МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

ТХ 34-70-010-85

СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1985

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

ТХ 34-70-010-85

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО

Москва 1985

Р А З Р А Б О Т А Н О Московским головным предприятием Производственного объединения по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И М.А.УКОБОТИН, М.А.РЯБКИНА

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем 26.03.85 г.

Заместитель начальника Д.Я.ШАМАРАКОВ

© СПО Союзтехэнерго, 1985.

Ответственный редактор Н.К.Демурова
Литературный редактор С.И.Ильичева
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректор В.Д.Алексеева

Подписано к печати 01.11.85		Формат 60х84 1/4
Печать офсетная	Уч.-изд.л. 5,4	Тираж 1050 экз.
Заказ 2963/85	Издат. № 79/85	Цена 95 коп.

Производственная служба передового опыта и информации Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

УДК 621.165-186.5(083.75)

ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Рис.1. Принципиальная тепловая схема.

Рис.2. Диаграмма пароораспределения ЦВД при конденсационном режиме.

Рис.3. Давление в I, II и III отборах при конденсационном режиме.

Рис.4. Температура и энтальпия питательной воды при конденсационном режиме.

Рис.5. Давление в IУ, У, УI и УП отборах при конденсационном режиме.

Рис.6. Температура основного конденсата при конденсационном режиме.

Рис.7. Расход пара на подогреватели и деаэратор при конденсационном режиме.

Рис.8. Расход свежего пара и теплоты при конденсационном режиме.

Рис.9. Расход свежего пара и теплоты при конденсационном режиме.

Рис.10. Поправки к удельному (q_T) и полному (Q_0) расходам теплоты и расходу свежего пара (G_0) при конденсационном режиме.

Рис.11. Поправки к удельному (q_T) и полному (Q_0) расходам теплоты и расходу свежего пара (G_0) при конденсационном режиме.

Рис.12. Диаграмма пароораспределения ЦВД при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.13. Давление в I и II отборах при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.14. Температура и энтальпия питательной воды при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.15. Протечки и отсосы от уплотнений ЦВД и ЦНД при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.16. Расход пара на подогреватели высокого давления при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.17. Расход пара III отбора на деаэратор при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.18. Расход пара на входе в ЧСД при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.19. Расход пара через последнюю ступень ЧВД при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.20. Диаграмма пароораспределения ЦНД при режимах с регулируемыми отборами.

Рис.21. Давление в отборах ЧСНД при одноступенчатом подогреве сетевой воды.

Рис.22. Давление в IУ отборе при двухступенчатом подогреве сетевой воды.

Рис.23. Давление в УI и УП отборах при одноступенчатом подогреве сетевой воды.

Рис.24. Температура основного конденсата при одноступенчатом подогреве сетевой воды.

Рис.25. Температура основного конденсата при двухступенчатом подогреве сетевой воды.

Рис.26. Расход пара в конденсатор и ЧНД при одно- и двухступенчатом подогреве сетевой воды.

Рис.27. Давление в конденсаторе.
Рис.28. Температурный напор конденсатора.
Рис.29. Внутренняя мощность ЧВД и энтальпия пара производственного отбора.
Рис.30. Внутренняя мощность ЧСНД и давление пара в верхнем и нижнем теплофикационных отборах.
Рис.31. Влияние теплофикационной нагрузки на мощность турбины при одноступенчатом подогреве сетевой воды.
Рис.32. Влияние теплофикационной нагрузки на мощность турбины при двухступенчатом подогреве сетевой воды.
Рис.33. Суммарные потери и электромеханический КПД.
Рис.34. Диаграмма режимов при одноступенчатом подогреве сетевой воды.
Рис.35. Диаграмма режимов при двухступенчатом подогреве сетевой воды.
Рис.36. Диаграмма режимов при режиме только с производственным отбором.
Рис.37. Удельный расход теплоты при одноступенчатом подогреве сетевой воды.
Рис.38. Удельный расход теплоты при двухступенчатом подогреве сетевой воды.
Рис.39. Удельный расход теплоты при режиме только с производственным отбором.
Рис.40. Минимально возможное давление в нижнем теплофикационном отборе при одноступенчатом подогреве сетевой воды.
Рис.41. Двухступенчатый подогрев сетевой воды (по данным ПОТ ЛМЗ).
Рис.42. Поправка к мощности на отклонение давления в нижнем теплофикационном отборе от номинального при одноступенчатом подогреве сетевой воды (по данным ПОТ ЛМЗ).
Рис.43. Поправка к мощности на отклонение давления в верхнем теплофикационном отборе от номинального при двухступенчатом подогреве сетевой воды (по данным ПОТ ЛМЗ).
Рис.44. Поправка на давление отработавшего пара (по данным ПОТ ЛМЗ).
Рис.45. Поправка к мощности турбины на перенос точки возврата конденсата производственного отбора за ПНД № 2.
Рис.46. Поправки к полному расходу теплоты (Q_0) и расходу свежего пара (G_0) при режимах с регулируемыми отборами.
Рис.47. Поправки к полному расходу теплоты (Q_0) и расходу свежего пара (G_0) при режимах с регулируемыми отборами.
Рис.48. Поправки к полному расходу теплоты (Q_0) и расходу свежего пара (G_0) при режимах с регулируемыми отборами.
Рис.49. Удельные теплофикационные выработки электроэнергии.
Рис.50. Поправки к удельным теплофикационным выработкам электроэнергии на давление в регулируемых отборах.

Таблица

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
СРАВНЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ПО ДАННЫМ ТИПОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ С ГАРАНТИЙНЫМИ ДАННЫМИ ПОТ ЛМЗ

Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

Номер режима	Мощность на выводах генератора, МВт	Производственный отбор		Теплофикационный отбор		Температура сетевой воды при входе в нижний сетевой подогреватель, °С	КПД генератора, %	Температура питательной воды, °С	Гарантируемый удельный расход		Удельный расход по типовой характеристике		Отклонение от гарантий, %
		Абсолютное давление в камере отбора, МПа (кгс/см²)	Расход в отбор, т/ч	Абсолютное давление в верхнем отборе, МПа (кгс/см²)	Количество теплоты, отданной потребителю, Гкал/ч				пара, кг/(кВт·ч)	теплоты, ккал/(кВт·ч)	пара, кг/(кВт·ч)	теплоты, ккал/(кВт·ч)	
I	80	I,3(I3)	I85	0,09(0,9)	68	42	98,6	249	5,60	–	5,65		+0,9
2	80	I,3(I3)	250	–	0	–	98,6	249	5,88	–	5,8I	–	-I,2
3	80	I,6(I6)	40	0,I4(I,40)	I00	42	98,6	239	4,70	–	4,65	–	-I,I
4	I00	I,6(I6)	95	0,25(2,50)	36	70	98,6	250	4,75	–	4,78	–	+0,6
5	80	–	–	–	–	–	98,6	230	–	2290	–	2272	-0,8

Среднее по пяти режимам отклонение от гарантий - 0,3%.

Рис.1	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕПЛОВАЯ СХЕМА	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

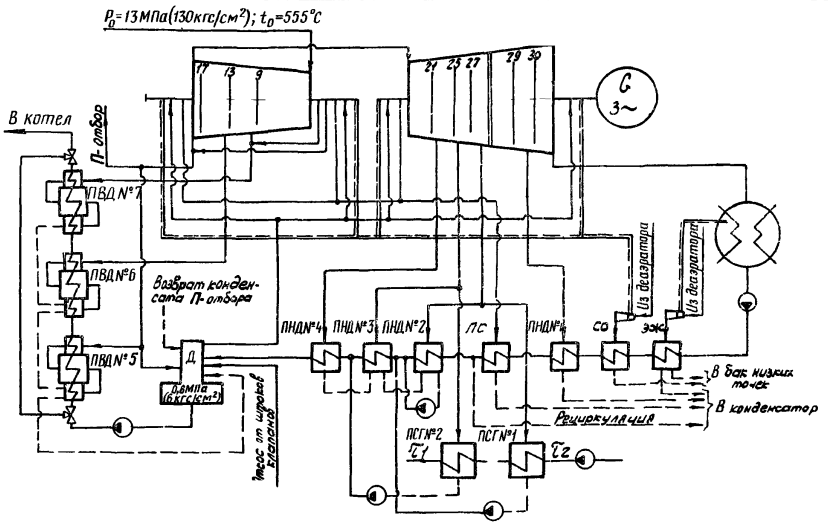
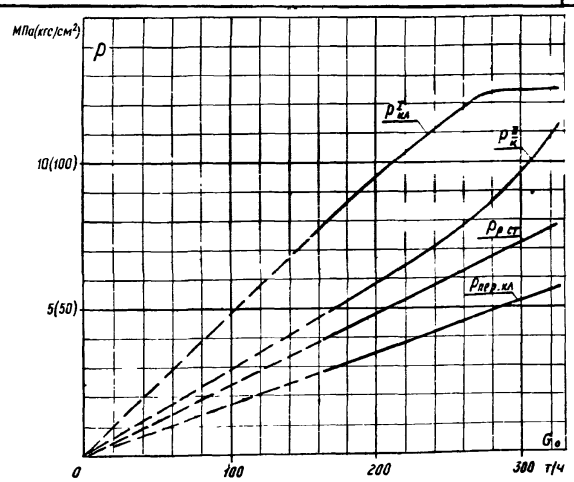
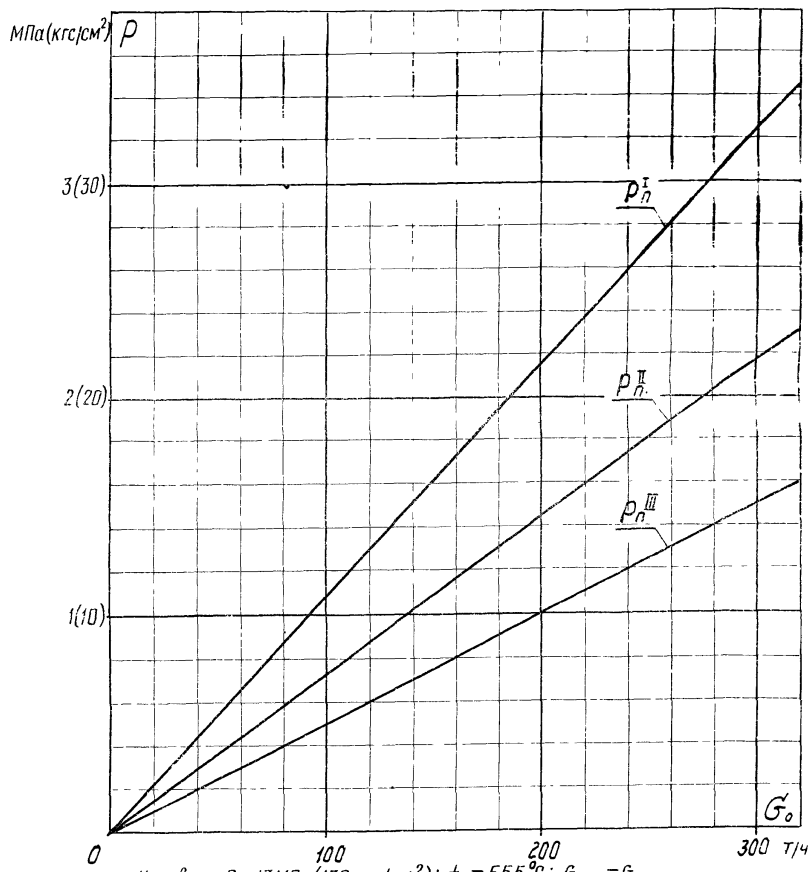


