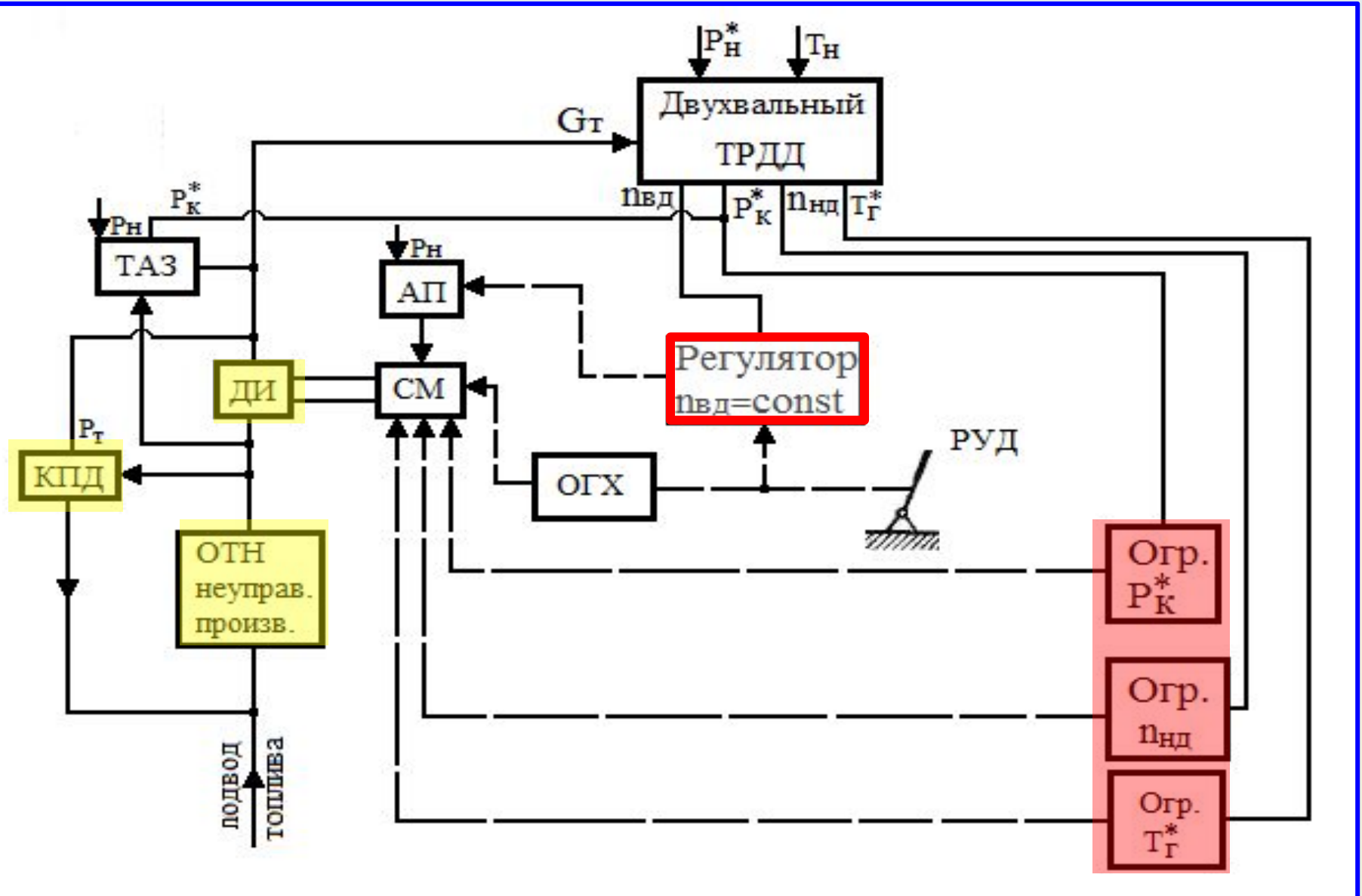
**МОУ** - механизм объединённого управления.

## 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;
- $T_\Gamma$  – 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.

