

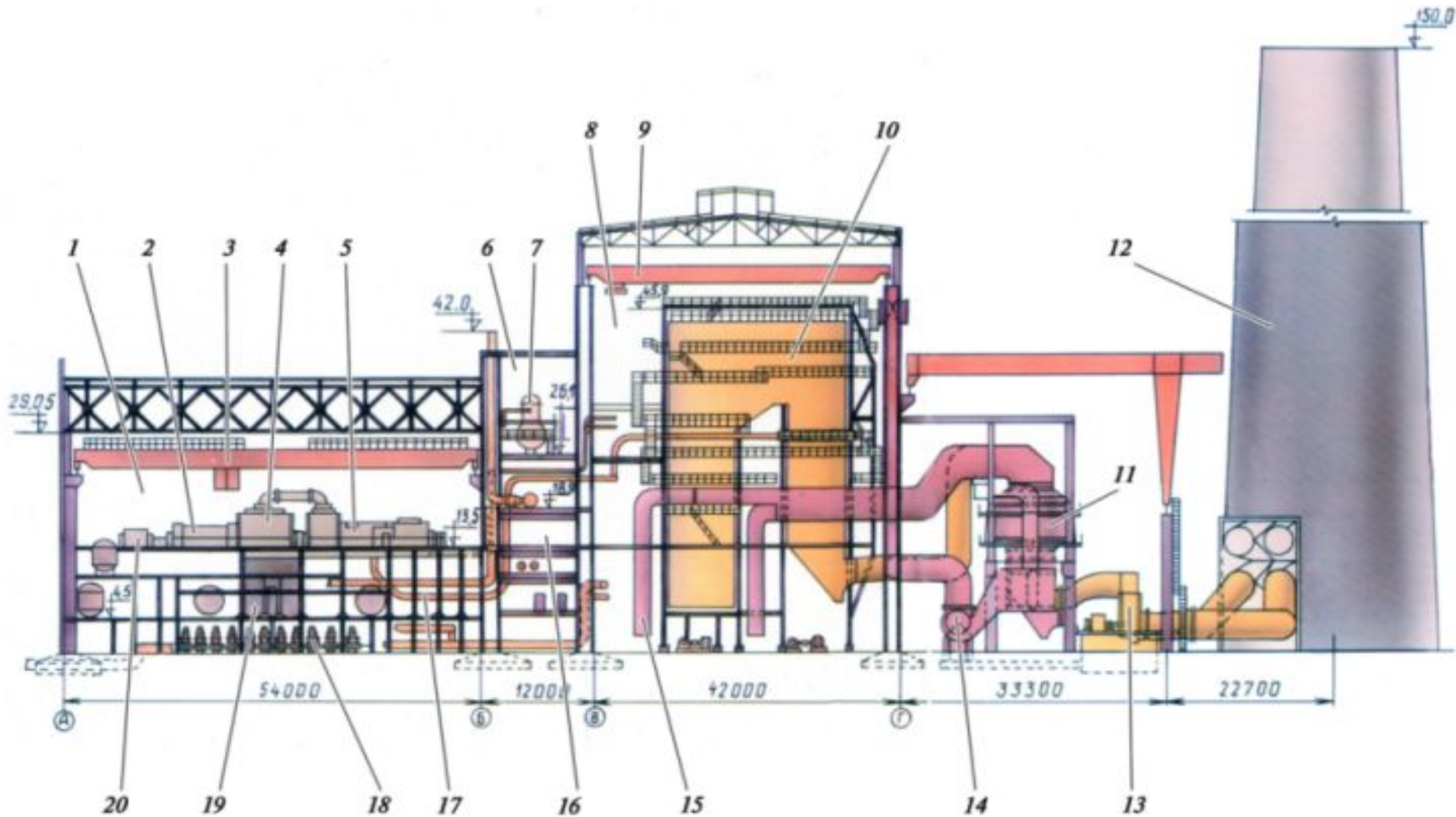
Практическое занятие №1 по дисциплине «ТЭС и АЭС»



**Построение процесса расширения пара в турбине конденсационного типа Типы ТЭС.
Изучение ПТС ТЭС. Определение показателей тепловой экономичности КЭС**

