

Министерство образования России
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет авиационных двигателей, энергетики и транспорта
Кафедра авиационной теплотехники и теплоэнергетики

Тема выпускной квалификационной работы

**Расчет энергоблока на базе паротурбинной установки
ПТ-60/75-130/13 на режимах номинальной,
повышенной и пониженной нагрузки**

Выполнил: Ахметов Р. Р. ..., ст.гр. ТЭТ-405
Руководитель ВКР: канд. техн. наук доцент
каф. АТиТ Кудоярова В.М.

Уфа-2017



Цели и задачи работы

- Цель: исследование параметров эффективности ТЭЦ на базе турбины турбины ПТ-60-130/13 при разных $t_n = -15... -30... +5$ С.
- Задачи: построение принципиальной тепловой схемы ТЭЦ на базе турбины ПТ-60/75-130/13.

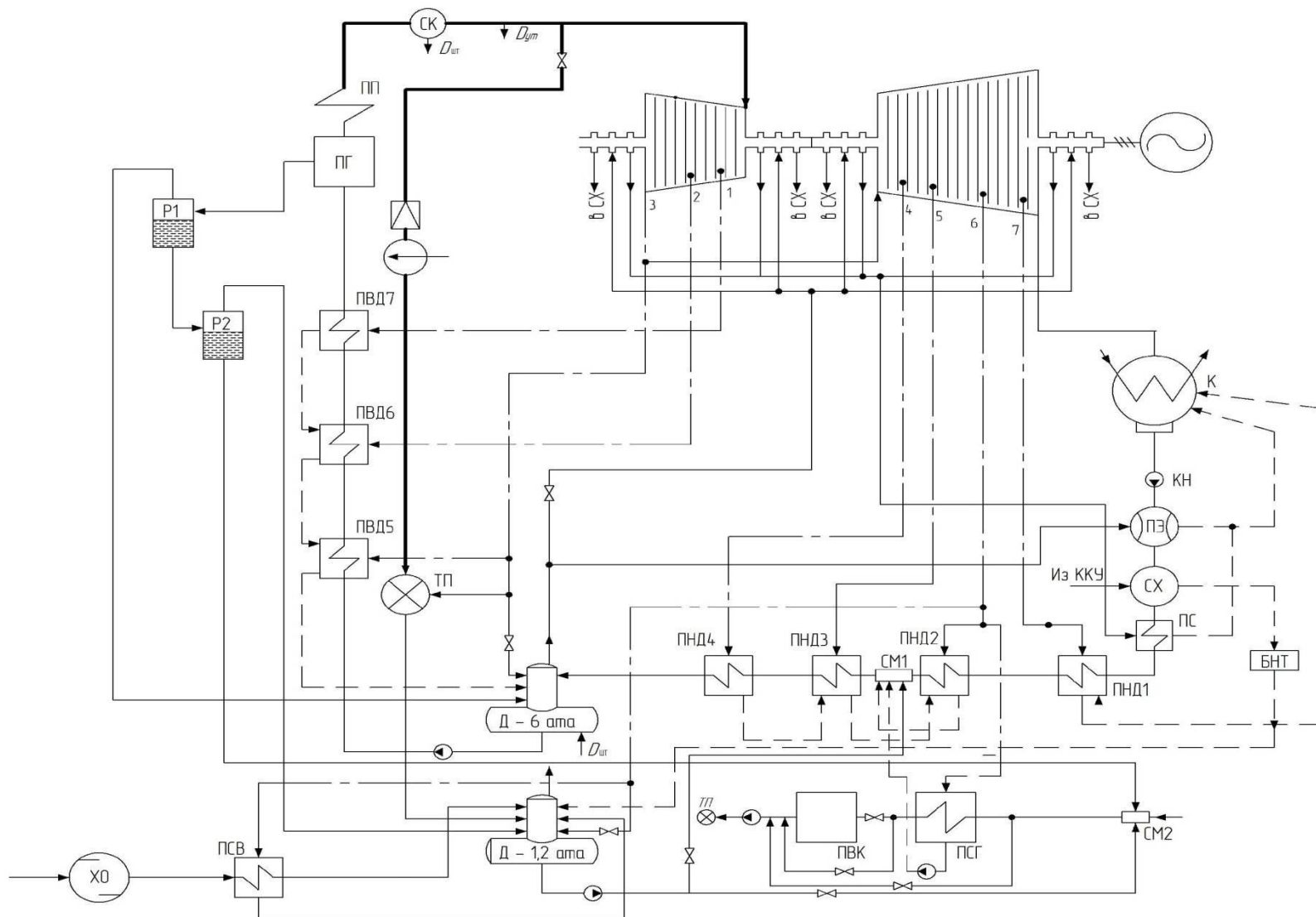
Построение тепловых нагрузок, теплового и расходного графика.

Расчет и построение в $h-s$ диаграмме процесса расширения пара в турбине

Тепловой и гидравлический расчет ПН-130-16-9-1.

Сравнение параметров эффективности ТЭЦ на базе турбоустановки ПТ-60-130/13 при разных $t_n = -15... -30... +5$ С.