Рис.2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА ПАРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВД ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



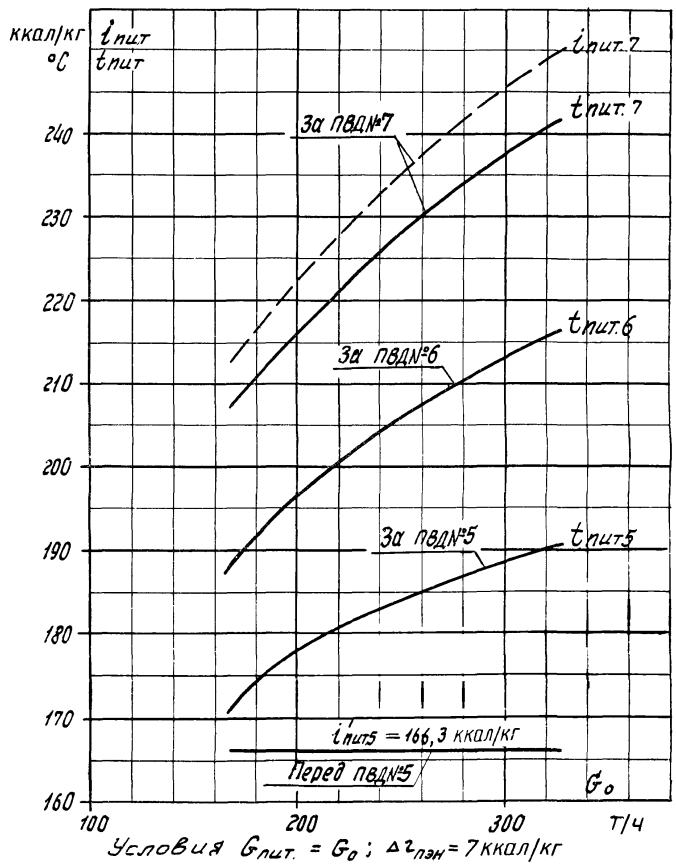
Условия P_0=13МПа(130кгс/см²), t_0=555°С; $G_{пит}=G_0$

Рис.3	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ В I, II и III ОТБОРАХ ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



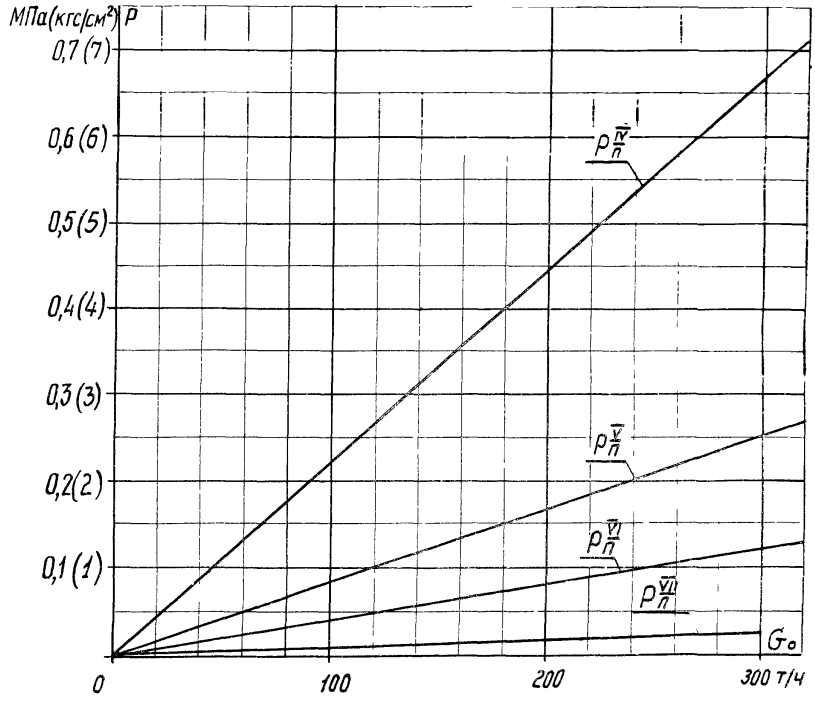
Условия: $P_п$=13МПа(130кгс/см²); t_0=555°С; $G_{пит}=G_0$

Рис.4	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА И ЭНТАЛЬПИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



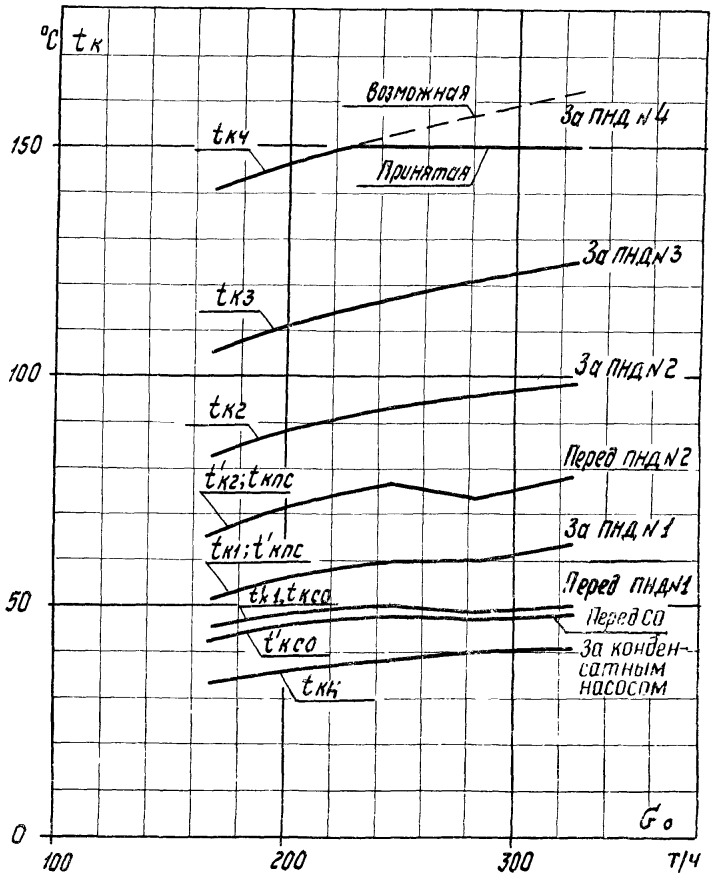
Условия $G_{пит.} = G_o$; $\Delta t_{пэн} = 7$ ккал/кг

Рис.5	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ В IУ, У, УI и УП ОТБОРАХ ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/I00-I30/I3 ЛМЗ



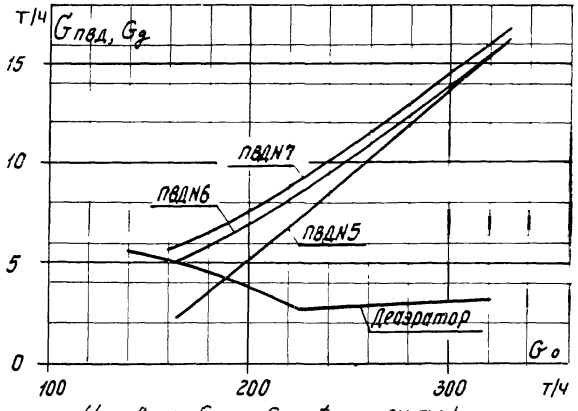
Условия: $P_0 = 13$МПа(130кгс/см²); $t_0 = 555$°С, $G_{пит} = G_0$

