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

Тема № 12. Электрические устройства систем управления режимами работы авиадвигателя

Гр. занятие № 23. «Типовые системы управления режимами работы и регулирования авиационных ГТД»

Учебные цели занятия

ЗНАТЬ:

принципы построения и работу электрических систем регулирования частоты вращения роторов ГТД и ограничения частоты вращения роторов ГТД, электрические регуляторы предельных температур газов за турбиной.

Отводимое время на занятие 180 минут

Учебные вопросы занятия

- 1. Электрические системы регулирования частоты вращения роторов ГТД.**
- 2. Электрические системы ограничения частоты вращения роторов ГТД.**
- 3. Электрические регуляторы предельных температур газов за турбиной.**
- 4. Электрические устройства противоположных систем.**
- 5. Принципы построения систем регулирования и ограничения температуры газов за турбиной двигателя.**

Литература на самоподготовку

- 1. Б.А. Бабин, В.П. Птухин, А.П. Фефелов, Ю.Б. Новиков, В.И. Дубровин
Конструкция реактивных двигателей, учебного пособия издательство
АВВАУЛ, Армавир, 1973г.стр.3-18.**
- 2. В.Ф. Павленко, А.А. Дьяченко, В.И. Жулев. Б.К. Колпаков, А.П.
Назаров, В.А. Тихонравов, Боевая авиационная техника, М., Воениздат,
1984г., стр. 144-150.**
- 3. Под редакцией д.т.н., профессора Ю.П. Доброленского, Авиационное
оборудование, М. Воениздат, 1989г., стр. 71-72.**
- 4. Под редакцией Е.А. Румянцева, Авиационное оборудование, ВВИА
им. Н.Е. Жуковского, 1980г., стр. 44-54.**

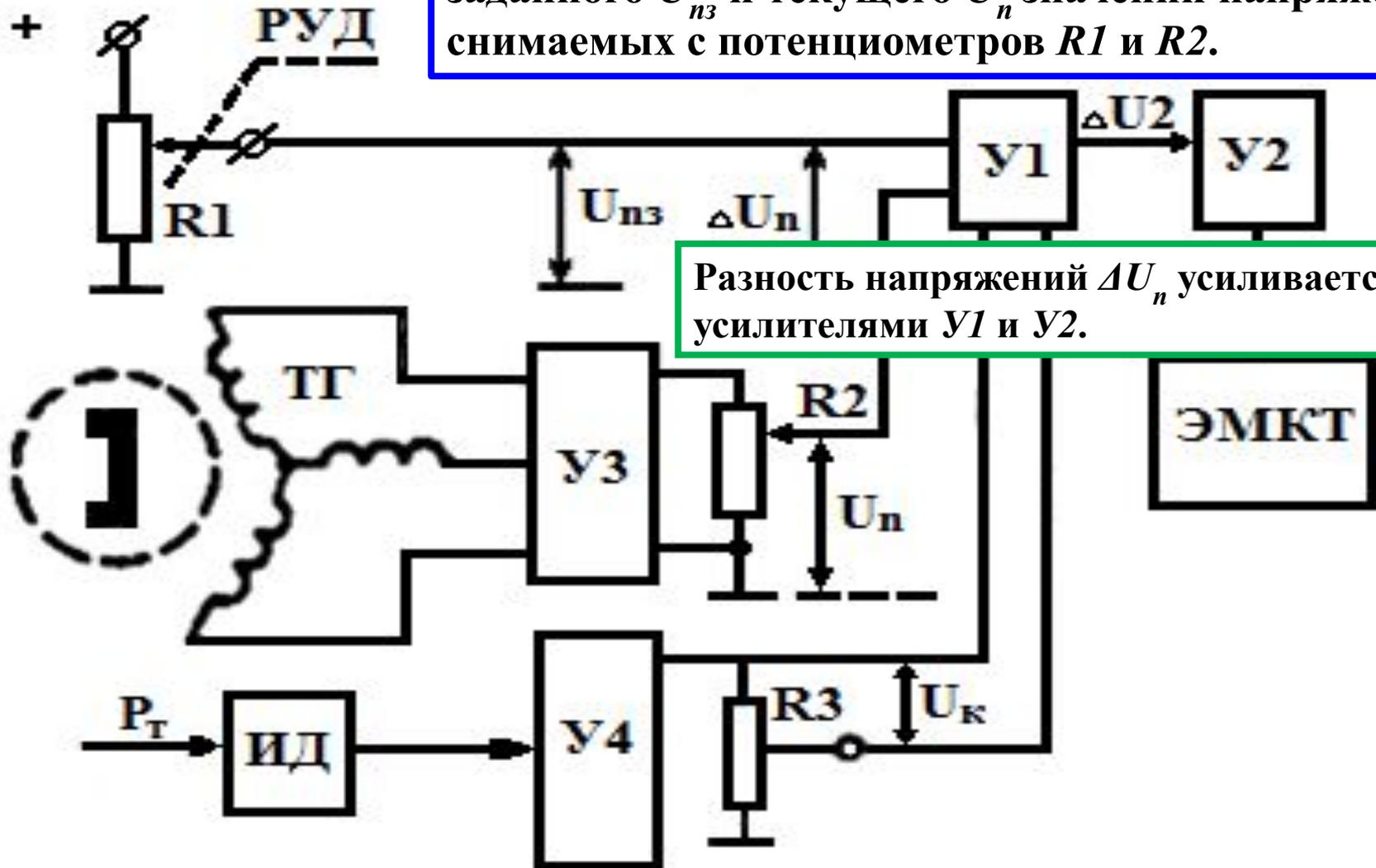
ВОПРОС 1

Электрические системы регулирования частоты вращения роторов ГТД.