Слайд №1

ГЛАВНЫЙ КОРПУС тепловой электрической станции



Простейшая схема ПТУ

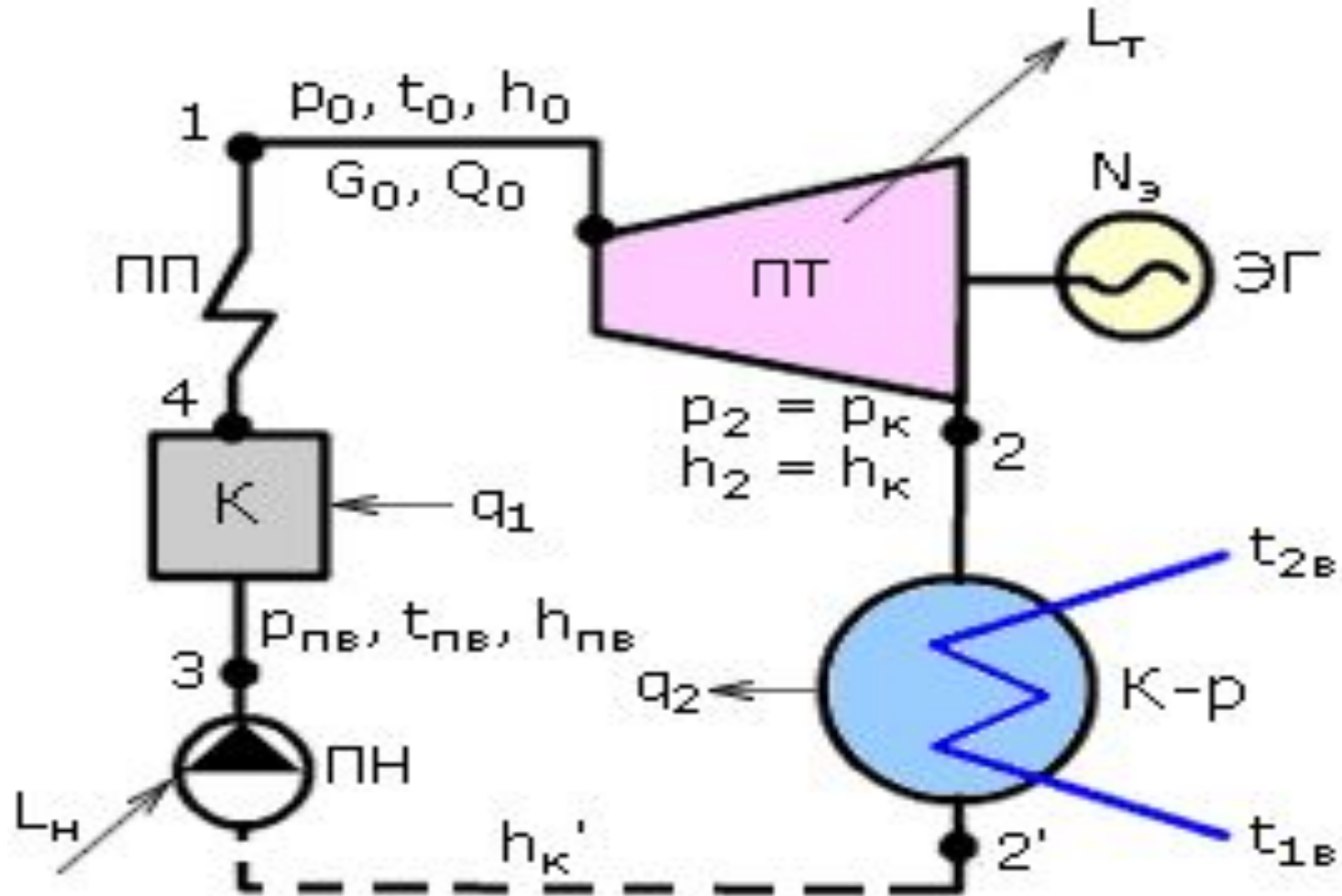