Рис.6	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

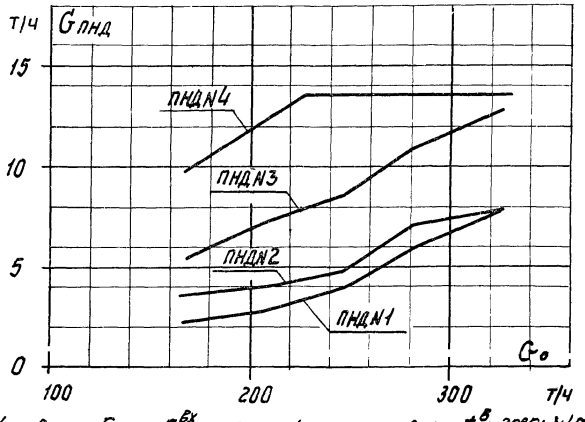


Условия: $G_{пит} = G_о$

Рис.7	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА НА ПОДОГРЕВАТЕЛИ И ДЕАЭРАТОР ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

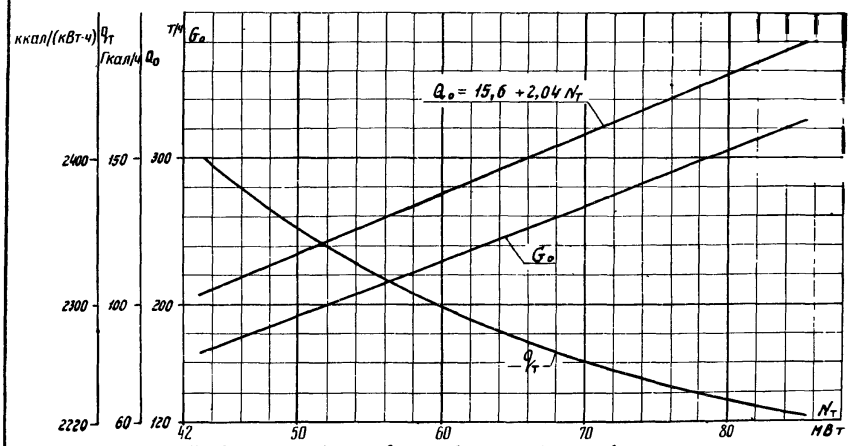


Условия $G_{пит} = G_0$; $t_{пит}$ - см рис.4



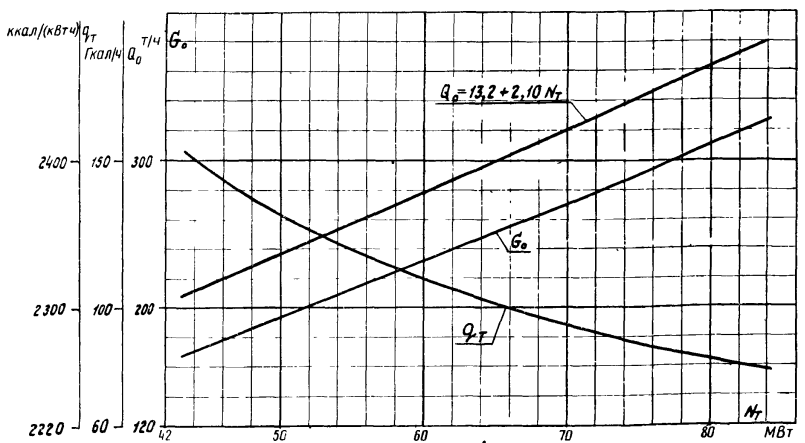
Условия: $G_{к_{3-4}} = G^{вх}_{чсд} + 5$ т/ч; $t_к$ – см. рис.6 ; $t^{в}_{1} \approx 20°C$; $W \cong 8000 м^3/ч$

Рис.8	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД СВЕЖЕГО ПАРА И ТЕПЛОТЫ ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: P_0=13МПа(130кгс/см²); t_0=555°С; P_2=5кПа(0,05кгс/см²); $\Delta i_{ПЗН}$=7ккал/кг

Рис.9	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД СВЕЖЕГО ПАРА И ТЕПЛОТЫ ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



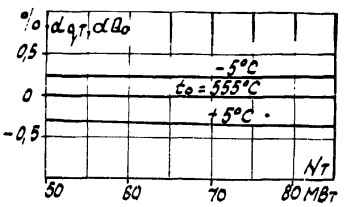
Условия. P_0=13МПа(130кгс/см²); t_0=555°С; $t_1^в$=20°С; W=8000м³/ч; $\Delta i_{ПЗН}$=7ккал/кг

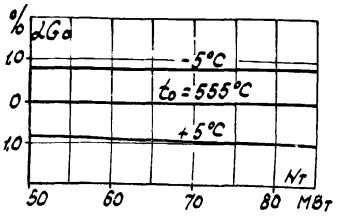
Рис. 10, а, б, в, г	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ (Q_0) И УДЕЛЬНОМУ ($q_т$) РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ И РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА (G_0) ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

а) на отклонение давления свежего пара от номинального на ± 0,5 МПа (5 кгс/см²)

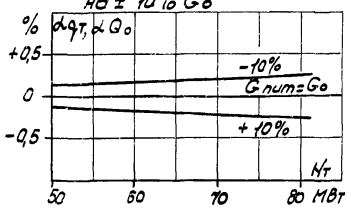
$\Delta q_т = \pm 0{,}05\%$; $\Delta G_0 = \pm 0{,}25\%$

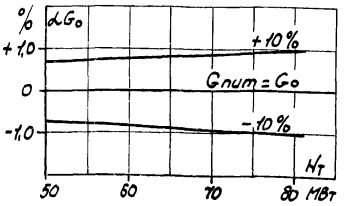
б) на отклонение температуры свежего пара от номинальной на ± 5°С



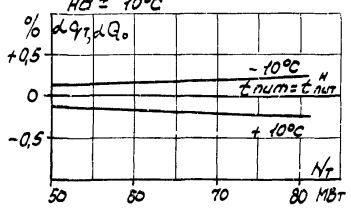


в) на отклонение расхода питательной воды от номинального на ± 10% G_0





г) на отклонение температуры питательной воды от номинальной на ± 10°С



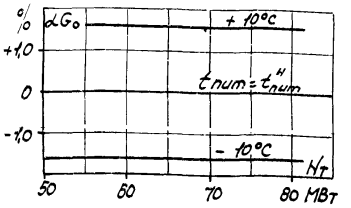
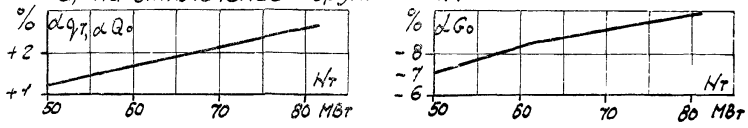
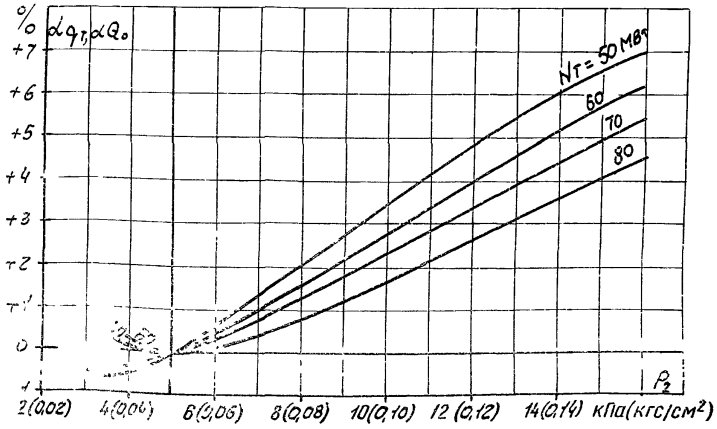


Рис. II, а, б, в	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ (Q_0) И УДЕЛЬНОМУ ($q_т$) РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ И РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА (G_0) ПРИ КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