Схема работы электрического регулятора типа РРД при стабилизации заданной частоты вращения ротора ГТД

На входе усилителя $Y1$ осуществляется сравнение заданного $U_{нз}$ и текущего U_n значений напряжений, снимаемых с потенциометров $R1$ и $R2$.

Разность напряжений ΔU_n усиливается усилителями $Y1$ и $Y2$.



Усилитель U_2 является генератором прямоугольных импульсов напряжения, длительность которых зависит от величины входного напряжения.

Отношение длительности импульса τ_n к периоду их повторения T называется скважностью импульсов:

$$Q_u = \tau_n / T$$

где, $T = \tau_n + \tau_{\text{паузы}}$, и для рассматриваемой схемы линейно зависит от величины входного сигнала усилителя U_2 :

$$Q_u = 0,5 + K_2 \Delta U_2$$

где, K_2 - коэффициент усиления усилителя U_2 .

Изменение величины скважности пропорционально приращению напряжения ΔU_2

$$\Delta Q_u = K_2 \Delta U_2 = K_1 K_2 \Delta U_n$$

где K_1 - коэффициент усиления усилителя U_1 .

изменение скважности импульсов ΔQ_u определяется суммой:

$$\Delta Q_u = K_2(K_1 \Delta U_n + K_{loc} K_4 K_T n),$$

где, K_1 и K_{loc} - коэффициенты усиления усилителя У1 для напряжений соответственно ΔU_n и $U_n = K_4 \cdot P_T = K_4 K_T n$

K_4 - общий коэффициент усиления элементов ИД, У4, РЗ;

K_T - коэффициент пропорциональности между частотой вращения n двигателя и давлением P_T топлива.

Поскольку

$$\Delta U_n = U_{nz} - U_n = K_3 (n_3 - n) ,$$

то

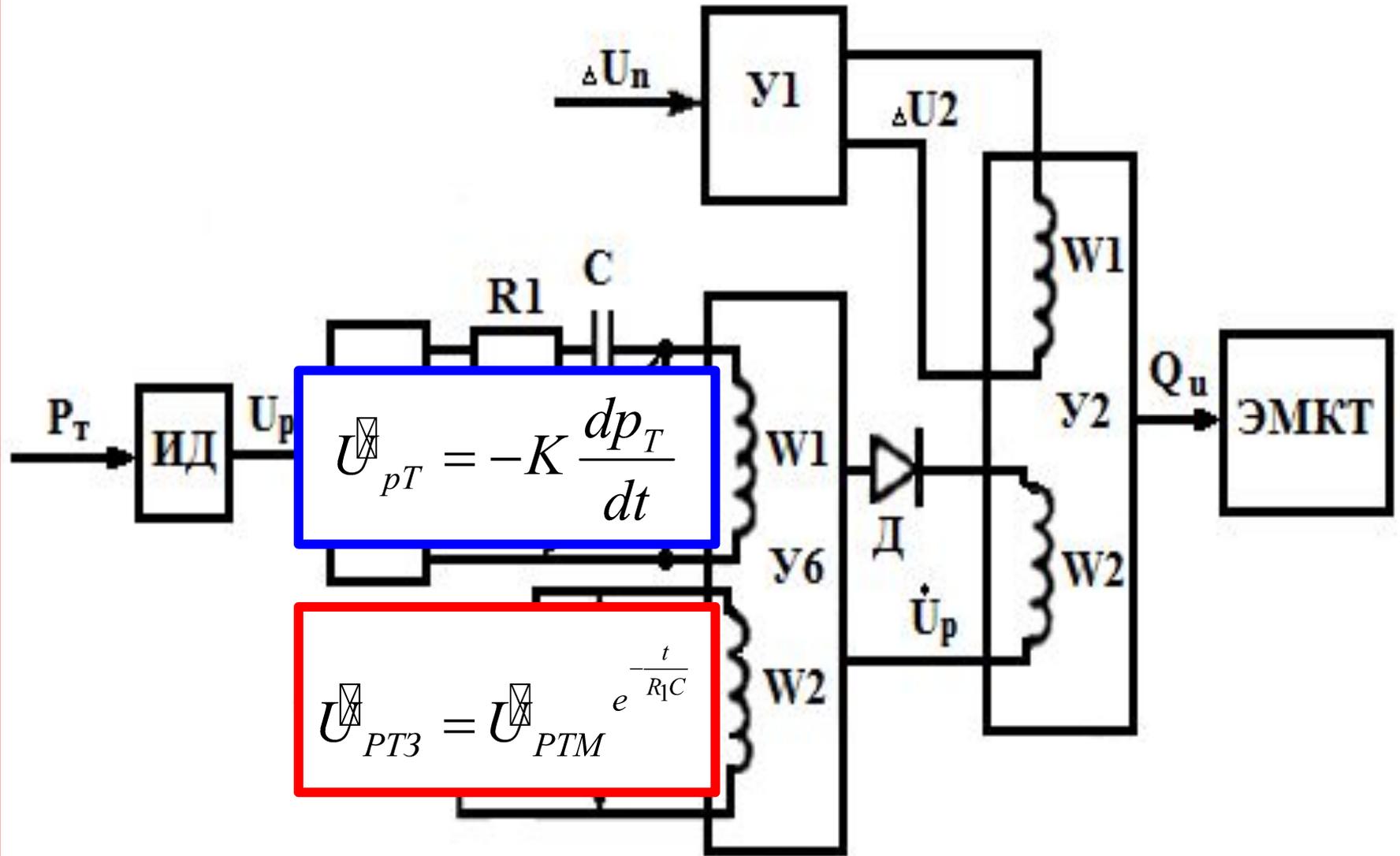
$$\Delta Q_u = K_2 [K_1 K_2 K_3 - (K_1 K_3 - K_{loc} K_4 K_T) n]$$

