

## Консультация №5 по курсовой работе

**Дисциплина «Энергетические установки высокой эффективности»**

# РАСЧЕТ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ В СОСТАВЕ ПГУ-ТЭС

**Макаревич Елена Владимировна,**

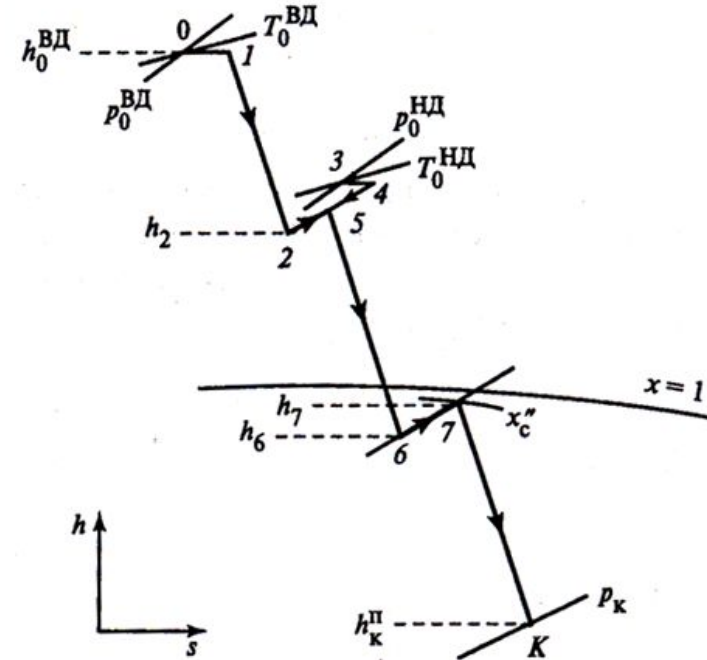
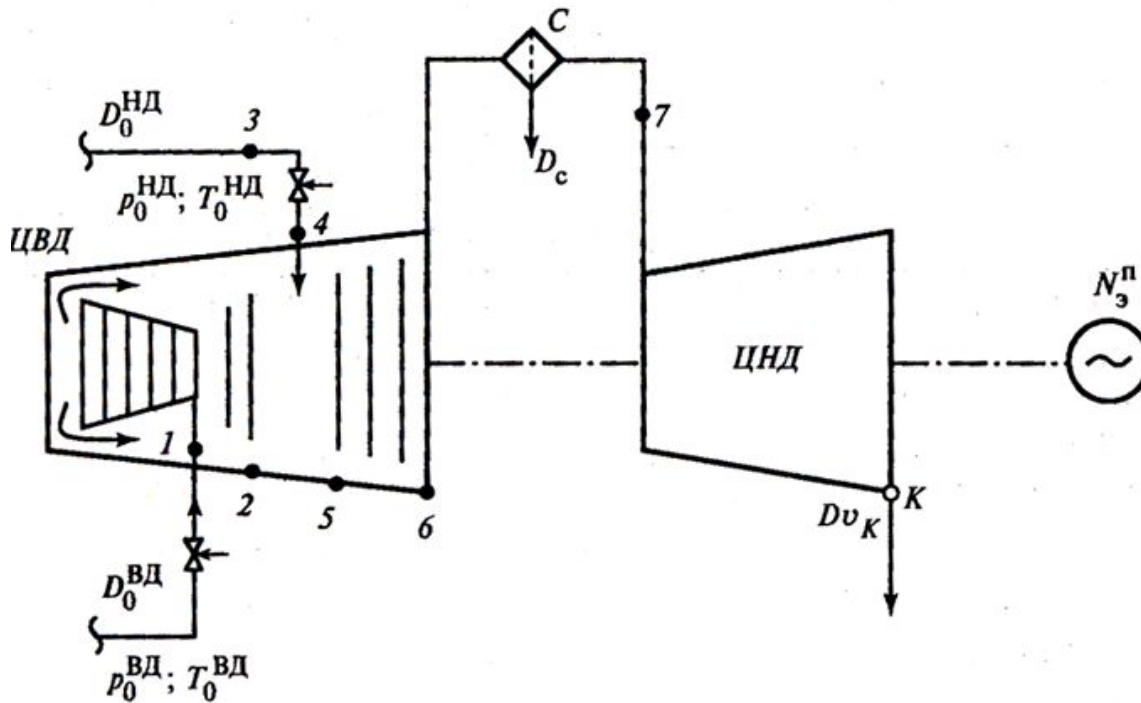
к.т.н., доцент каф. «Тепловые электрические станции». Тел.: (495) 362-71-50,

[E-mail: iufemia@mail.ru](mailto:iufemia@mail.ru) , [МакаревичYV@mpei.ru](mailto:МакаревичYV@mpei.ru)



1. тепловая схема ПТУ в составе ПГУ;
2. особенности ПТУ для схем ПГУ;
3. порядок расчета ПТУ в составе ПГУ;
4. построение уравнения мощности ПТУ;
5. задание к следующему занятию





## Вариант тепловой схемы ПТУ в схеме ПГУ с КУ

С – сепаратор; ЦВД, ЦНД – соответственно цилиндр высокого и низкого давления; 1-7 точки расчетов параметров пара в проточной части паровой турбины

Представление процесса расширения пара в проточной части паровой турбины, сходящей в состав ПГУ с КУ



Параметры пара в точках «1» и «4» при построении процесса его расширения, определены с учетом сопротивления стопорно-регулирующих клапанов.