а) на отключение группы ПВД



б) на отключение давления отработавшего пара от номинального



в) на отключение давления отработавшего пара от номинального

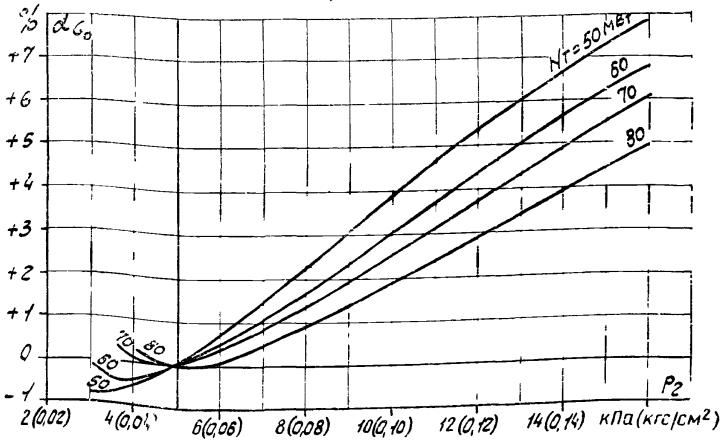
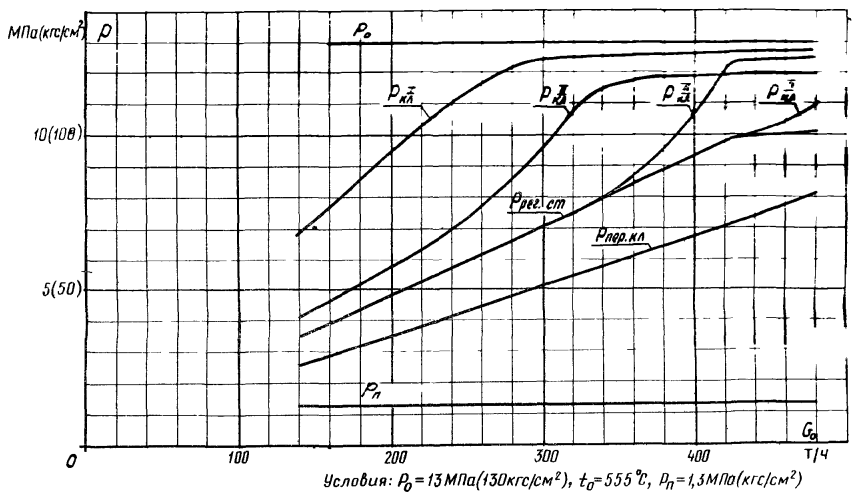
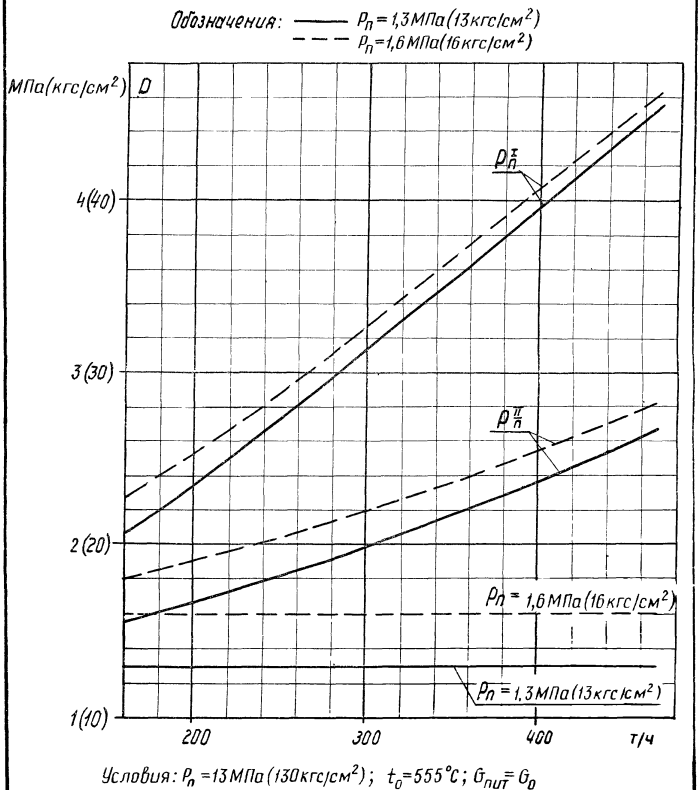


Рис. I2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА ПАРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВД ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/I00-I30/I3 ЛМЗ



Условия: P_0=13МПа(130кгс/см²), t_0=555°С, $P_п$=1,3МПа(кгс/см²)

Рис. I3	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ В I И II ОТБОРАХ ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $P_п$ = 13 МПа (130 кгс/см²); t_0 = 555 °С; $G_{пит} = G_0$

Рис. I4	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА И ЭНТАЛЬПИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/I00-I30/I3 ЛМЗ

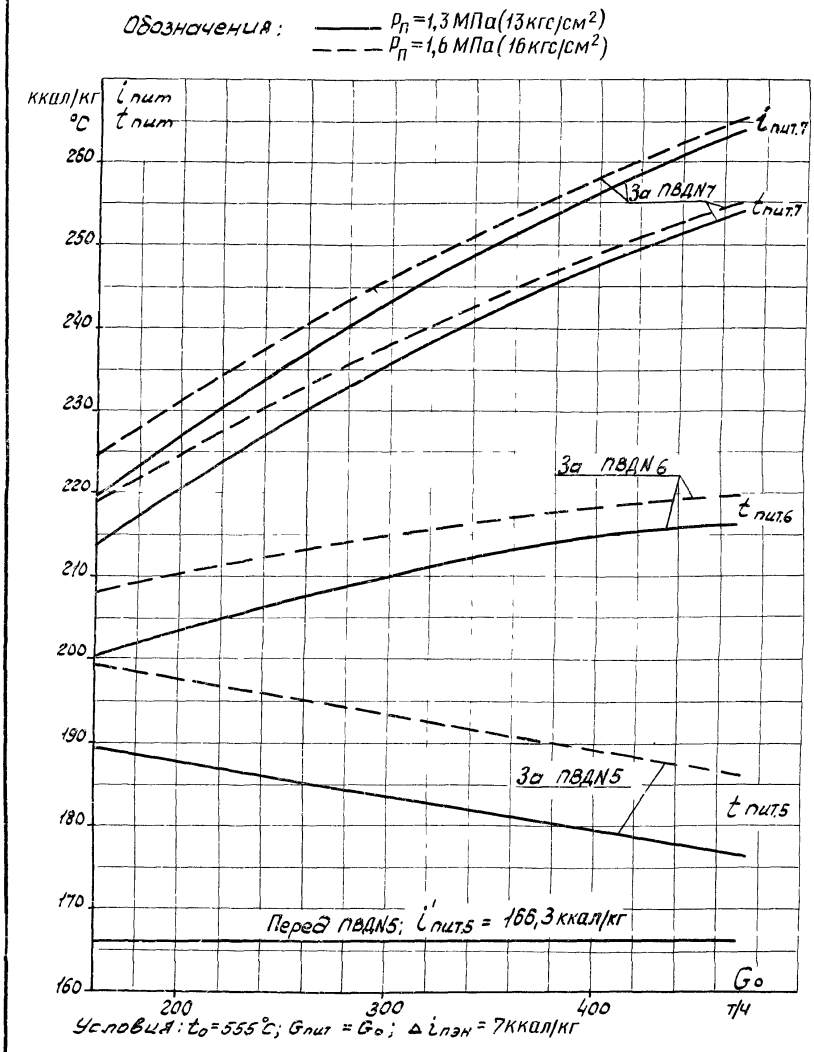
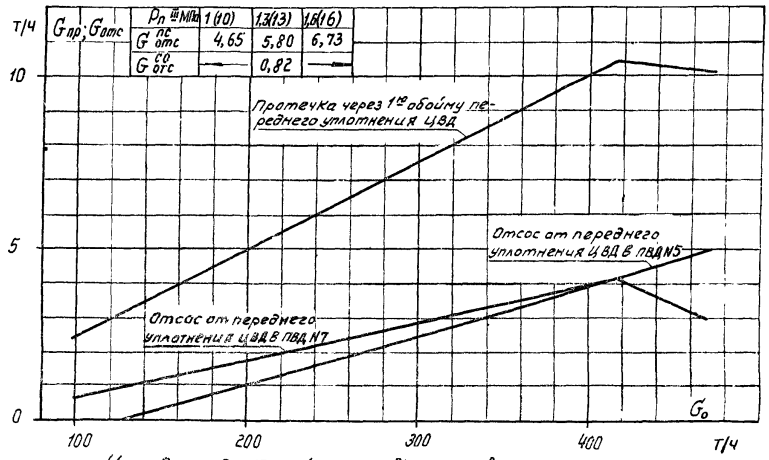
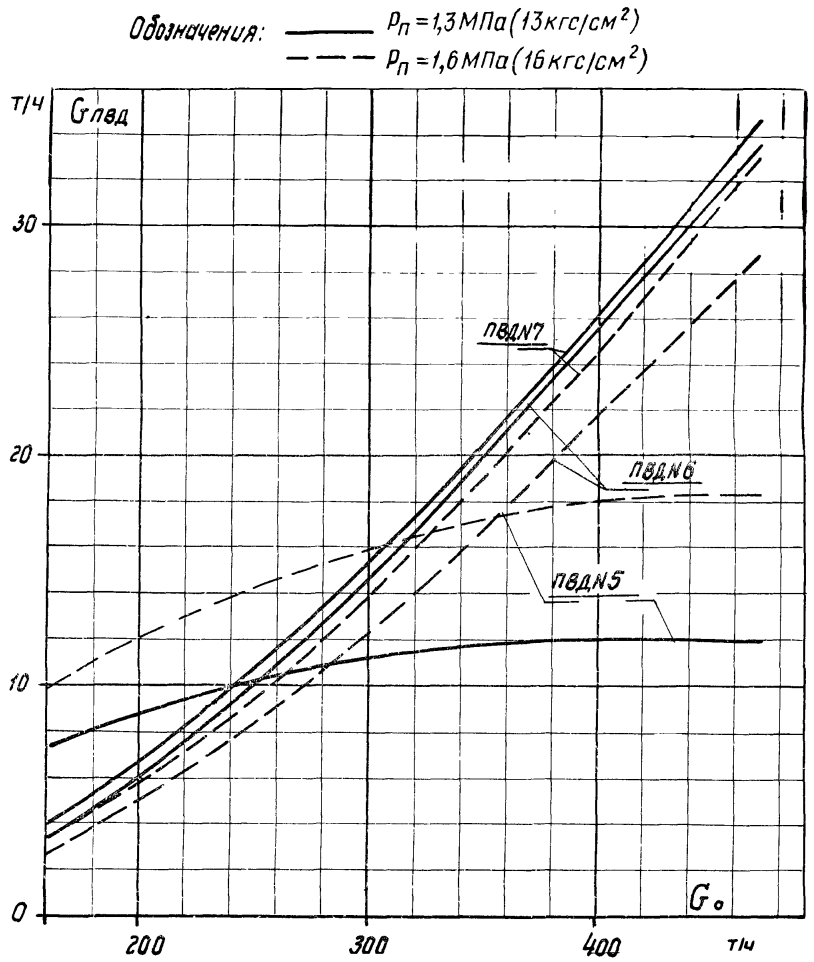