Принципиальная тепловая схема энергоблока на базе турбоустановки ПТ-60-130/13



Продольный разрез турбины ПТ-60-130/13

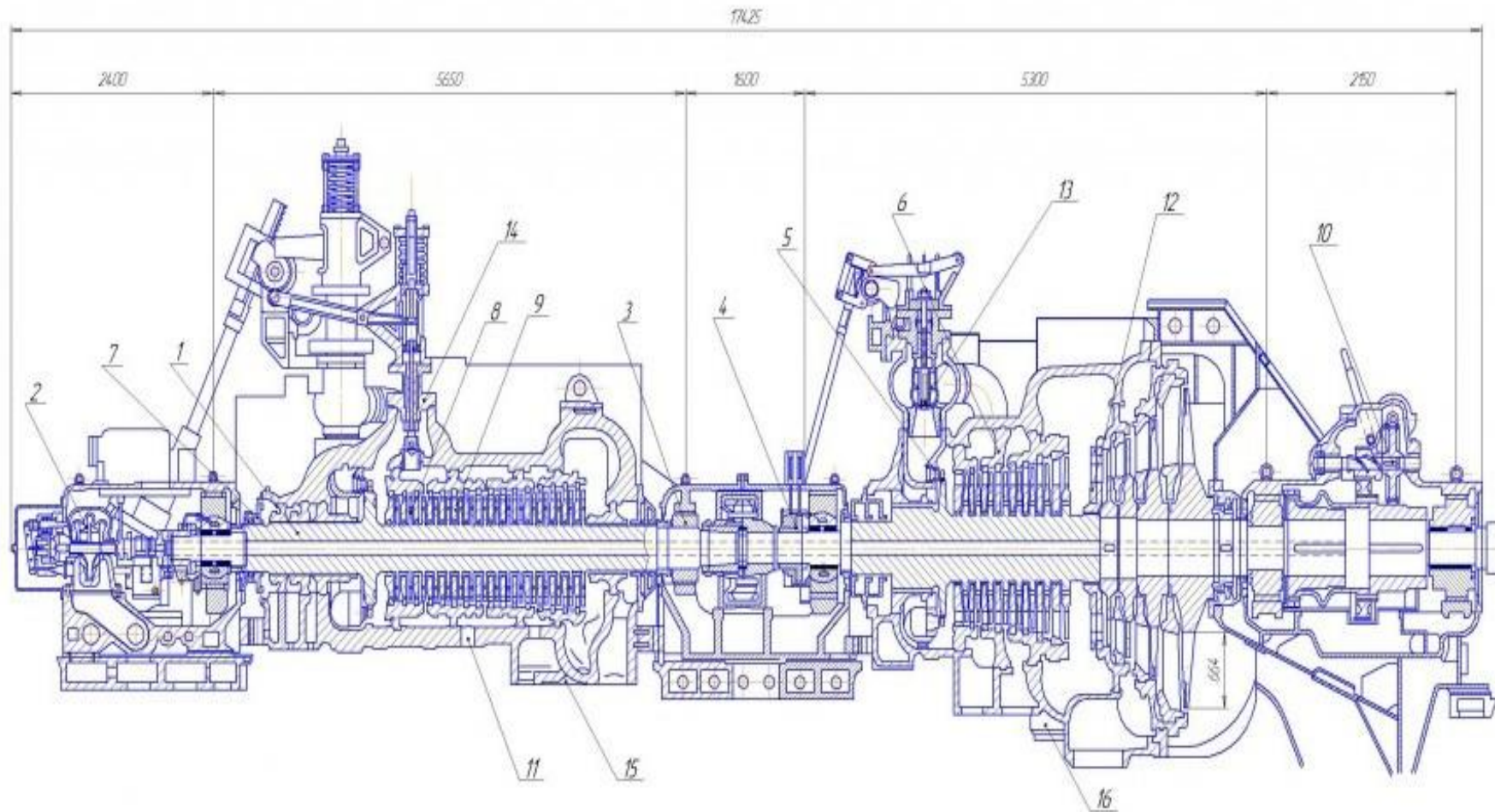
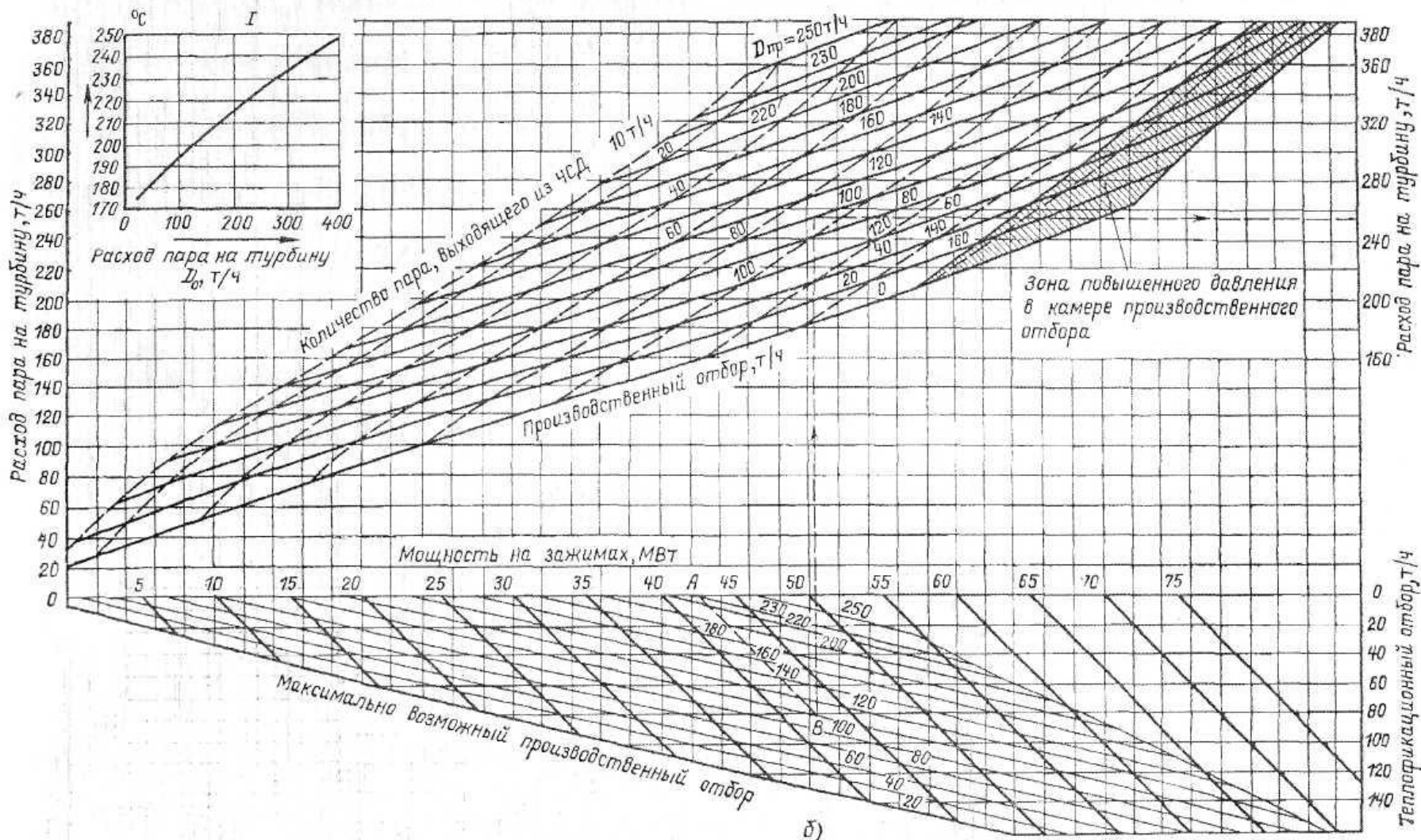
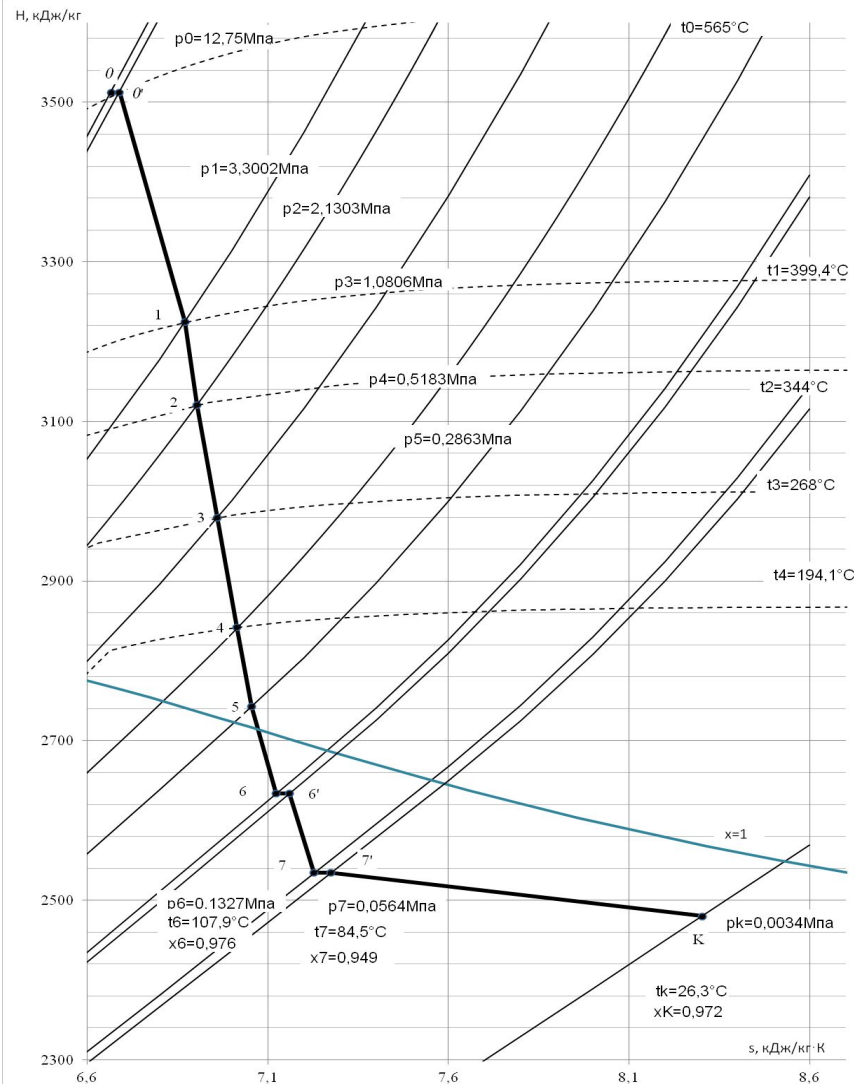