Параметры пара в точке «5» получены из баланса потоков среды (с учетом ее теплосодержания) со стороны расширяющегося в первой части ЦВД потока пара высокого давления (точка «2») и со стороны подводимого из котла-утилизатора пара низкого давления (точка «4»).

В интервале «5-6» процесс расширения пара определяют с учетом потерь от влажности, линия «6-7» характеризует процесс сепарации в сепараторе влаги.

На интервале «7 - ...к» процесс расширения пара в ЦНД построен также с учетом потерь от влажности пара и потери с выходной скоростью.



Конструкции паровых турбин для парогазовых установок аналогичны паровым турбинам ТЭС. Они при меньшем располагаемом теплоперепаде за счет более низких значений давления и температуры водяного пара на входе обычно выполняются двухцилиндровыми.

При этом для турбин двух давлений в цилиндре высокого давления выделяется проточная часть высокого (ЧВД) и среднего (ЧСД) давлений, разделение между которыми осуществляется камерой смешения. Поскольку к данным турбинам предъявляются высокие требования по экономичности, то они выполняются с дроссельным парораспределением, исключая наличие регулирующей ступени. Большинство режимов эксплуатации осуществляются на основе скользящих параметров свежего пара.

Главной особенностью тепловой схемы паротурбинной установки ПГУ является отсутствие системы регенеративного подогрева конденсата и питательной воды. В этой связи в конструкциях паровых турбинах ПГУ не предусмотрена организация нерегулируемых отборов пара.

В тепловой схеме обычно присутствуют охладители пара из концевых уплотнений (ОУ) турбины.



1. Внутренний относительный КПД проточной части ЦВД до смешения пара определяют по приближенной эмпирической формуле:

$$\eta_{0i}^{\text{ВД}} = \left( 0,92 - \frac{0,2}{D_{\text{П}}^{\text{ВД}} \cdot v_{\text{СР}}} \right) \left[ 1 + \frac{H_0^{\text{ВД}} - 7 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^4} \right]$$

$H_0^{\text{ВД}}$ , кДж/кг – располагаемое (изоэнтропийное) теплопадение группы ступеней  $Z$  ЦВД до смешения.

$v_{\text{СР}} = 0,5(v_0 + v_Z)$ , м<sup>3</sup>/кг – средний удельный объем пара группы средней ступени  $Z$  в ЦВД до смешения, определяемый с использованием  $h,S$  – диаграммы;

Теплопадение пара в ЦВД до смешения, кДж/кг  $H_i^{\text{ВД}} = H_0^{\text{ВД}} \cdot \eta_{0i}^{\text{ВД}}$

2. Внутренний относительный КПД проточной части ЦНД определяют по приближенной эмпирической формуле:

$$\eta_{0i}^{\text{НД}} = 0,87 \cdot \left( 1 + \frac{H_0^{\text{ГР.СТ}} - 400}{10^4} \right) \cdot K_{\text{ВЛ}} - \frac{\Delta H_{\text{ВС}}}{H_0^{\text{ГР.СТ}}}$$

Поправочный коэффициент влажности пара  $K_{\text{ВЛ}} = 1 - 0,4 \cdot (1 - \beta_{\text{ВЛ}}) \cdot (y_0 - y_Z) \cdot \frac{H_0^{\text{ВЛ}}}{H_0^{\text{ГР.СТ}}}$

$\beta_{\text{ВЛ}}$  – коэффициент учета влияния средней влажности на величину  $\eta_{0i}$  в зависимости от конструкции проточной части ( $\beta_{\text{ВЛ}} = 0,1 \div 0,2$ );

$y_0, y_Z$  – влажность пара в начале и в конце группы ступеней  $Z$ .



Давление пара на входе в ЦНД (за сепаратором влаги)  $p_{\text{ЦНД}} = 0,25 \div 0,30$  МПа;

Давление в конденсаторе паровой турбины 4 – 5 кПа

Степень сухости пара после сепаратора влаги  $x_c'' \approx 0,99$

Потери давления в стопорно-регулирующих клапанах на потоках пара высокого и низкого давления  $\Delta p \approx 3 \div 4\%$

Потери давления в ресиверах на тракте ЦВД - сепаратор – ЦНД  $\Delta p \approx 2\%$

Целью расчета тепловой схемы паротурбинной установки в составе ПГУ является определение электрической нагрузки турбогенератора в соответствии с поступающим из котла паром

$$N_{\text{Э}}^{\text{П}} = [ D_0^{\text{ВД}} \times (h_0^{\text{ВД}} - h_2) + (D_0^{\text{ВД}} + D_0^{\text{НД}}) \times (h_5 - h_6) + (D_0^{\text{ВД}} + D_0^{\text{НД}} - D_c) \times (h_7 - h_{\text{К}}^{\text{П}}) ] \times \eta_{\text{М}} \times \eta_{\text{Г}}$$





1. Составить принципиальную тепловую схему паротурбинной установки.
2. Рассчитать величины внутреннего относительного КПД  $\eta_{0i}$  ЧВД и ЧНД паровой турбины и построить процесс расширения пара в паровой турбине в  $h,s$ -диаграмме.
3. Составить энергетическое уравнение паротурбинной установки и определить ее электрическую мощность