Рис. I5	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПРОТЕЧКИ И ОТСОСЫ ОТ УПЛОТНЕНИЙ ЦВД И ЦНД ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/I00-I30/I3 ЛМЗ



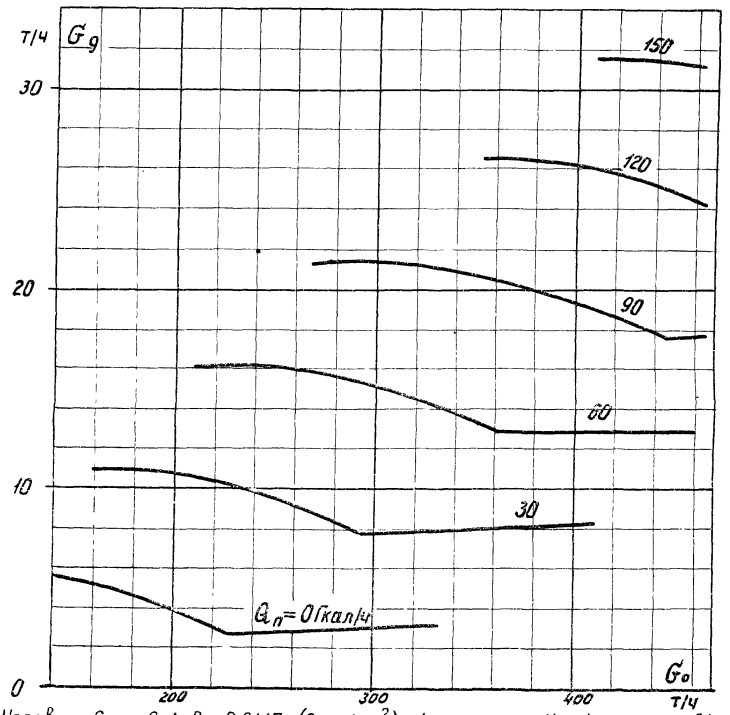
Условия P_0=13МПа(130кгс/см²); t_0=555°С

Рис. 16	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА НА ПОДОГРЕВАТЕЛИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



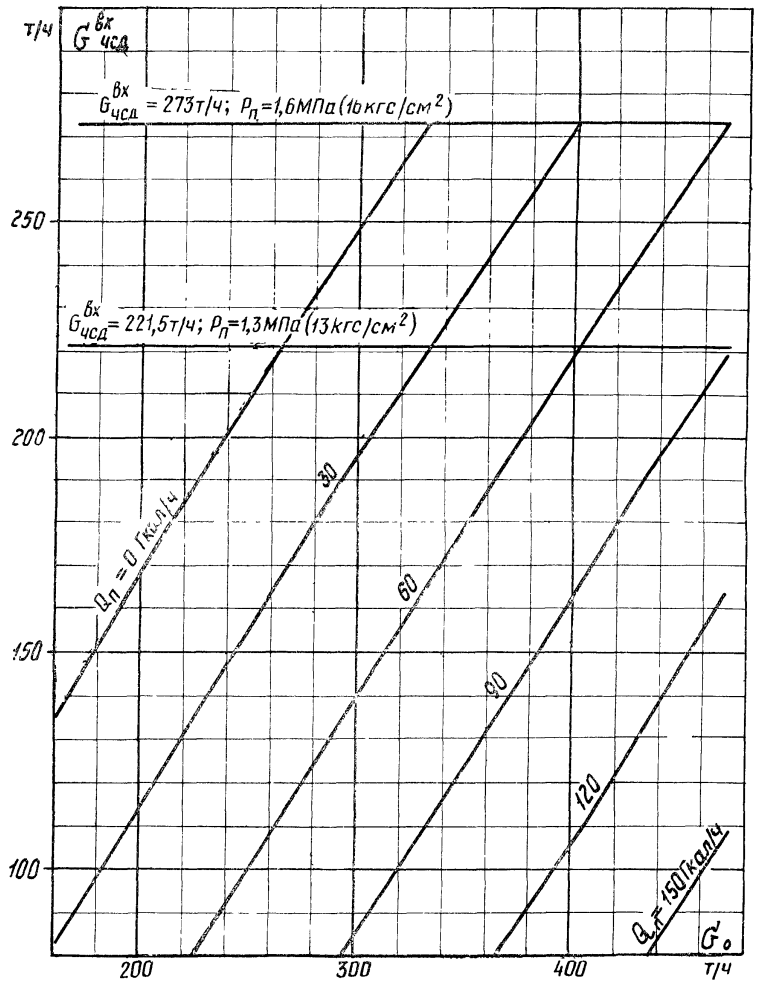
Условия: $t_о$ = 555°С; $G_{пит} = G_о$; $t_{пит}$ - см. рис. 14; $\Delta i_{пэн}$ = 7 ккал/кг

Рис. I7	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА III ОТБОРА НА ДЕАЭРАТОР ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/I00-I30/I3 ЛМЗ



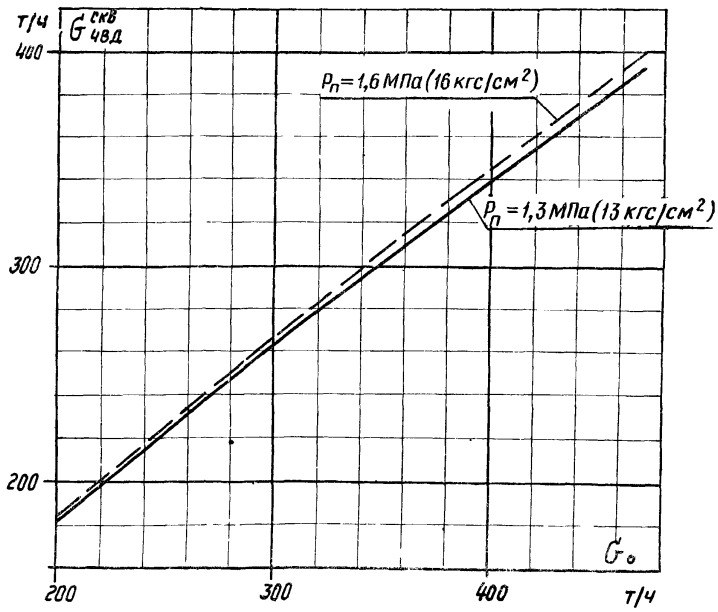
Условия: $G_{пит}=G_o$; P_g=0,6 МПа (6 кгс/см^2); $t_{пит}$ – см. рис. 14, $t_к$ – см. рис. 24

Рис. I8	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА НА ВХОДЕ В ЧСД ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/I00-I30/I3 ЛМЗ



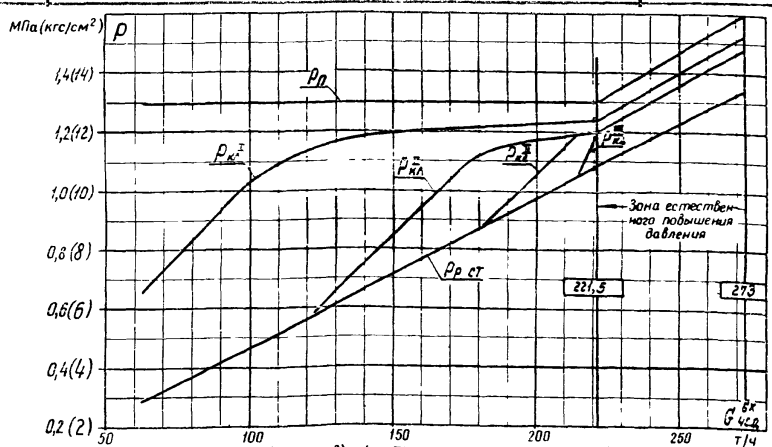
Условия: $G_{пит}=G_0$; $t_{пит}$ - см. рис. 14; $t_{кц}$ - см. рис. 24, 25

Рис. 19	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА ЧЕРЕЗ ПОСЛЕДНЮЮ СТУПЕНЬ ЧВД ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



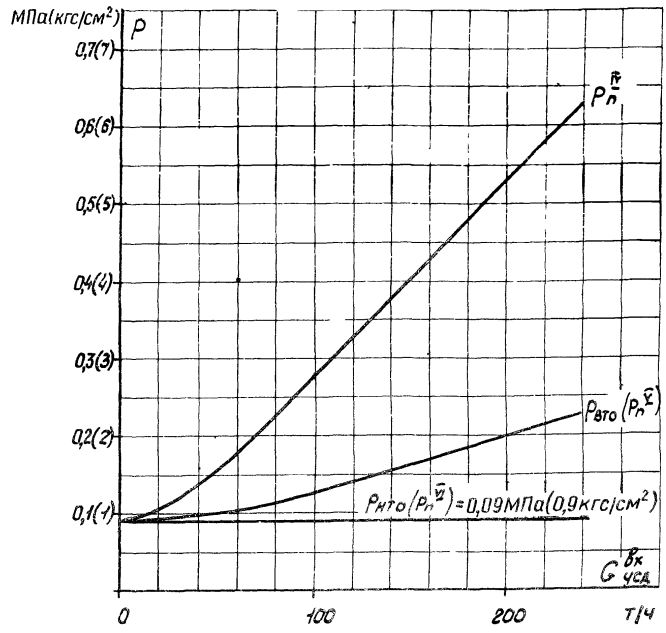
Условия: $G_{пит} = G_0$; $t_{пит}$ – см. рис. 14 ; $P_д$ = 0,6 МПа (6 кгс/см²)

Рис. 20	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА ПАРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦНД ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