Рис.1

Идеальный цикл ПТУ в T,s -диаграмме

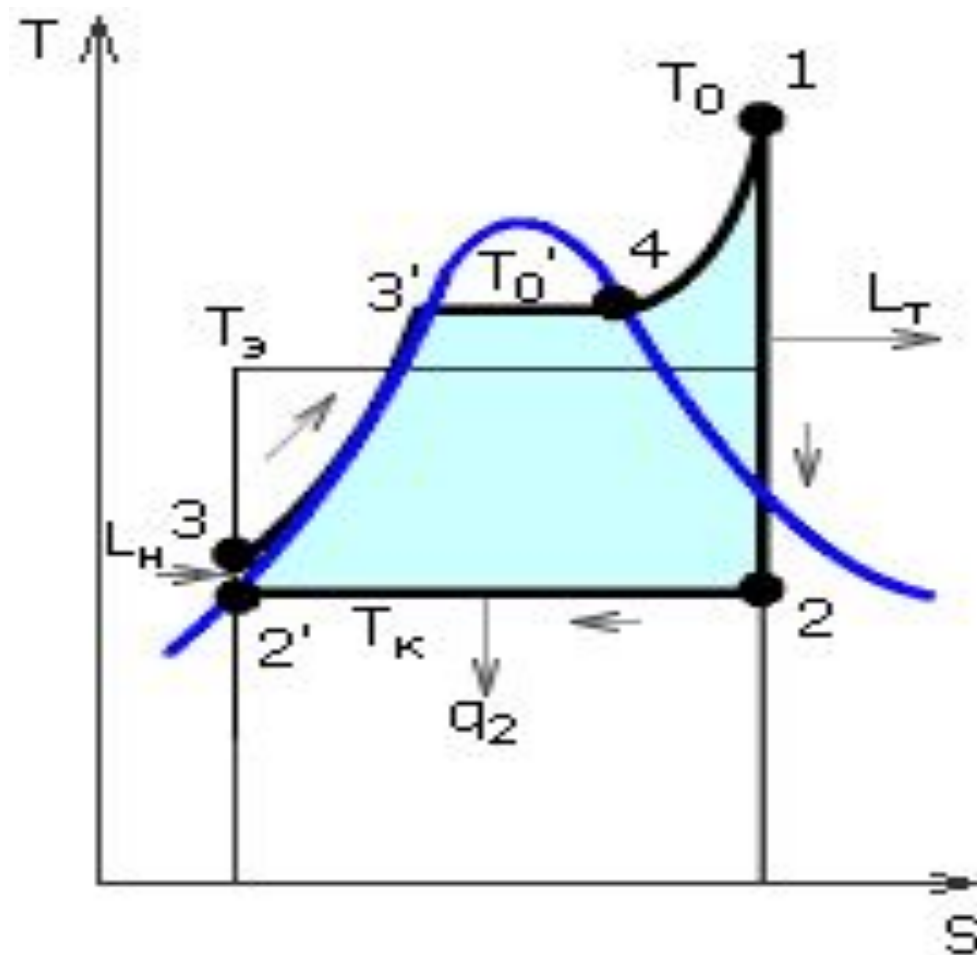
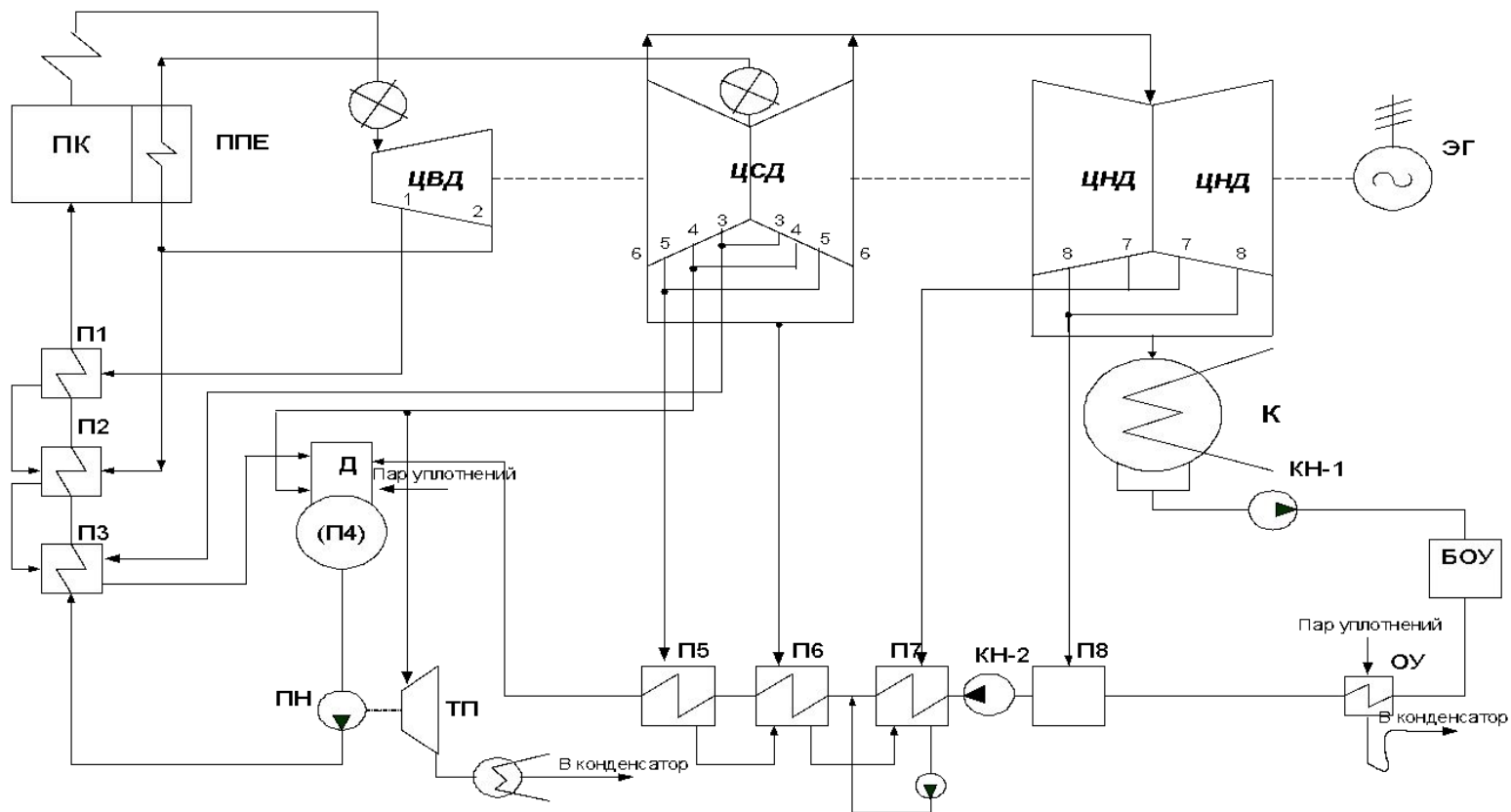