Диаграмма режимов работы ПТ-60-130/13

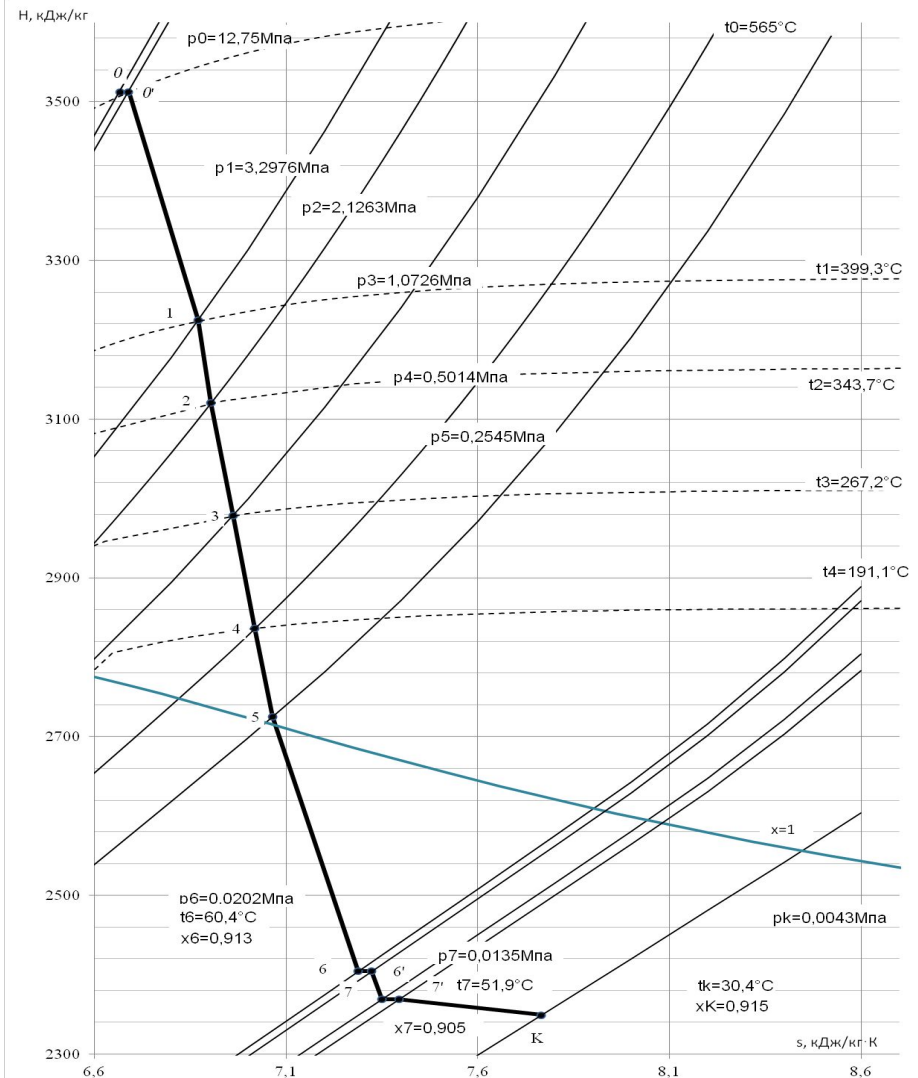


h,S-диаграмма расширения пара в проточной части турбины ПТ-60-130/13 при $t_{\text{нар}} = +10; -8; -12; -18^{\circ}\text{C}$