Выбирая величины коэффициентов из условия $K_1 K_3 = K_{loc} K_4 K_T$, получим:

$$\Delta Q_u = K_1 K_2 K_3 n_3$$

т.е. статическая погрешность регулятора будет отсутствовать.

Схема электрического регулятора режимов



$$U_{PT} = -K \frac{dp_T}{dt}$$

$$U_{PT3} = U_{PTM} e^{-\frac{t}{R_1 C}}$$

Максимальное в начальный момент после перемещения РУД значение напряжения U_{pT} затем уменьшается по экспоненциальному закону:

$$U_{PT3} = U_{PTM} e^{-\frac{t}{R_1 C}}$$

В соответствии с этим законом возрастает величина скважности импульсов напряжения на обмотке ЭМКТ.

При этом устанавливается скорость нарастания количества подаваемого в двигатель топлива, определяемая выражением:

$$\frac{d\Delta q}{dt} = \Delta q_3 \frac{d}{dt} (1 - e^{-\frac{t}{R_1 C}}) = \frac{\Delta q_3}{R_1 C} (1 - e^{-\frac{t}{R_1 C}}) = q_M e^{-\frac{t}{R_1 C}},$$

q_M - максимально допустимая скорость изменения подачи топлива, определяемая из условий приемистости двигателя.

(q_M , устанавливается путем подбора определенных величин сопротивления резистора R_1 и емкости конденсатора C);

q_3 - заданное значение приращения величина подачи топлива.