Рис.2

Принципиальная тепловая схема энергоблока



Паровой котёл (ПК); промежуточный пароперегреватель (ППЕ); цилиндр высокого давления (ЦВД); цилиндр среднего давления (ЦСД); цилиндр низкого давления (ЦНД); конденсатор (К); конденсатные насосы первой и второй ступени (КН-1, КН-2); блочная обессоливающая установка (БОУ); охладитель пара уплотнений (ОУ); подогреватели низкого давления поверхностного типа (П5, П6, П7) П8- подогреватель низкого давления смешивающего типа; деаэратор (Д); питательный насос (ПН); турбопривод (ТП); подогреватели высокого давления (П1, П2, П3)

рис. 3

Задача №1.1

Построить процесс расширения пара для турбоустановки КЭС с промежуточным перегревом пара. Задано начальные и конечные параметры пара: P_0 , t_0 , P_k ; значения внутренних относительных КПД по цилиндрам. Значение давления п/п и давление на выхлопе из ЦВД определить по формуле $P_{п/п} = (0,15 \div 0,25)P_0$. Принять: $t_{пп} = t_0$. Давление на выхлопе из ЦСД можно приближенно оценить по формуле $P_{к,ЦСД} = 0,05 P_{п/п}$. Построить процесс расширения пара для случая, если бы при этих параметрах турбоустановка работала без промежуточного перегрева пара. Определить конечную влажность пара на выхлопе из турбины.