При $t_{\text{нар}} = -15^{\circ}\text{C}$



При $t_{\text{нар}} = +5^{\circ}\text{C}$





При $t_{\text{нар}} = -30^{\circ}\text{C}$

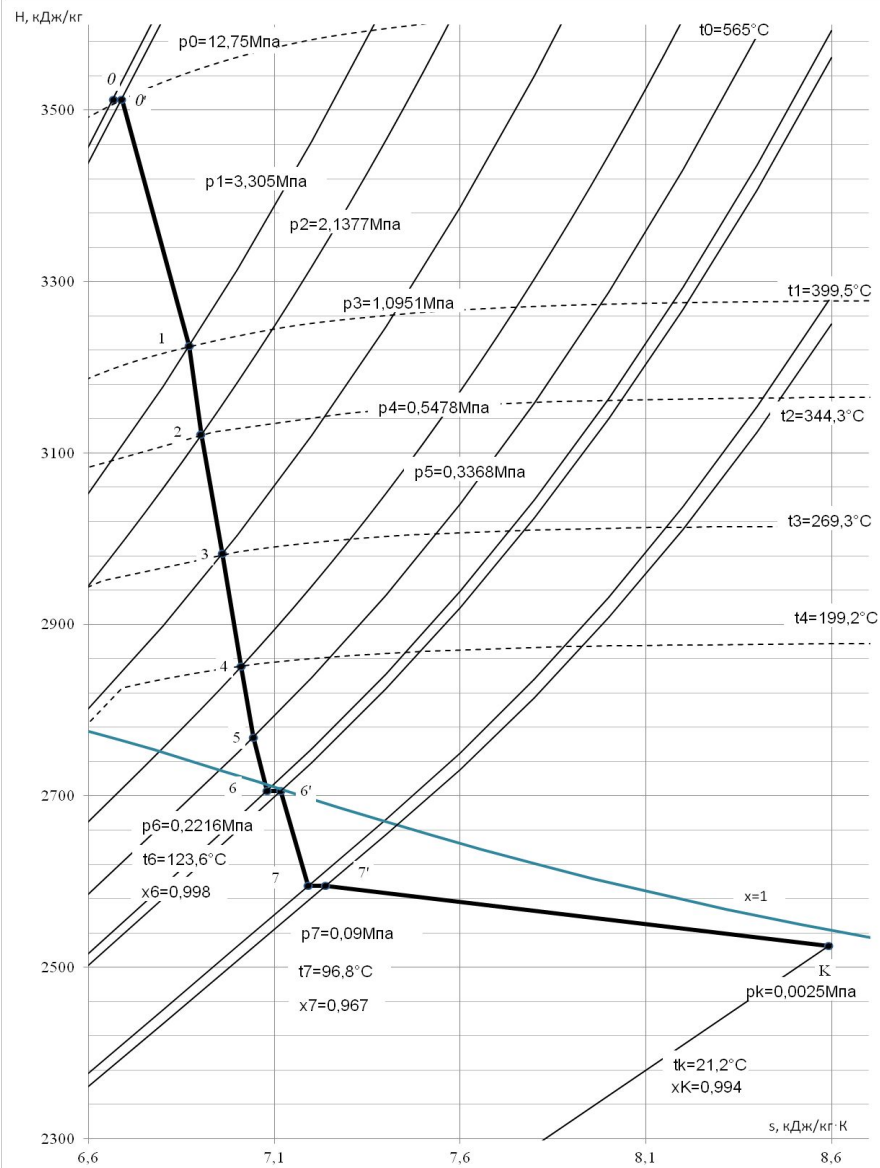
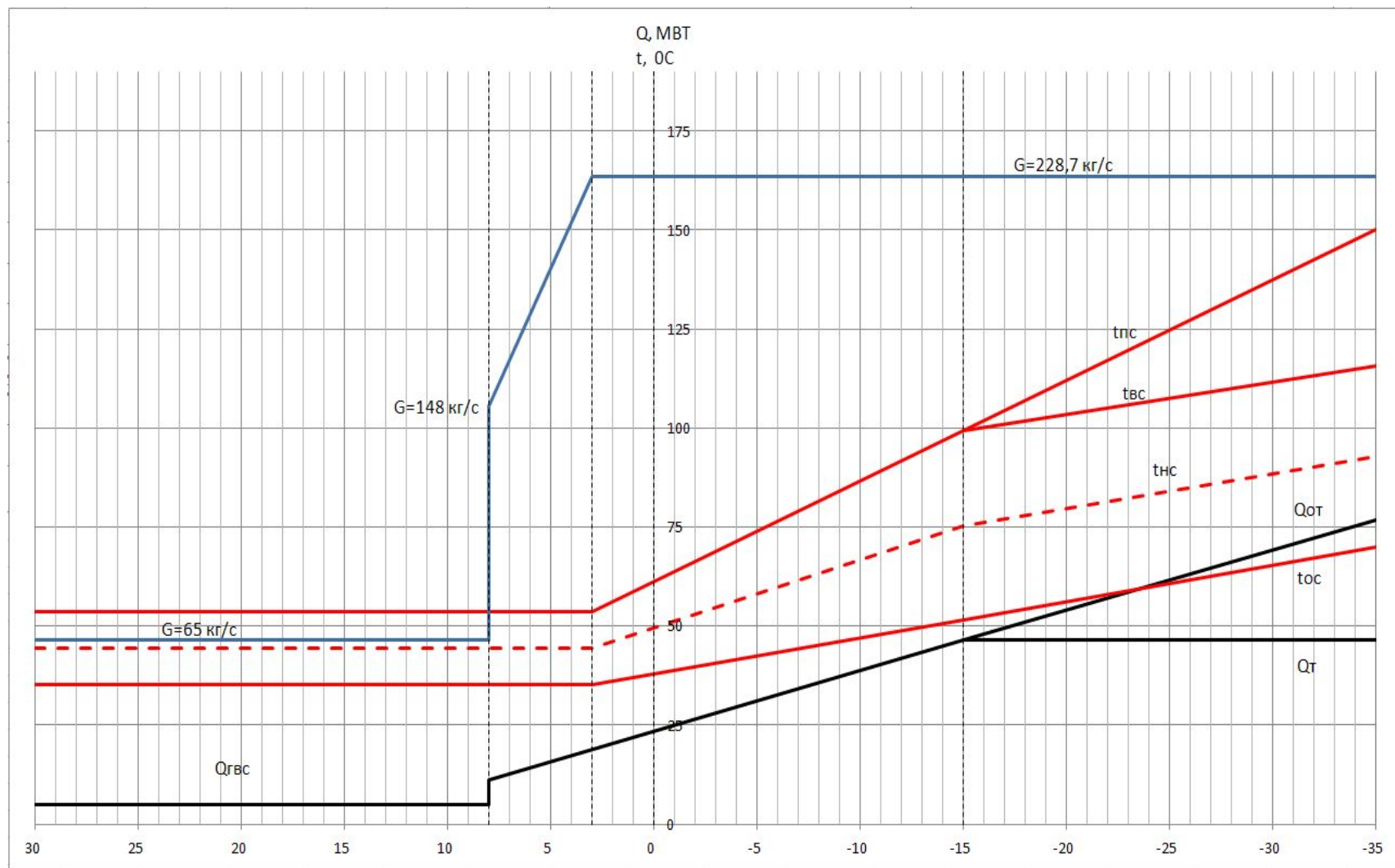