ВОПРОС 2

**Электрические системы ограничения
частоты вращения роторов ГТД.**

Схема электрической системы ограничения частоты вращения роторов ГТД

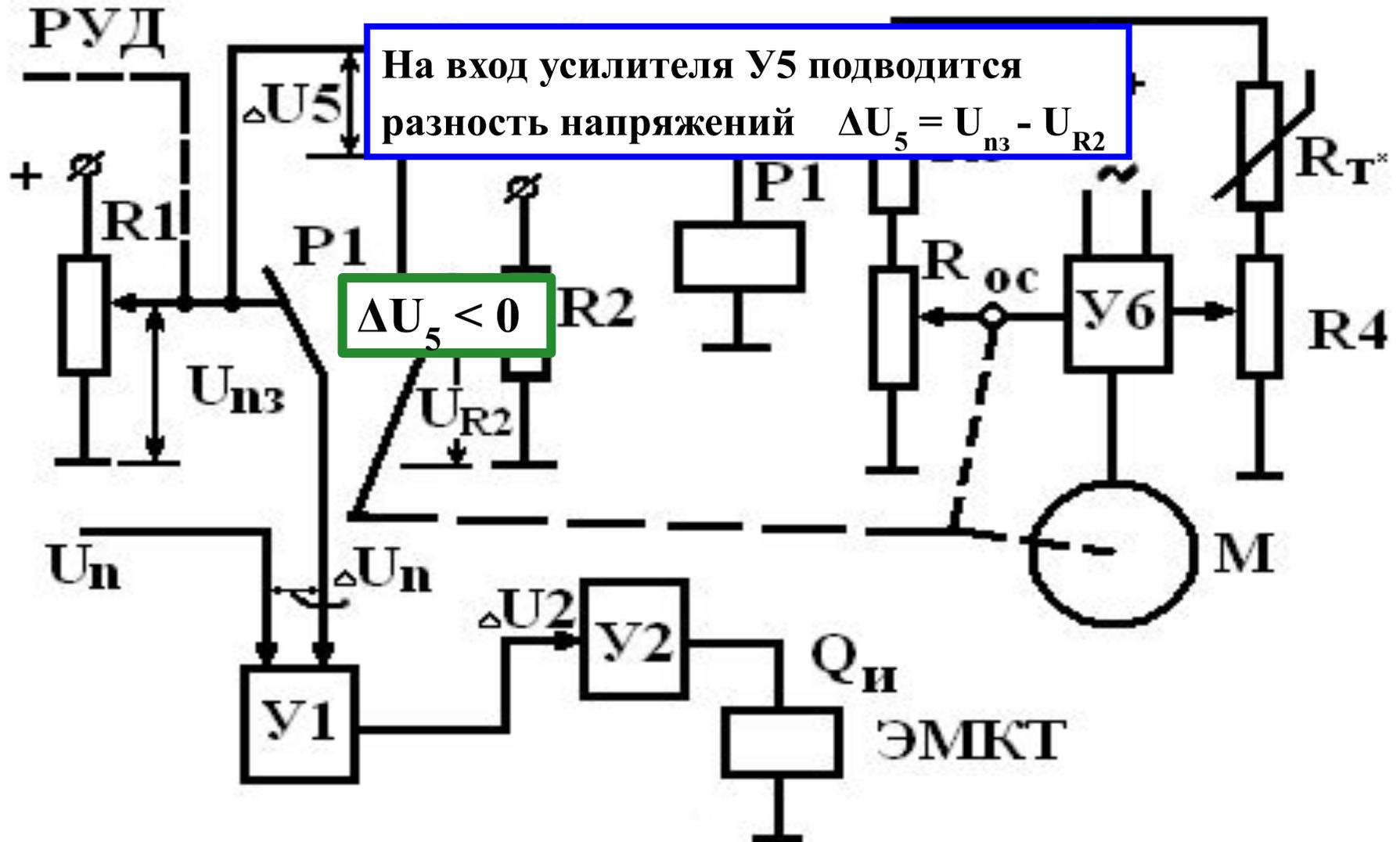
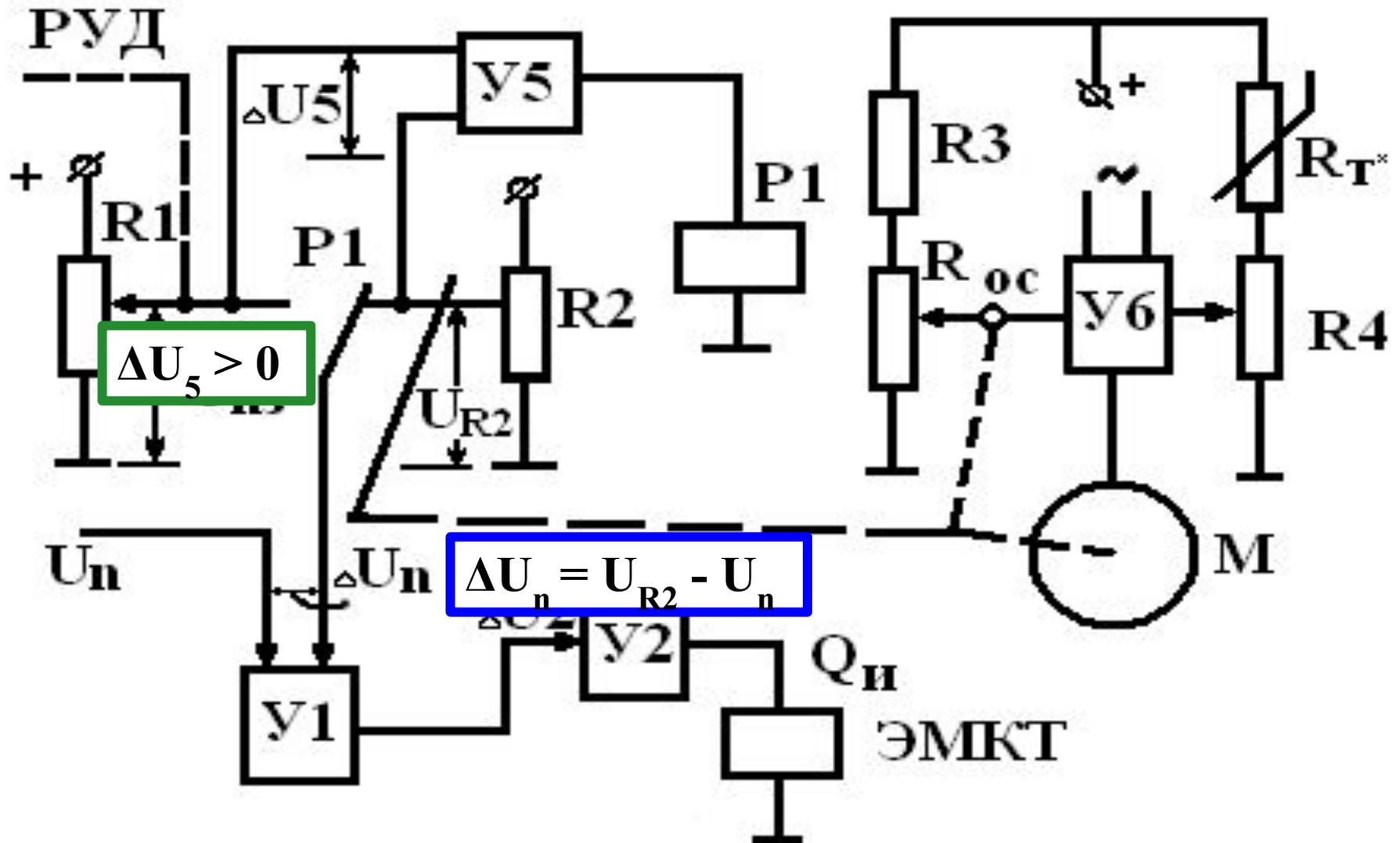


Схема электрической системы ограничения частоты вращения роторов ГТД



На вход усилителя У5 подводится разность напряжений

$$\Delta U_5 = U_{n3} - U_{R2}$$

Пока $\Delta U_5 < 0$ напряжение с потенциометра R1 РУД через нормально замкнутые контакты реле Р1 подводится к усилителю У1, где сравнивается с напряжением U_n , определяемым частотой вращения n . В этом случае скважность импульсов Q_n напряжения на клапане ЭМКТ определяется положением щетки потенциометра R1 РУД, т.е. частота вращения ТРД равна n_3

Если РУД передвинуть в сторону увеличения n_3 так, что становится $\Delta U_5 > 0$ то сработает реле Р1, контакты которого переключают вход усилителя У1 со щетки R1 на щетку R2. Теперь напряжение ΔU_n на входе усилителя У1 уже определяется разностью

$$\Delta U_n = U_{R2} - U_n$$

т.е. происходит стабилизация максимально допустимой приведенной частоты вращения ТРД. дальнейшее перемещение РУД вперед уже не оказывает влияния на работу ТРД.