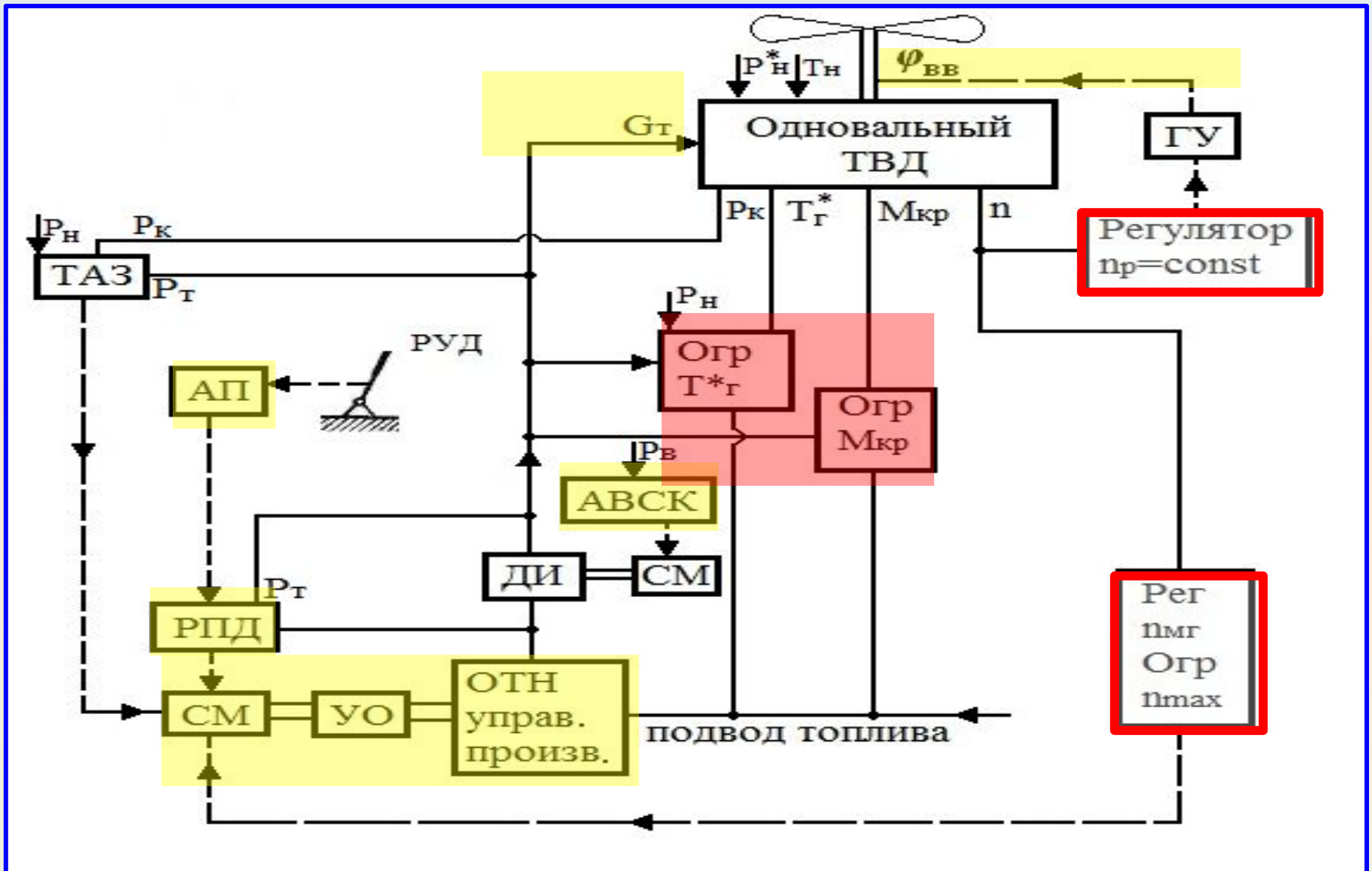


# Схема системы управления расходом топлива двухвального ТРДД с ОТН неуправляемой производительности





# Схема системы управления расходом топлива одновального ТВД с ОТН управляемой производительности



# Схема системы управления расходом топлива вертолетного ГТД с ОТН неуправляемой производительности