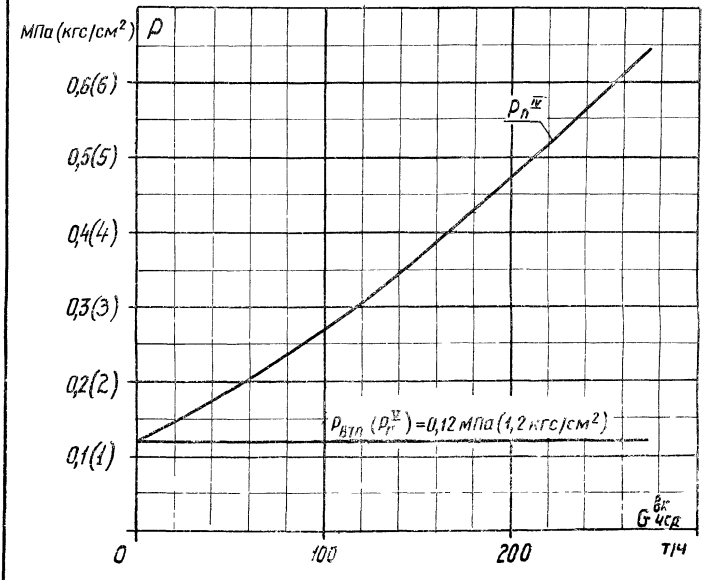
Условия: $P_п$ = 1,3 МПа (13 кгс/см²), $i_п$ = 715 ккал/кг ; $P_{вто}$ = 0,12 МПа (1,2 кгс/см²)

Рис.21	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ В ОТБОРАХ ЧСНД ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $P_п$=1,3МПа(13кгс/см²); $i_п$=715ккал/кг; $t_к$ – см. рис.24

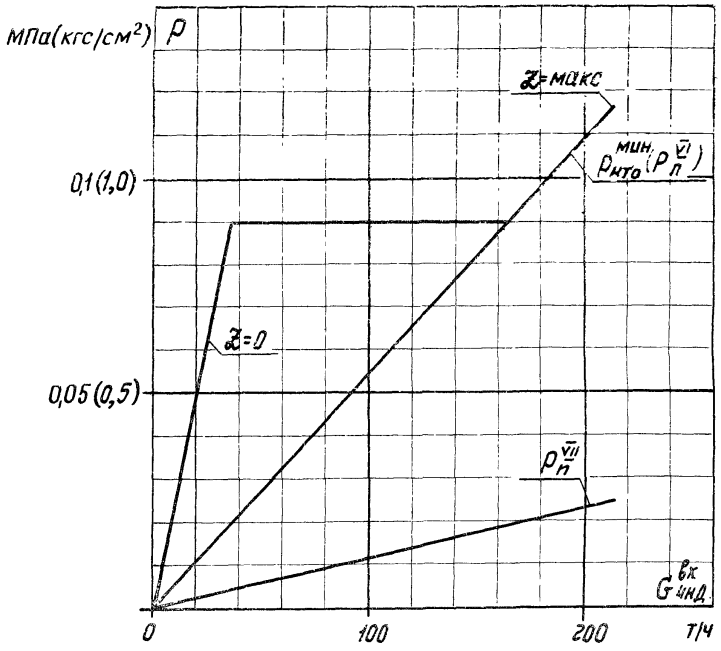
Рис. 22	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ В IУ ОТБОРЕ ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $P_п$ = 1,3 МПа (13 кгс/см²); $i_п$ = 715 ккал/кг; $t_к$ – см. рис 25

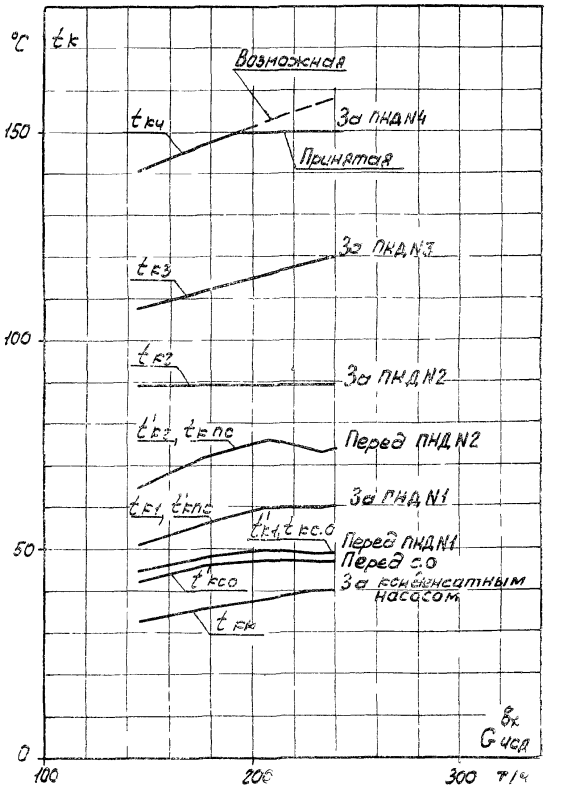
Рис.23	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ В УI И УП ОТБОРАХ ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

$$G^{вх}_{чнд} = 0,88 \cdot G^{вх}_{чсд} - \frac{0,7}{0,5z}$$



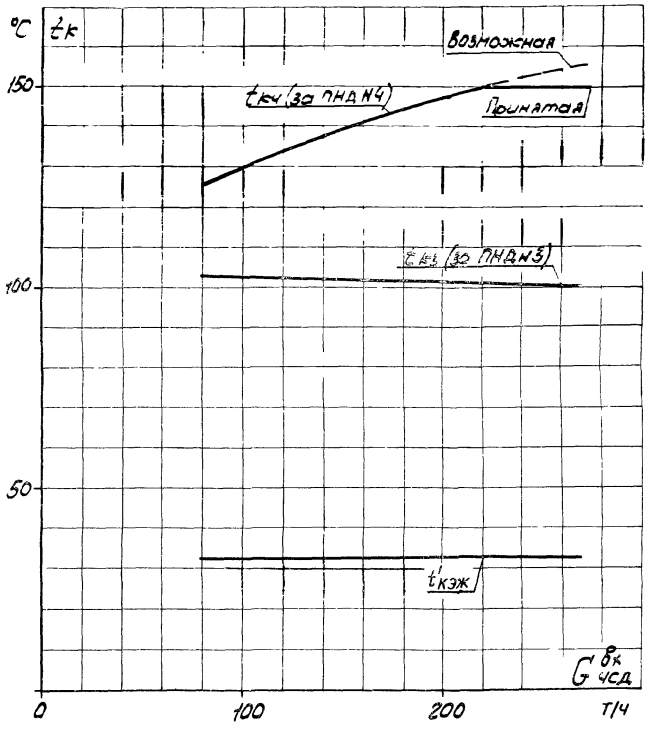
Примечание Z = 0 - регулирующая диафрагма закрыта.
Z = макс - регулирующая диафрагма полностью открыта.

Рис.24	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $P_{нтв}$ = 0,09 МПа (0,9 кгс/см²); $t_в^0$ = 20°С; W = ~ 8000 м³/ч

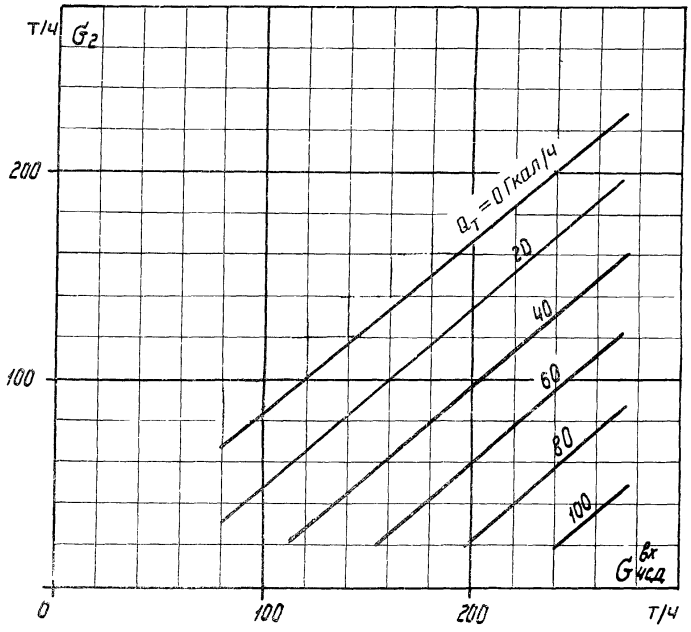
Рис.25	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $P_{вто}$=0,12 МПа(1,2 кгс/см^2); P_2=5 кПа(0,05 кгс/см^2)