№п/п	P_0 , МПа	t_0 , °C	P_k , кПа	Внутренний относительный КПД		
				ЦВД	ЦСД	ЦНД
1	23,5	550	3,5	0,87	0,91	0,83
2	24,2	550	3,6	0,88	0,90	0,82
3	24,5	555	3,7	0,88	0,93	0,80
4	25,0	550	3,8	0,87	0,92	0,80
5	25,5	545	3,9	0,86	0,91	0,82
6	25,0	550	4,0	0,87	0,90	0,81
7	24,5	555	4,1	0,89	0,92	0,81
8	24,0	545	4,2	0,88	0,90	0,81
9	23,5	545	4,1	0,86	0,93	0,83
10	24,0	545	3,9	0,87	0,92	0,82

Пример решения задачи №1.1

Построить процесс расширения пара в h,s -диаграмме для конденсационного энергоблока. Исходные данные : начальные параметры пара: давление $P_0 = 25,0$ МПа; температура $t_0 = 560^\circ\text{C}$. Внутренние относительные КПД турбины по цилиндрам: $\eta_{oi}^{\text{ЦВД}} = 0,87; \eta_{oi}^{\text{ЦСД}} = 0,90; \eta_{oi}^{\text{ЦНД}} = 0,79$. Конечное давление пара $P_K = 4,0$ кПа

Решение. Начинаем строить далее процесс расширения пара в энергетической турбине в h,s -диаграмме (см. рис.2.1).

По h,s -диаграмме для водяного пара находим энтальпию свежего пара при $P_0 = 25$ МПа = 250 бар и $t_0 = 560^\circ\text{C}$: $h_0 = 3380$ кДж/кг. Потери давления в стопорных и регулирующих клапанах составляют $\Delta P = (3 \div 5)\%$. Следовательно, давление пара с учетом этих потерь $P_0' = (1 - \Delta P / 100) P_0 = (1 - 5 / 100) 25 = 23,75$ МПа.

По h,s -диаграмме для водяного пара находим положение $P_0' = 23,75$ МПа = 237,5 бар при $h_0 = h_0' = 3380$ кДж/кг. Определяем значение $t_0' = 556^\circ\text{C}$.

Определяем давление пара на выходе из ЦВД (на входе в промежуточный пароперегреватель): давление $P_{\text{п/п}} = (0,15 \div 0,25) P_0 = 0,185 \times 25,0 \approx 4,6$ МПа.

С помощью h,s -диаграммы для водяного пара определяем энтальпию пара для идеального процесса в ЦВД $(h_T)_{\text{ЦВД}} = 2904$ кДж/кг.

Реальная энтальпия пара на выходе из ЦВД

$$(h_d)_{\text{ЦВД}} = h_2 = h_0 - \eta_{oi}^{\text{ЦВД}} (h_0 - (h_T)_{\text{ЦВД}}) = 3380 - (3380 - 2904) 0,87 = 2966 \text{ кДж/кг.}$$

Энтальпия пара на выходе из промежуточного перегревателя с учетом потерь в линиях промежуточного перегрева (10 %): $P_{\text{пп}}'' = 4,6 \times 0,9 \approx 4,2$ МПа и $t_{\text{пп}}'' = t_0' = 560^\circ\text{C}$:

$$h_{\text{пп}}'' = 3568 \text{ кДж/кг.}$$

h,s-диаграмма процесса расширения пара в цилиндрах паровой турбины

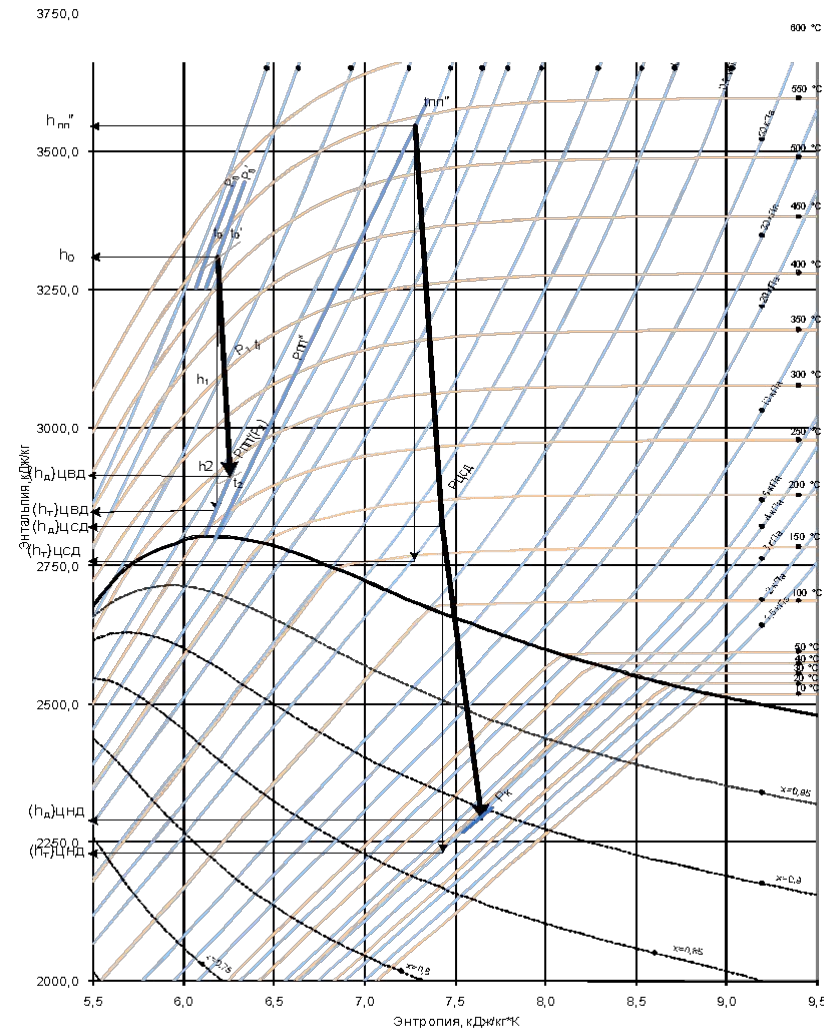


Рис.2.1. h,s-диаграмма процесса расширения пара в цилиндрах паровой турбины

Пример решения задачи №1.1

Построить процесс расширения пара в h,s -диаграмме для конденсационного энергоблока. Исходные данные : начальные параметры пара: давление $P_0 = 25,0$ МПа; температура $t_0 = 560^\circ\text{C}$. Внутренние относительные КПД турбины по цилиндрам: $\eta_{oi}^{\text{ЦВД}} = 0,87$; $\eta_{oi}^{\text{ЦСД}} = 0,90$; $\eta_{oi}^{\text{ЦНД}} = 0,79$. Конечное давление пара $P_k = 4,0$ кПа

Решение. Начинаем строим далее процесс расширения пара в энергетической турбине в h,s -диаграмме (см. рис.2.1).

По h,s -диаграмме для водяного пара находим энтальпию свежего пара при $P_0 = 25$ МПа = 250 бар и $t_0 = 560^\circ\text{C}$: $h_0 = 3380$ кДж/кг. Потери давления в стопорных и регулирующих клапанах составляют $\Delta P = (3 \div 5)\%$. Следовательно , давление пара с учетом этих потерь $P_0' = (1 - \Delta P/100)P_0 = (1 - 5/100)25 = 23,75$ МПа.

По h,s -диаграмме для водяного пара находим положение $P_0' = 23,75$ МПа = 237,5 бар при $h_0' = h_0 = 3380$ кДж/кг. Определяем значение $t_0' = 556^\circ\text{C}$.

Определяем давление пара на выходе из ЦВД (на входе в промежуточный пароперегреватель) : давление $P_{\text{п/п}} = (0,15 \div 0,25)P_0 = 0,185 \times 25,0 \approx 4,6$ МПа.

С помощью h,s -диаграммы для водяного пара определяем энтальпию пара для идеального процесса в ЦВД $(h_T)_{\text{ЦВД}} = 2904$ кДж/кг.

Реальная энтальпия пара на выходе из ЦВД

$$(h_d)_{\text{ЦВД}} = h_2 = h_0 - \eta_{oi}^{\text{ЦВД}}(h_0 - (h_T)_{\text{ЦВД}}) = 3380 - (3380 - 2904)0,87 = 2966 \text{ кДж/кг.}$$

Энтальпия пара на выходе из промежуточного перегревателя с учетом потерь в линиях промежуточного перегрева (10 %): $P_{\text{пп}}'' = 4,6 \times 0,9 \approx 4,2$ МПа и $t_{\text{пп}}'' = t_0' = 560^\circ\text{C}$:

$$h_{\text{пп}}'' = 3568 \text{ кДж/кг.}$$

Слайд №7

Маркировка паровых турбин и их разновидности

Тип турбины	Электрическая мощность, МВт	Давление пара на входе Р0, МПа (кгс/см2)	Модификация	Завод изготовитель
К	1200	23,5(240)	3	ЛМЗ
К	1000	5,9(60)	2	ХТЗ
Т	250/300	23,5(240)	1	ТМЗ
Р	100	12,8/1,5 (130/15)	3	ЛМЗ
ПТ	50/60	12,8/1,5 (130/15)	7	ТМЗ
ПТ	25/30	8,8/1,0 (90/10)	М	КТЗ
П	6,0	3,5/0,5 (35/5)	М	КТЗ

Примеры обозначения паровых турбин

Турбина К-210-12,8-3 – типа К, номинальной мощности 210 МВт с начальным абсолютным давлением пара 12,8 МПа (130 кгс/см²), третьей модификации.