ВОПРОС 3

Электрические регуляторы предельных температур газов за турбиной.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

МУ	МАГНИТНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ
ФЧУ	ФАЗОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ
Т	Полупроводниковый симметричный ТРИГГЕР
УПТ	УСИЛИТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА
ИООС	ИНЕРЦИОННАЯ ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ
ПК	ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ КЛЮЧ
ИМ	ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЗМ
ЗТ	ЗАДАТЧИК
БТ	БЛОК ТЕРМОПАР

а) – функциональная схема системы типа РТ

б) – скважность импульсов на ИМ

Схема электрического регулятора предельных температур газов за турбиной

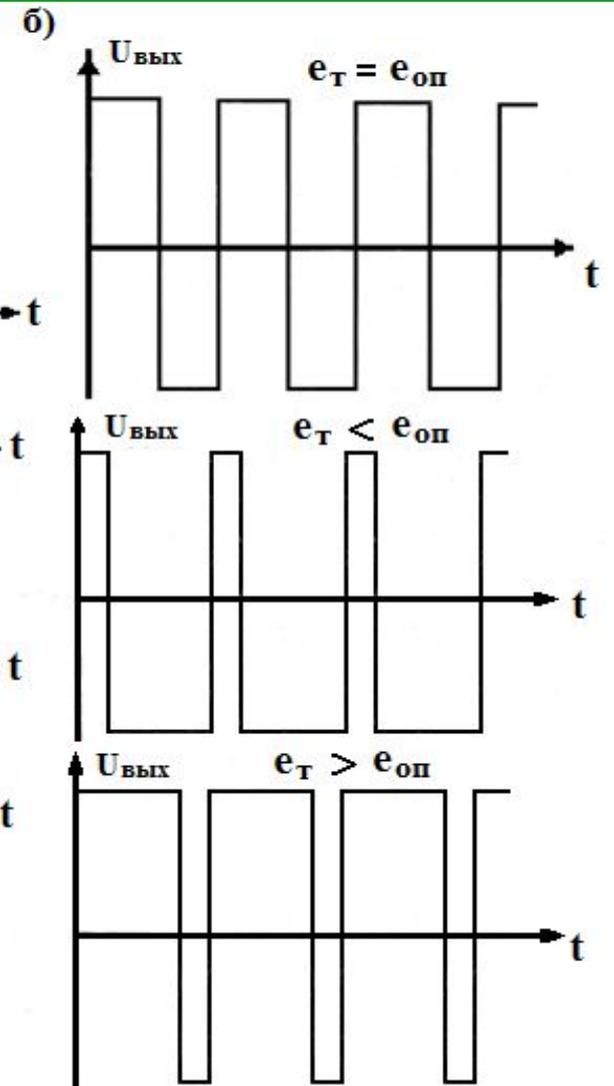
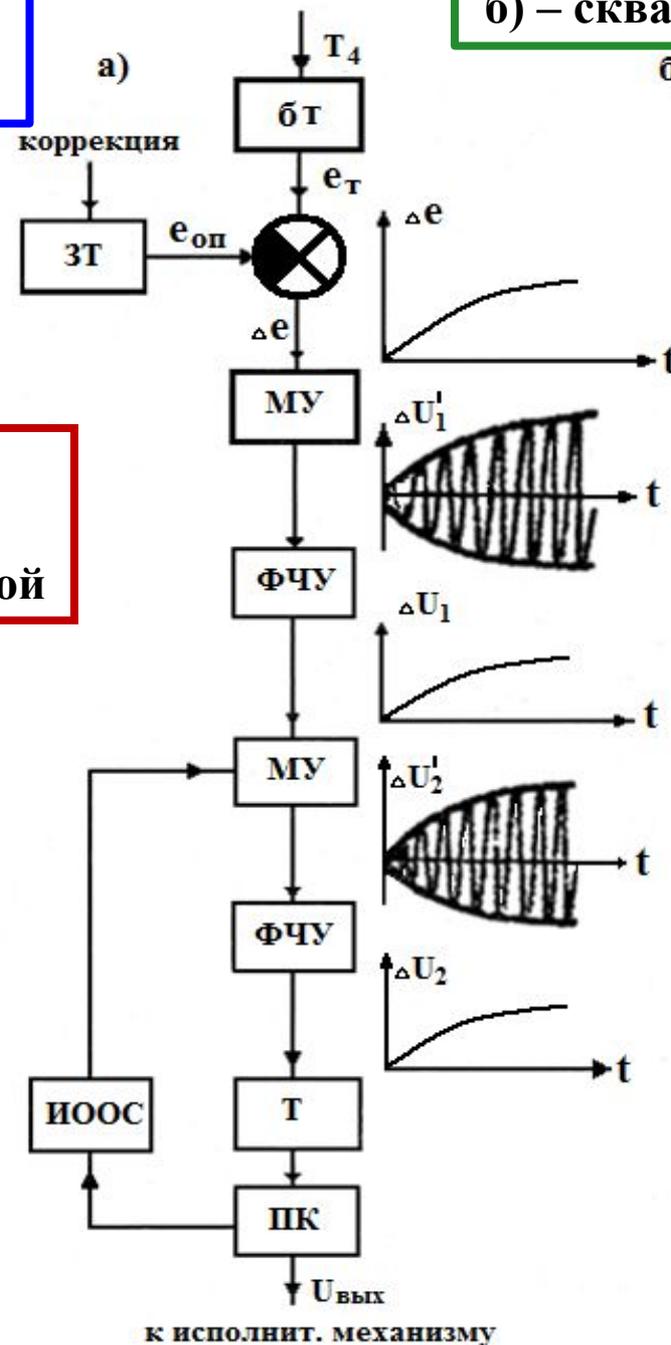
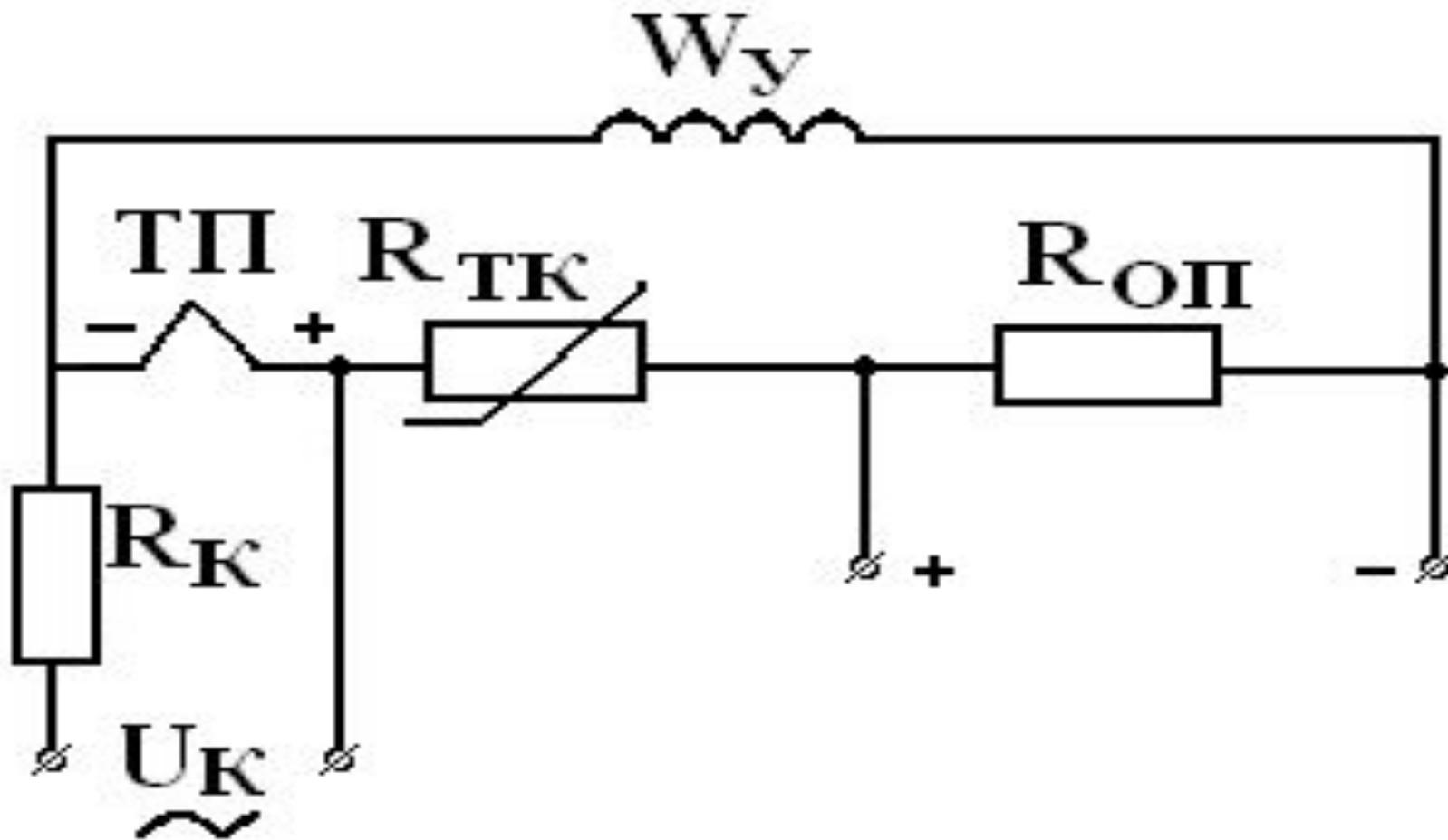


Схема контроля исправности цепи батареи термопар



ВОПРОС 4

**Электрические устройства
противопомпажных систем.**





[Увеличить](#)

ПО БЛИЗОСТИ К РАСЧЁТНОМУ РЕЖИМУ
РАБОТЫ РАЗЛИЧАЮТ:

РАСЧЁТНЫЙ РЕЖИМ

НЕРАСЧЁТНЫЙ РЕЖИМ

ГЛУБОКО НЕРАСЧЁТНЫЙ РЕЖИМ

Под **расчётным режимом** работы двигателя понимается режим его работы, задаваемый при проектировочном расчёте.

Под **нерасчётным режимом** работы понимается такой режим, при котором один или несколько параметров силовой установки (температура газа на входе, частота вращения ротора двигателя и др.), превышают предельно допустимые (расчётные) значения.