График тепловых нагрузок, расходный и температурный графики сетевой воды и свежего пара на турбину ПТ-60/75-130/13 в зависимости от температуры наружного воздуха

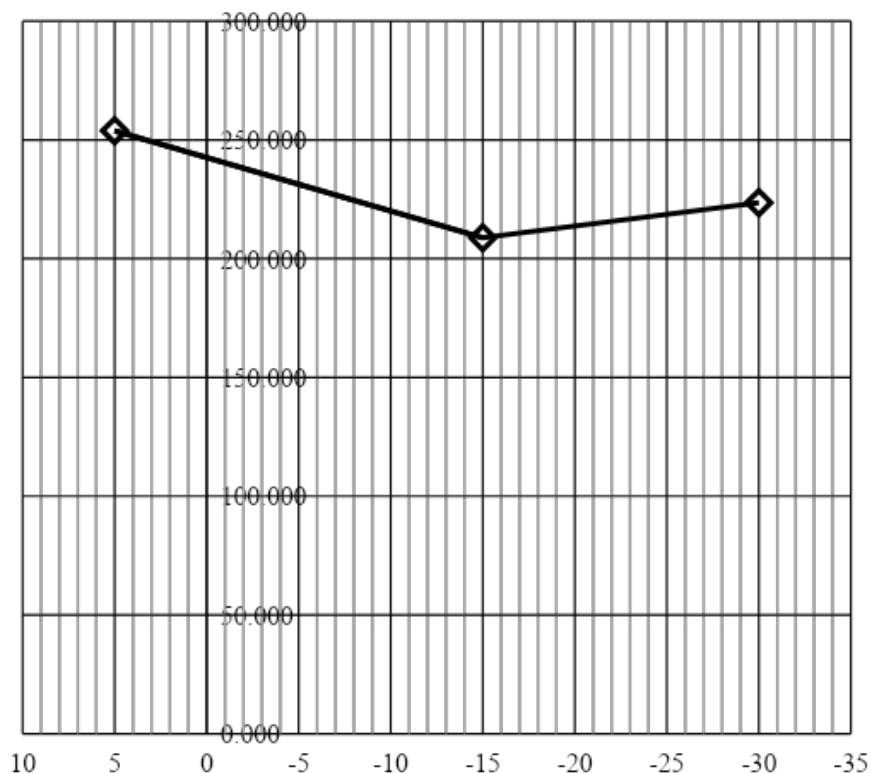


Сравнительный анализ параметров тепловой эффективности ТЭЦ в зависимости от температуры наружного воздуха.

Наименование параметра	Обозначение	Величина		
Температура наружного воздуха, °C	$t_{нар}$	+5	-15	-30
КПД по производству электроэнергии на станцию	$\eta^{Э}_{ТЭЦ}$	0,589	0,655	0,611
КПД ТЭЦ "нетто"	$\eta^H_{ТЭЦ}$	0,730	0,6771	0,733
Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии, г/кВт*ч	$b^Э_y$	208,772	228,013	223,590
Удельный расход условного топлива "нетто", г/МДж	$b^H_{y\ ТЭЦ}$	46,722	50,3840	47,170

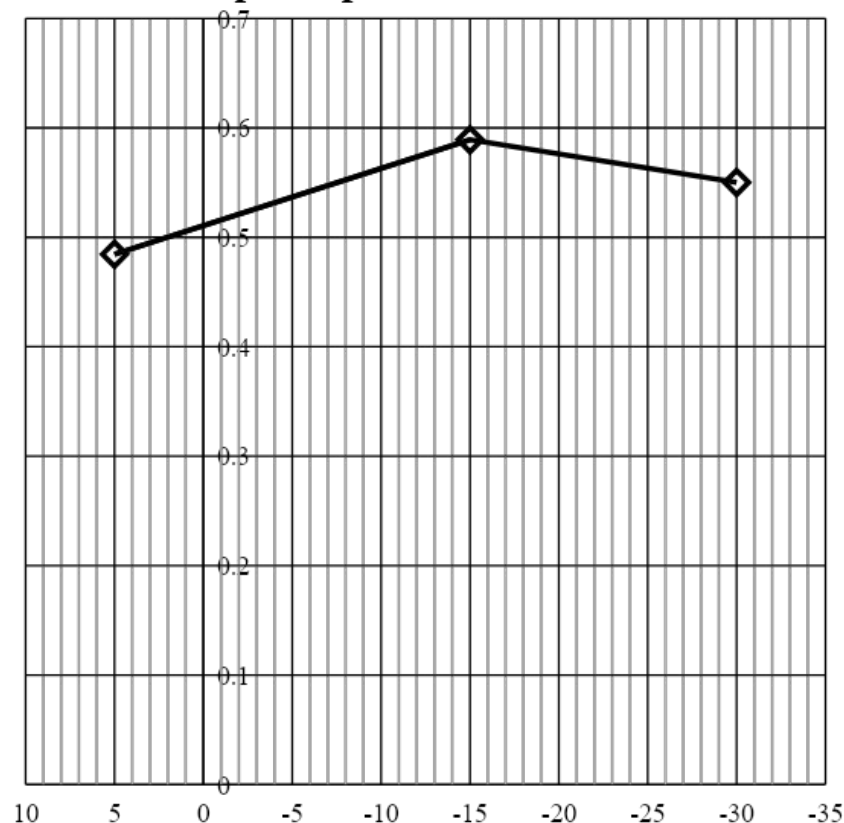
Графики зависимостей параметров эффективности от $t_{\text{нар}}$

Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии, г/(кВт*ч)