Турбина П-6-3,4/0,5 – типа П, номинальной мощностью 6 МВт, с начальным абсолютным давлением пара 3,4 МПа и абсолютным давлением отбираемого пара 0,5 МПа.

Турбина Т-110/120-12,8 – типа Т, номинальной мощностью 110 МВт и максимальной мощностью 120 МВт, с начальным абсолютным давлением пара 12,8 МПа.

Турбина ПТ-25/30-8,8/1 – типа ПТ, номинальной мощностью 25 МВт и максимальной мощностью 30 МВт, с начальным абсолютным давлением пара 8,8 МПа (90 ат) и абсолютным давлением отбираемого отбора 1 МПа.

Турбина Р-100/105-12,8/1,45 – типа Р, номинальной мощностью 100 МВт и максимальной мощностью 105 МВт, с начальным абсолютным давлением пара 12,8 МПа и абсолютным противодавлением 1,45 МПа.

Турбина ПР-12/15-8,8/1,45/0,7 – типа ПР, номинальной мощностью 12, МВт и максимальной мощностью 15 МВт, с начальным абсолютным давлением 8, 8 МПа, давлением в отборе 1,45 МПа и противодавлением 0,7 МПа.

Задачи №1.2.

Для конденсационного энергоблока мощностью 800 МВт определить КПД блока.

Режим работы турбины блока характеризуется следующими величинами: $\dot{m}_1 = 680,5$ кг/с; $\dot{Q}_1 = 3325$ кДж/кг; $\dot{m}_2 = 1202$ кДж/кг; $\dot{m}_3 = 560,4$ кг/с; $\dot{Q}_3 = 2930$ кДж/кг; $\dot{Q}_4 = 3546$ кДж/кг. КПД котельного агрегата принять равным $\eta_{к.а} = 0,91$, КПД трубопроводов $\eta_{тр} = 0,97$.

Пример решение задачи

Расход теплоты на турбогенераторную установку

$$\dot{Q}_{ту} = 680,5(3325-1202,0) + 560,4(3546-2930) = 1444701,5 + 345206,4 = 1789,91 \text{ МВт.}$$

Абсолютный электрический КПД

$$\eta_{э}^{ту} = N_{э} / \dot{Q}_{ту} = 800 / 1789,91 = 0,4469$$

КПД блока

$$= \eta_{э}^{ту} \eta_{к.а} \eta_{тр} = 0,4469 \times 0,91 \times 0,97 \approx 0,39457$$

Ответ: =0,3945.

Определить тип ТЭС. КТЦ-1:4×К-215-12,8. КТЦ-2:2×К-300-23,5.

Основной вид топлива –каменный уголь . Резервное топливо – мазут.

Пример решения задачи.

Расшифровка обозначения паровых турбин:

К-215-12,8 – конденсационная паровая турбина номинальной мощностью 215 МВт и с начальным абсолютным давлением пара 12,8 МПа. На станции установлено 4 турбины К-215-12,8.

К-300-23,5 – конденсационная паровая турбина номинальной мощностью 300МВт и с начальным абсолютным давлением пара 23,5 МПа. На станции установлено 2турбины К-300-23,5.

Установленная мощность станции $N_{кэс}=4\times 215+2\times 300=1460$ МВт.

Определение типа ТЭС:

- назначению и виду отпускаемой энергии: районная КЭС , электрическая энергия;
- типу теплосиловых установок: паротурбинная ;
- уровню начального давления: КТЦ-1– установлено оборудование, работающее на докритических параметрах. КТЦ-2 – установлено оборудование , работающее на сверхкритических параметрах;
- структуре соединения котлов и турбин: КТЦ-1–поперечные связи; КТЦ-2- – энергетические блоки;
- виду органического топлива: пылеугольная КЭС. Основной вид топлива – каменный уголь. Резервное топливо: мазут .