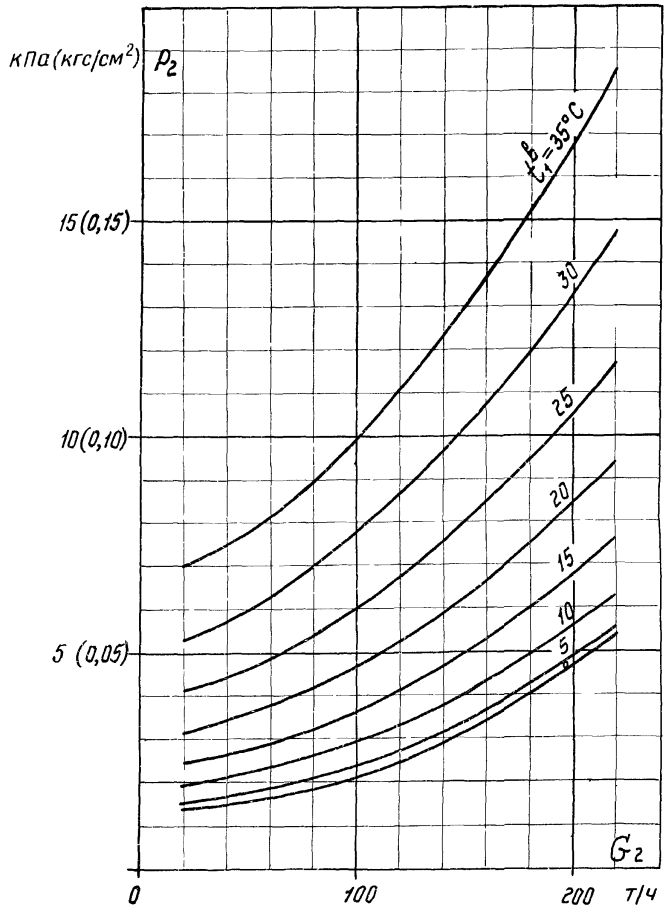
Рис.26	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА В КОНДЕНСАТОР И ЧНД ПРИ ОДНО- И ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

$$G^{вх}_{чнд} = \sim 1{,}02 \cdot G_2$$



Условия: $t_к$ – см. рис. 24, 25

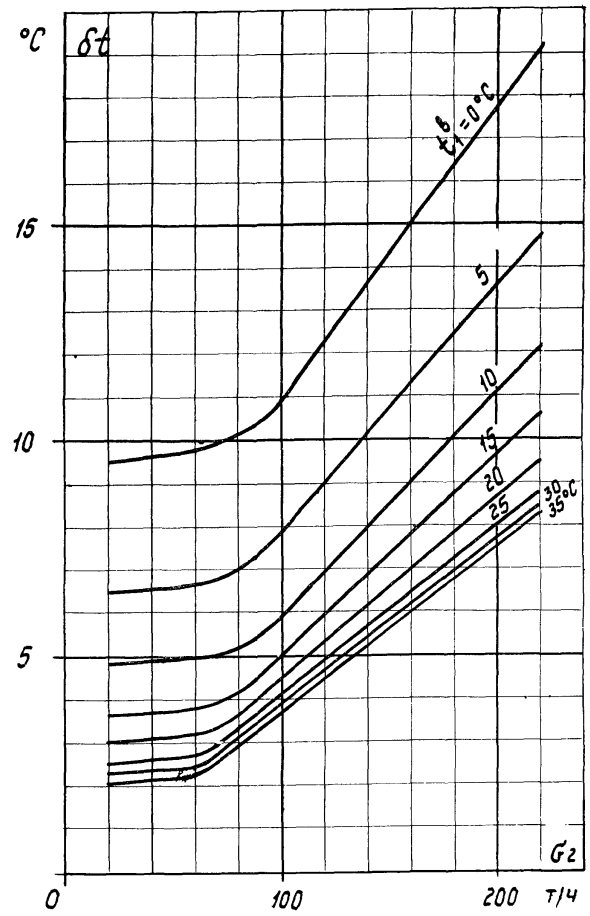
Рис.27	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ В КОНДЕНСАТОРЕ[1]	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $W = 8000 м^3/ч$; $F = 3000 м^2$

[1] Взято из "Нормативной характеристики конденсаторов турбин Т-50-130 ТМЗ, ПТ-6-130/13 и ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1981).

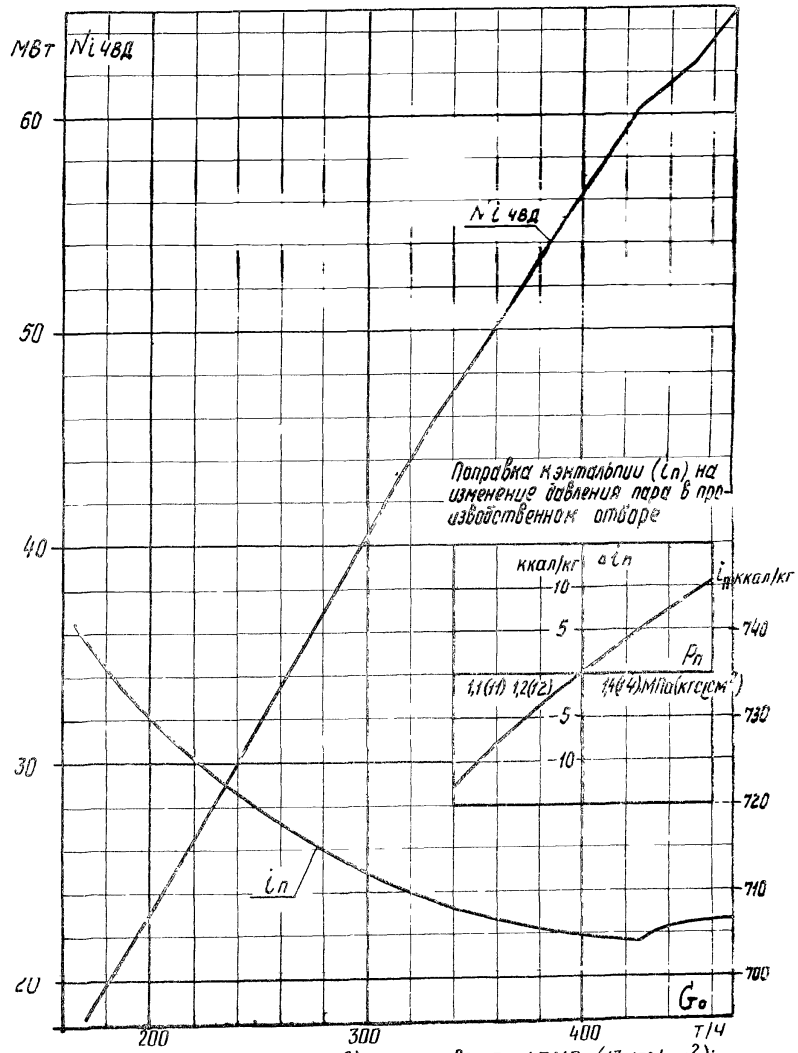
Рис.28	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ НАПОР КОНДЕНСАТОРА[1]	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $W = 8000 м^3/ч$; $F = 3000 м^2$

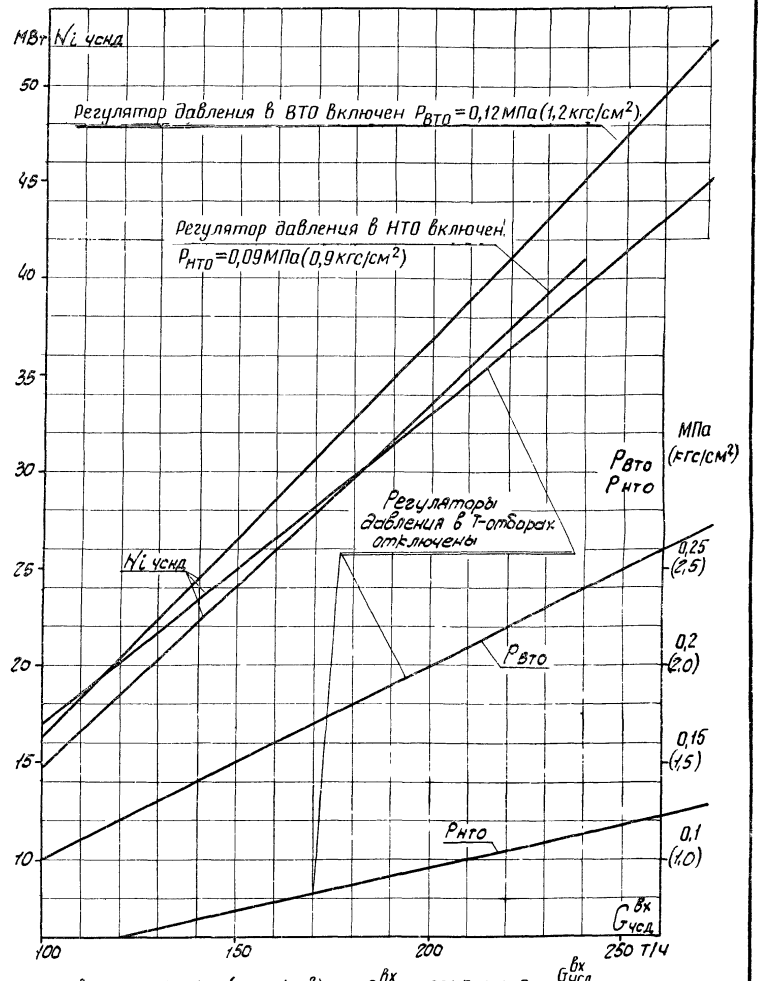
[1] Взято из "Нормативной характеристики конденсаторов турбин Т-50-130 ТМЗ, ПТ-6-130/13 и ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1981).