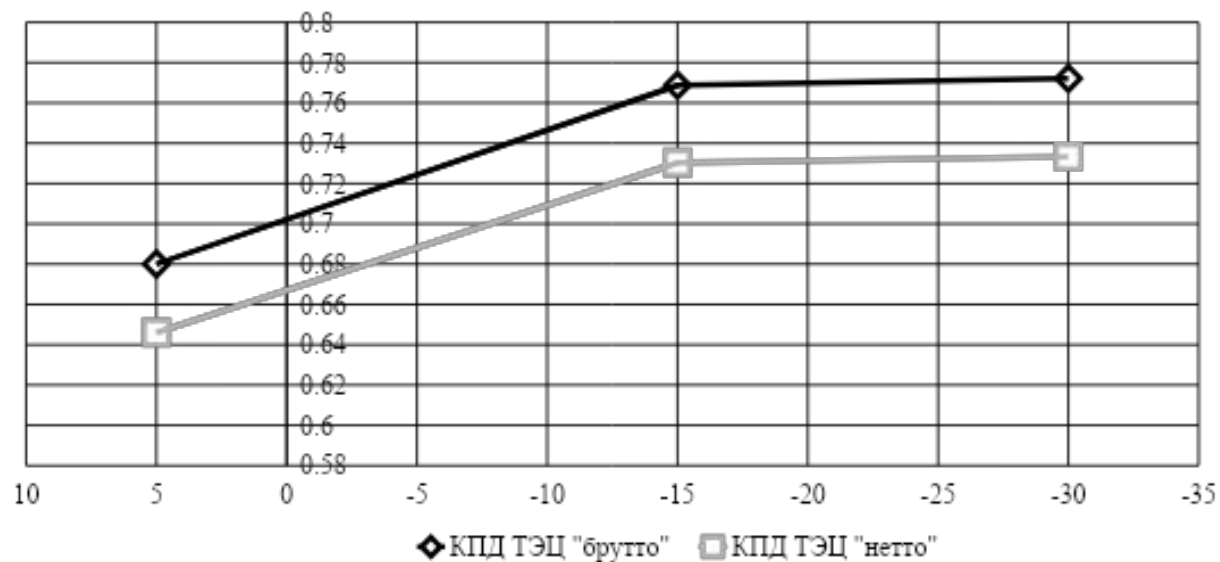
◆ Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии, г/(кВт*ч)