Одним из примеров нерасчётных режимов работы силовой установки является **ПОМПАЖ** двигателя.

ПОМПАЖ это неустойчивая работа двигателя, которая проявляется в нарушении газодинамической устойчивости его работы.

Внешнее проявление помпажа:

- хлопки в воздухозаборнике;
- дымление выхлопа двигателя;
- резкое падение тяги;
- мощная вибрация.

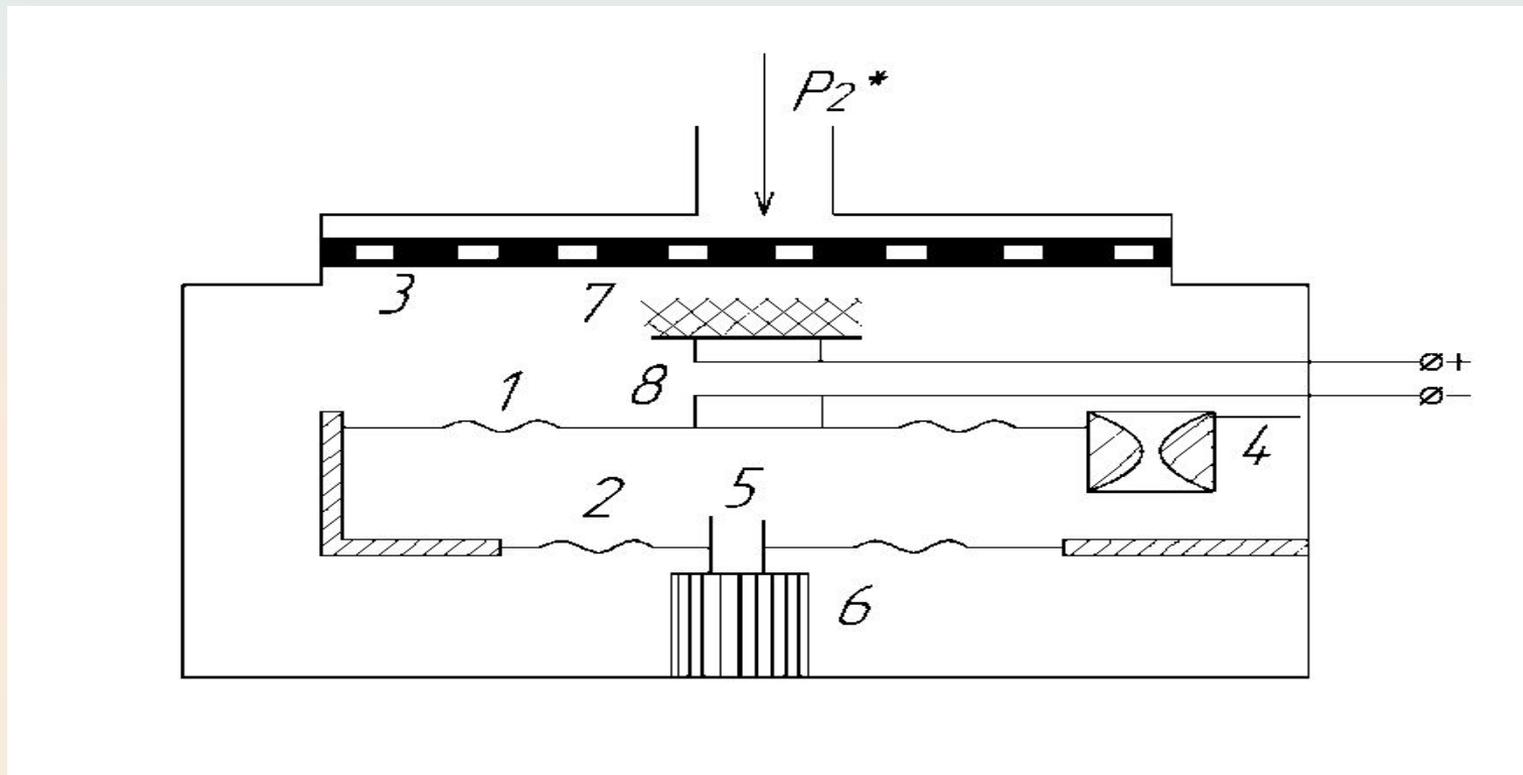
Помпаж входных устройств возможен:

- при сверхзвуковых скоростях полета;
- при малой пропускной способности двигателя;
- при чрезмерно большой пропускной способности воздухозаборника.

Помпаж может привести к разрушению двигателя.



Схема действия сигнализатора появления помпажа (СПШ)

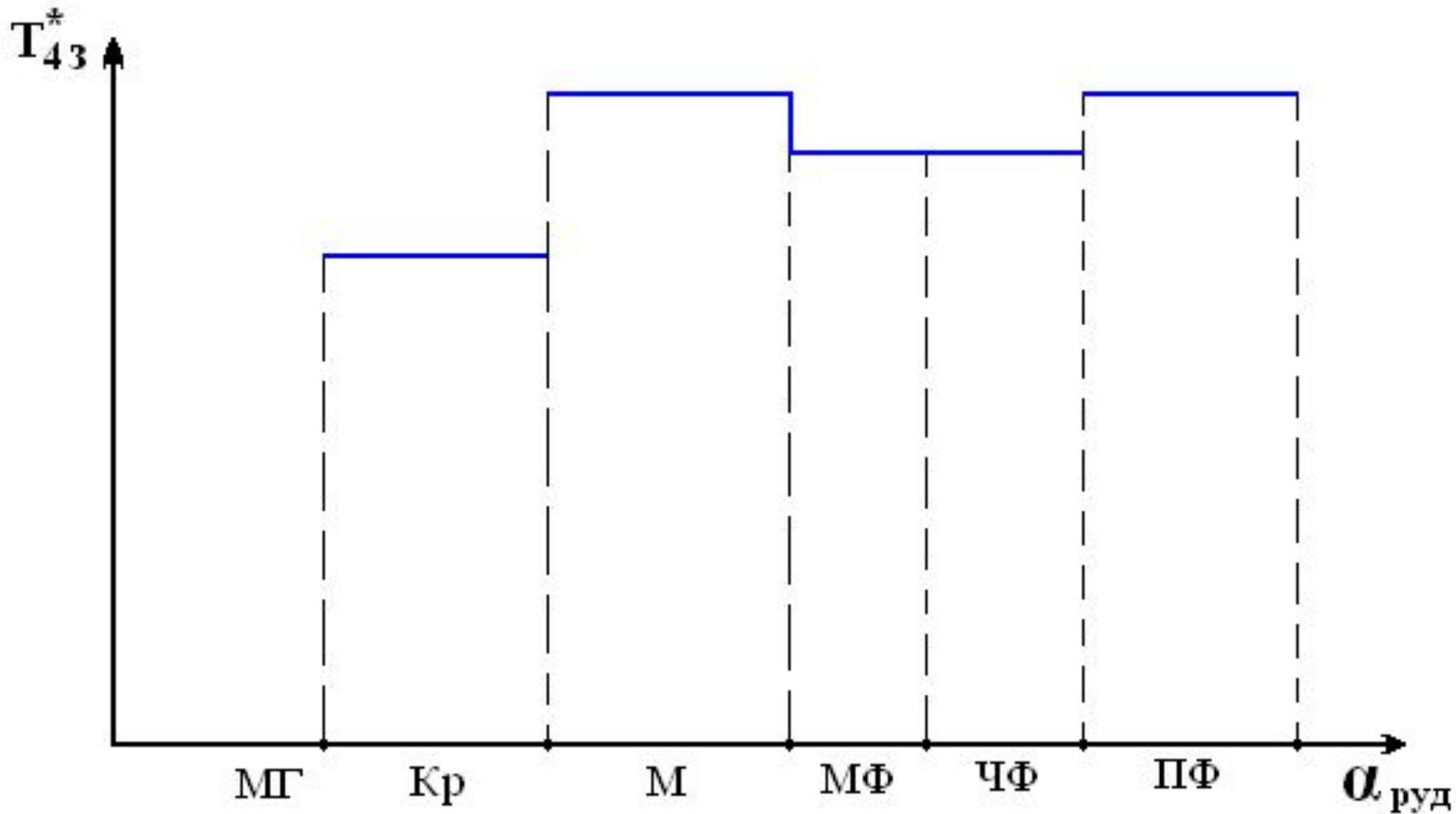


1,2 - мембрана; 3 - фильтр; 4 - жиклёр; 5 - пропускной канал клапана; 6 - клапан; 7,8 - контакты

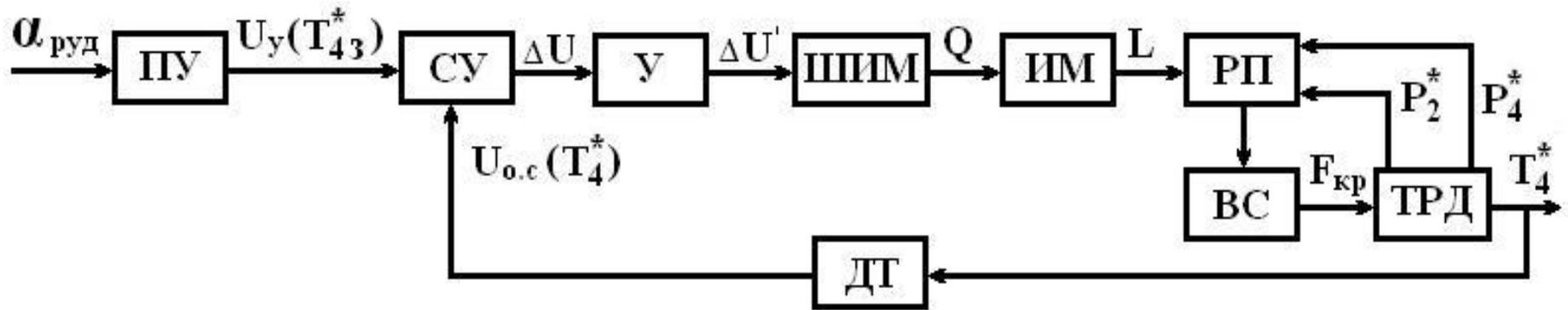
ВОПРОС 5

**Принципы построения систем
регулирования и ограничения температуры
газов за турбиной двигателя.**

Программа регулирования $T_{43}^* = f(\alpha_{руд})$



Функциональная схема системы регулирования температуры газов ТРДФ



сигнал рассогласования ΔU :

$$\Delta U = U_y(T_{43}^*) - U_{o.c.}(T_4^*)$$