КПД ТЭЦ по производству электроэнергии

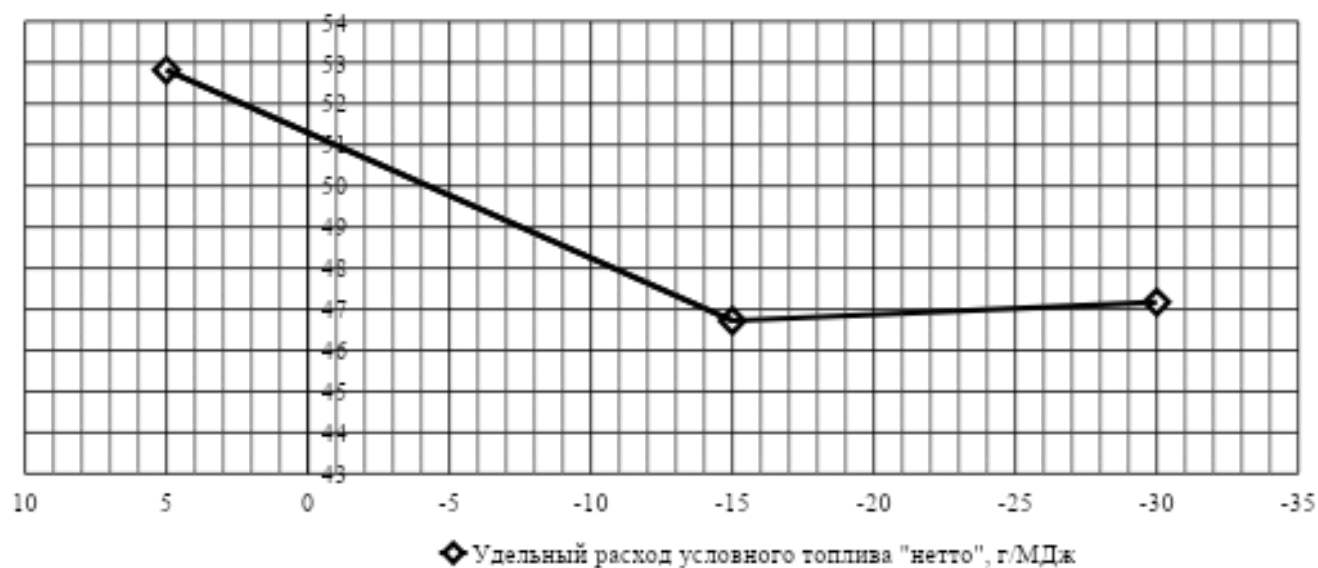


◆ КПД ТЭЦ по производству электроэнергии

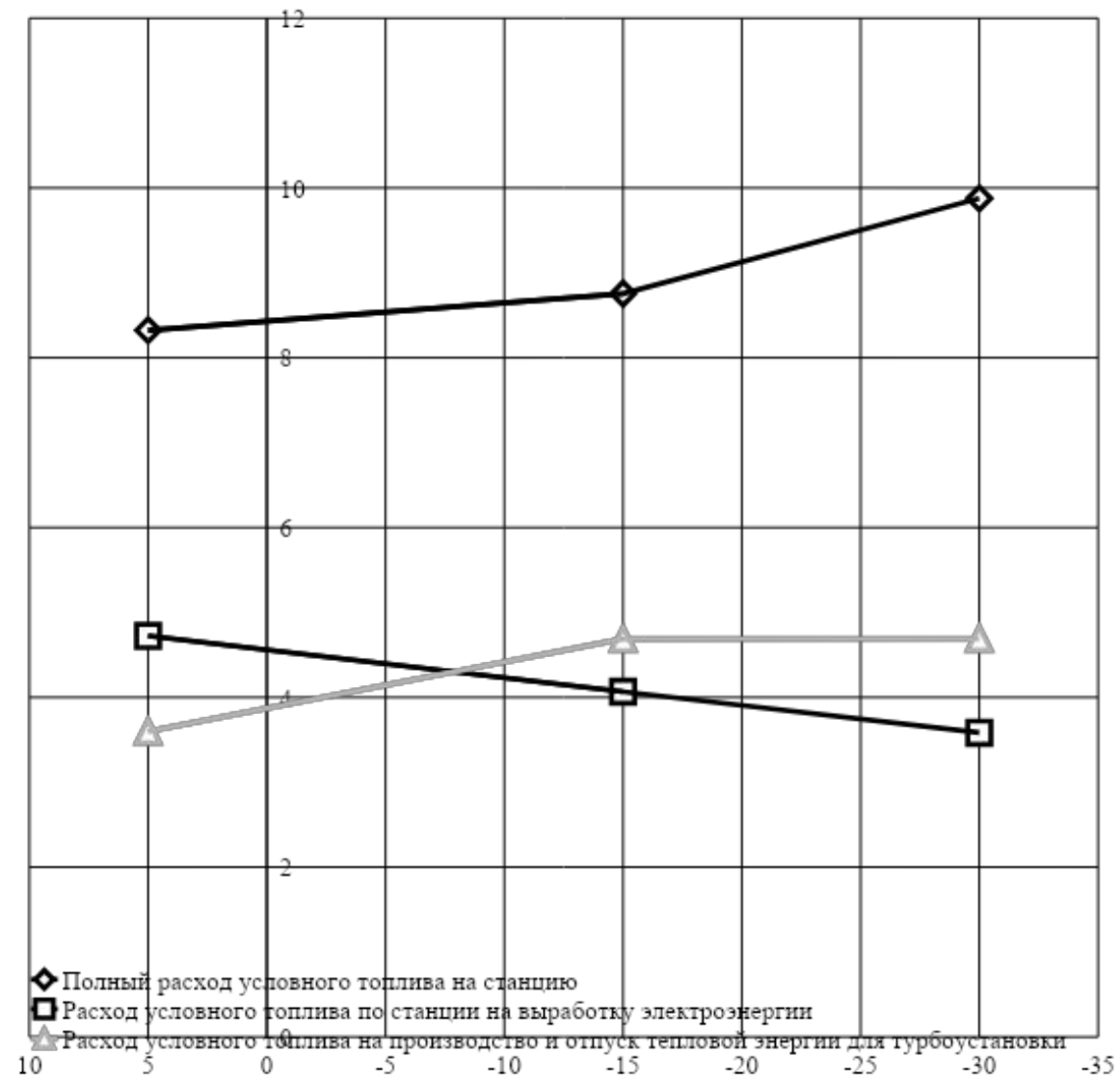
КПД ТЭЦ



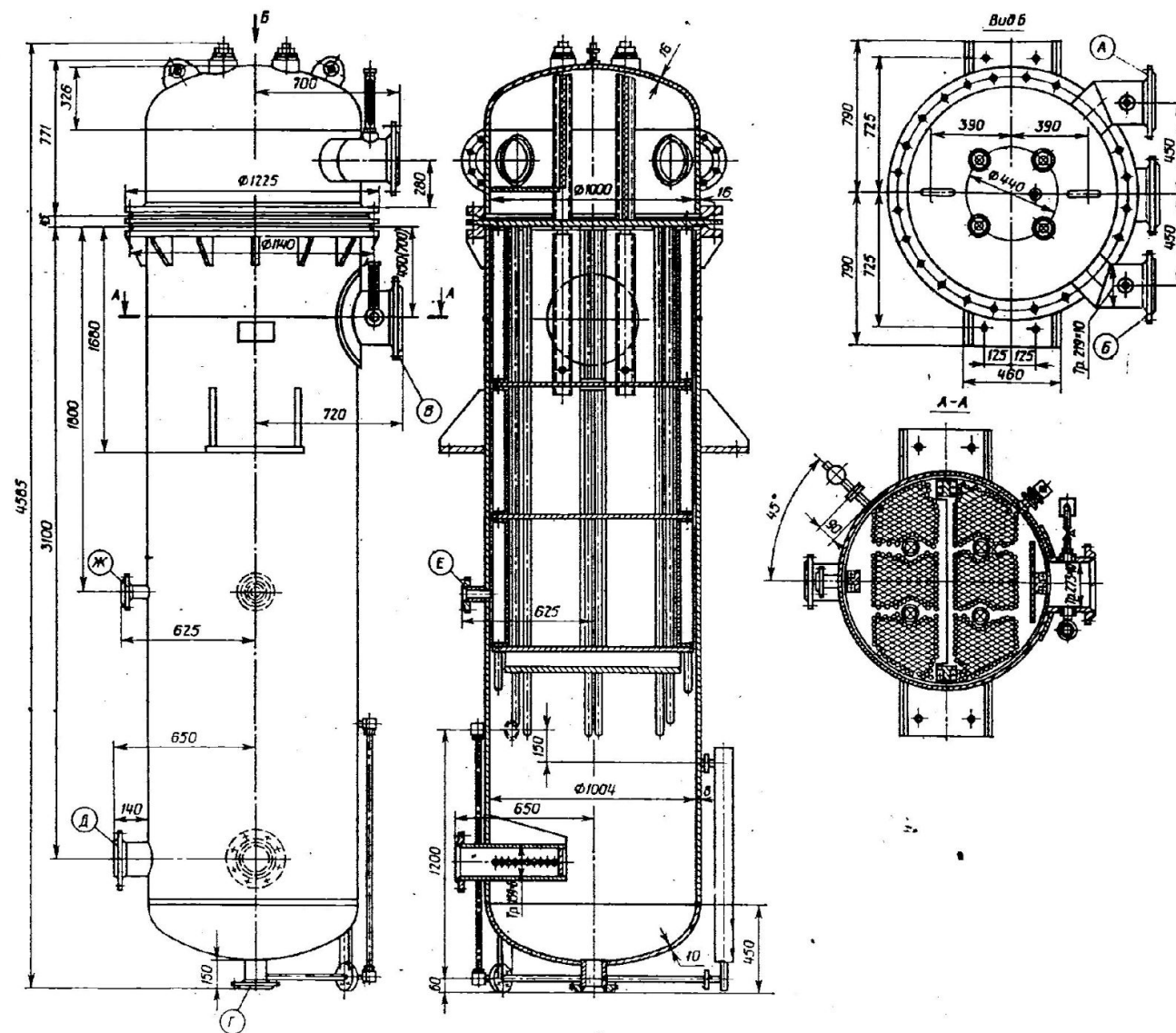
Удельный расход условного топлива "нетто", г/МДж



Расход условного топлива станции



Общий вид ПН-130-16-9-І



Тепловой расчет ПН-130-16-9-І при $t_n = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Массовый секундный расход воды, подаваемой в подогреватель:

$$D_{ПВ} = \frac{D_{П4} \cdot (h_{П4} - h_{ДР4}) \cdot \eta}{h_{B4} - h_3} = \frac{3,28 \cdot (2841,8 - 628,7) \cdot 0,995}{607,8 - 520,2} = 82,45, \quad /$$

- Тепловая нагрузка подогревателя по водяной стороне

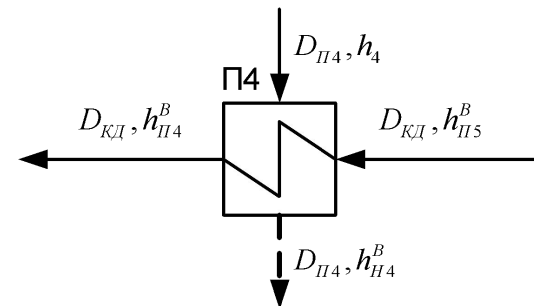
$$Q_{П4} = D_{ПВ} \cdot (h_{B4} - h_{B3}) = 82,45 \cdot (607,8 - 520,2) = 7222,67,$$

- Средняя логарифмическая разность температур:

$$\Delta t_{ср\log} = \frac{t_{B4} - t_{B3}}{\ln \frac{t_{П4} - t_{B3}}{t_{П4} - t_{B4}}} = \frac{145,1 - 124,2}{\ln \frac{194,04 - 124,2}{194,04 - 145,1}} = 58,77,^{\circ}$$

- Средняя температура воды

$$t_{B,CP} = 194,04 - 58,77 = 135,27,^{\circ}$$



Коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к воде

$$\alpha = 0,023 \cdot \frac{\lambda_{B.CP}}{d_{\varnothing}} \cdot \left(\frac{\omega_{B.CP} \cdot d_{\varnothing}}{\nu_{B.CP}} \right)^{0,8} \cdot \text{Pr}^{0,4} =$$

$$0,023 \cdot \frac{0,6849}{0,016} \cdot \left(\frac{2,5 \cdot 0,016}{2,192 \cdot 10^{-7}} \right)^{0,8} \cdot 1,273^{0,4} = 17544,33, \text{ Вт} / \text{ м}^2 \text{ К}$$

- Комплекс учитывающий физические свойства пленки конденсата

$$B = \sqrt[4]{\frac{\lambda_{\kappa}^3 \cdot \rho_{\kappa}^2 \cdot g}{\mu_{\kappa}}} = \sqrt[4]{\frac{0,675^3 \cdot 887,86^2 \cdot 9,8}{0,0001509}} = 354,334$$

- Вычисляется величина комплекса B_1 :

$$B_1 = c \cdot B \cdot h^{-0,25} \cdot r^{0,25} = 1,15 \cdot 354,334 \cdot 1^{-0,25} \cdot 2016,89^{0,25}$$

Конструктивные размеры подогревателей

- Наружный диаметр трубок:

$$d_H = d_{BH} + 2\delta = 0,018,$$

Число трубок при одном ходе воды:

$$m = \frac{D_{ПВ} \cdot v_{B.CP}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{BH}^2 \cdot \omega_{B.CP}} = \frac{82,45 \cdot 0,001074}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,016^2 \cdot 2,5} = 139,385,$$

- Общее число отверстий в трубной доске:

$$N_{ОБЩ} = zN = 6 \cdot 201 = 1206$$

- Диаметр трубной доски:

$$D_{mp} = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 0,0459^2 \cdot 4 \cdot 139,385}{0,36}} = 1,895,$$

- Длина U – образной трубки:

$$L = \frac{F_p}{z \cdot n \cdot \pi \cdot d_{BH}} = \frac{150}{4 \cdot 139,384 \cdot \pi \cdot 0,016} = 5,355,$$

Гидравлическое сопротивление подогревателя

$$\Delta P = \left(\lambda_{mp} \cdot \frac{L}{d_{BH}} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{\omega_{\theta}^2}{2} \cdot \rho_{B.CP} = \left(0,02 \cdot \frac{21,42}{0,016} + 9 \right) \cdot \frac{2,5^2}{2} \cdot 930,3$$

Результаты расчета ПВД ПН-130-16-9-I на расчетных режимах

Показатель	Величина		Разм-сть
	Пониженная нагрузка(5°C)	Повышенная нагрузка(-30°C)	
Исходные данные			
Давление пара регенеративного отбора турбины	0,5014	0,5478	МПа
Энтальпия пара регенеративного отбора турбины	2836,2	2851,3	кДж/кг
Расход пара регенеративного отбора турбины	3,514	2,835	кг/с
Температура пара регенеративного отбора турбины	191,1	199,2	°C
Энтальпия питательной воды после подогревателя предыдущей ступени	503,9	543,2	кДж/кг
Температура питательной воды после подогревателя предыдущей ступени	120,3	129,6	°C
Энтальпия дренажа греющего пара	623,6	637,5	кДж/кг
Температура дренажа греющего пара	148,8	152,1	°C
Энтальпия воды за подогревателем	602,6	616,5	кДж/кг
Температура воды за подогревателем	143,8	147,1	°C
Внутренний диаметр трубок	0,016	0,016	м
Толщина стенки трубки	0,001	0,001	м
Материал трубок латунь : коэффициент теплопроводности стенки трубки	107	107	Вт/мK
КПД регенеративного подогревателя	0,995	0,995	
Расчитанные параметры			
Массовый секундный расход воды	78,38	85,19	кг/с
Тепловая нагрузка подогревателя по водяной стороне	7736,20	6244,74	кВт
Средний логарифмический температурный напор	58,26	60,43	°C
Средняя температура в подогревателе	132,84	138,77	°C
Коэффициент теплопроводности	0,68493	0,68492	Вт/мK
Плотность	932,4	927,2	кг/м³
Кинематическая вязкость жидкости	2,23073E-07	2,13991E-07	м²/с²
Число Прандтля	1,29685	1,24084	
Удельный объем воды	0,001072	0,001078	м³/кг
Средняя скорость воды в трубках	2,5	2,5	м/с
Коэффициент теплоотдачи	17430,18	17703,81	Вт/м²K
В-комплекс	353,917	354,881	-
Средняя температура пленки конденсата	161,575	168,775	°C
Температура стенки трубы (со стороны	176,338	183,988	°C

пара)			
Коэффициент теплопроводности пленки конденсата	0,67622	0,67268	Вт/(мK)
Коэффициент динамической вязкости пленки конденсата	0,0001535	0,0001467	м/с²
Плотность пленки конденсата	890,88	882,71	кг/м³
Удельная теплота конденсации	2026,91	1999,77	кДж/кг
Комплекс В1	2730,912	2729,135	-
Тепловой поток	55248,88	56812,1	Вт/м²
Площадь поверхности теплообмена	110,025	101,919	м²
Коэффициент теплопередачи	948,279	940,158	Вт/м²K
Число трубок при одном ходе	132,206	144,501	шт.
Диаметр трубной доски	1,845	1,929	м
Длина трубки	5,646	5,165	м
Общая длина пути воды в трубках	22,583	20,662	м
Поправка на шероховатость и загрязнение внешней поверхности труб	3,060	2,678	-
Толщина трубной доски	0,04878	0,05331	м
Гидравлическое сопротивление	108478,2	100915,3	Па

Заключение

- В ходе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрена ТЭЦ на базе турбоустановки ПТ-60/75-130.
- В соответствии целями и задачами выпускной квалификационной работе:
- 1) Рассмотрена турбоустановка ПТ-60/75-130/13.
- 2) Рассмотрена принципиальная тепловая схема ТЭЦ, приведены основные технические характеристики основного оборудования.
- 3) Построены графики тепловых нагрузок, температур сетевой воды, расхода сетевой воды при коэффициенты теплофикации равном 0,6, HS-диаграммы расширения пара в турбине на трех режимах работы.
- 4) Рассчитана принципиальная тепловая схема ТЭЦ на трех режимах (номинальный, пониженный и повышенный режимы работы).
- 5) Рассчитаны и проанализированы параметры тепловой экономичности ТЭЦ на трех режимах.
- 6) В спецчасти работы выполнен поверочный расчет подогревателя низкого давления ПН-130-16-9-I

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!