Рис.29	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ВНУТРЕННЯЯ МОЩНОСТЬ ЧВД И ЭНТАЛЬПИЯ ПАРА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОТБОРА	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



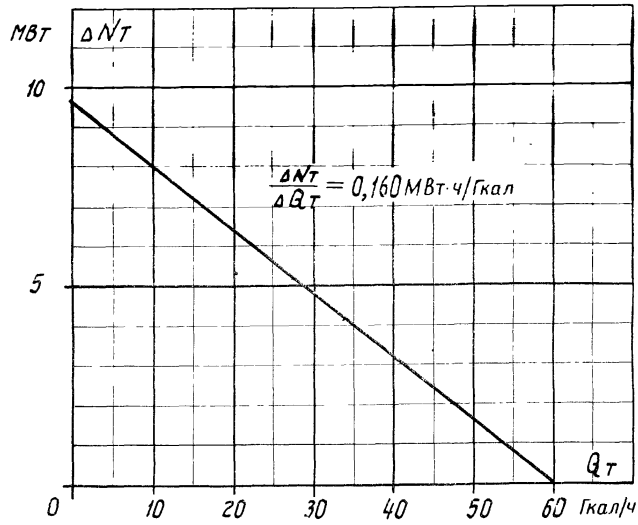
Условия: $P_0 = 1{,}3$ МПа (130 кгс/см^2); $t_0 = 555$ °С; $P_п = 1{,}3$ МПа (13 кгс/см^2);
$G_{пит} = G_0$; $t_{пит}$ – см. рис. 14

Рис. 30	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ВНУТРЕННЯЯ МОЩНОСТЬ ЧСНД И ДАВЛЕНИЕ ПАРА В ВЕРХНЕМ И НИЖНЕМ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ОТБОРАХ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



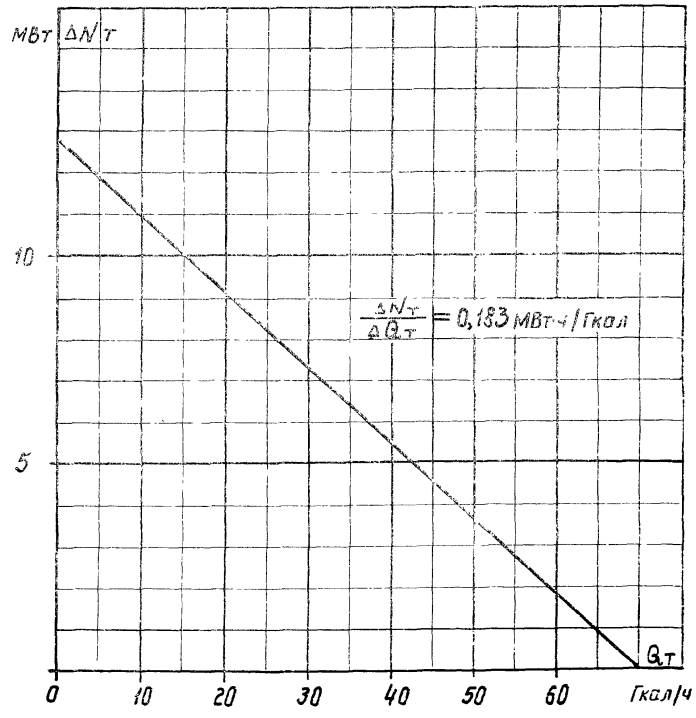
Условия: $P_п$=1,3 МПа (13 кгс/см²) при $G^{вх}_{чсд} \leq 221{,}5$ т/ч; $P_п = \frac{G^{вх}_{чсд}}{17}$ – при $G^{вх}_{чсд} > 221{,}5$ т/ч; $i_п$=715 ккал/кг; P_2=5 кПа (0,05 кгс/см²); $t_к$ – см. рис. 24,25; $\tau_2 = f(P_{ВТО})$ – см. рис 41; $Q_т$=0 Гкал/(кВт·ч)

Рис.31	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА МОЩНОСТЬ ТУРБИНЫ ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



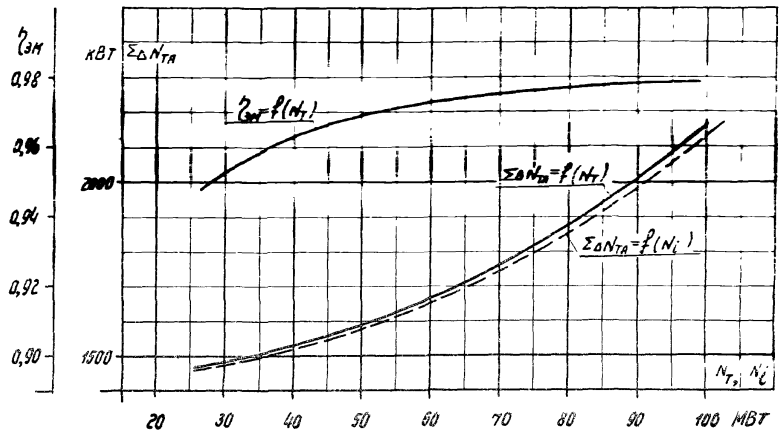
Условия: $P_0 = 13$ МПа (130 кгс/см^2); $t_0 = 555$ °С; $P_{НТО} = 0{,}06$ МПа (0,6 кгс/см^2); $P_2 \cong 4$ кПа (0,04 кгс/см^2)

Рис.32	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА МОЩНОСТЬ ТУРБИНЫ ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



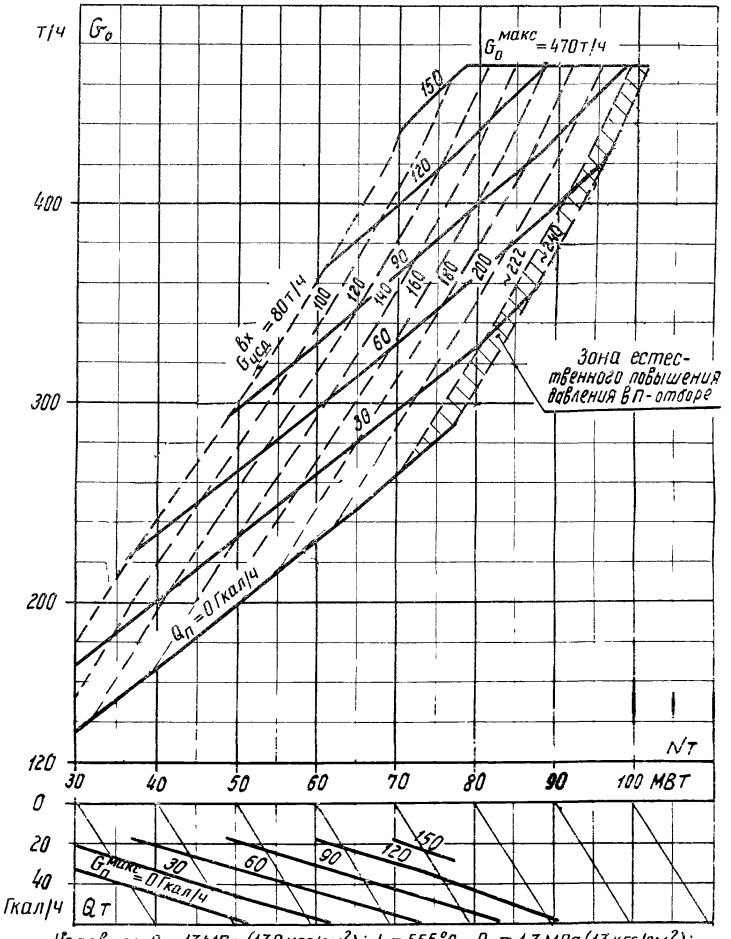
Условия: P_0=13МПа(130кгс/см^2); t_0=555°С; $P_{ВТО}$=0,09÷0,23МПа(0,9÷2,3кгс/см^2);
P_2=3÷6 кПа(0,03÷0,06кгс/см^2)

Рис.33	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА СУММАРНЫЕ ПОТЕРИ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КПД	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия $\cos\varphi = 0,8$; $U = U_{ном}$

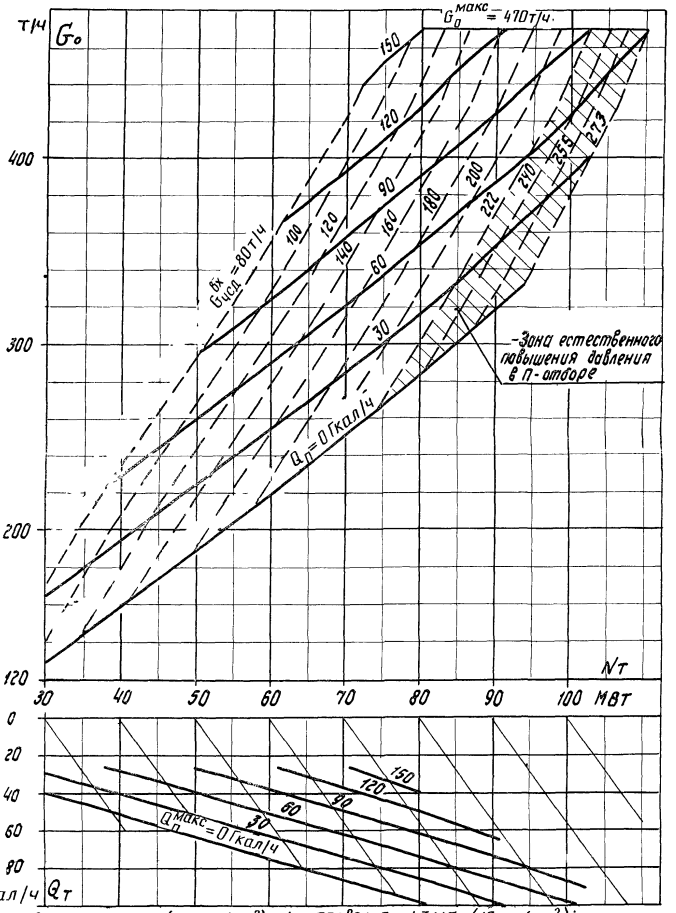
Рис. 34	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА РЕЖИМОВ ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: P_0 = 13 МПа (130 кгс/см²); t_0 = 555 °С, $P_П$ = 1,3 МПа (13 кгс/см²);

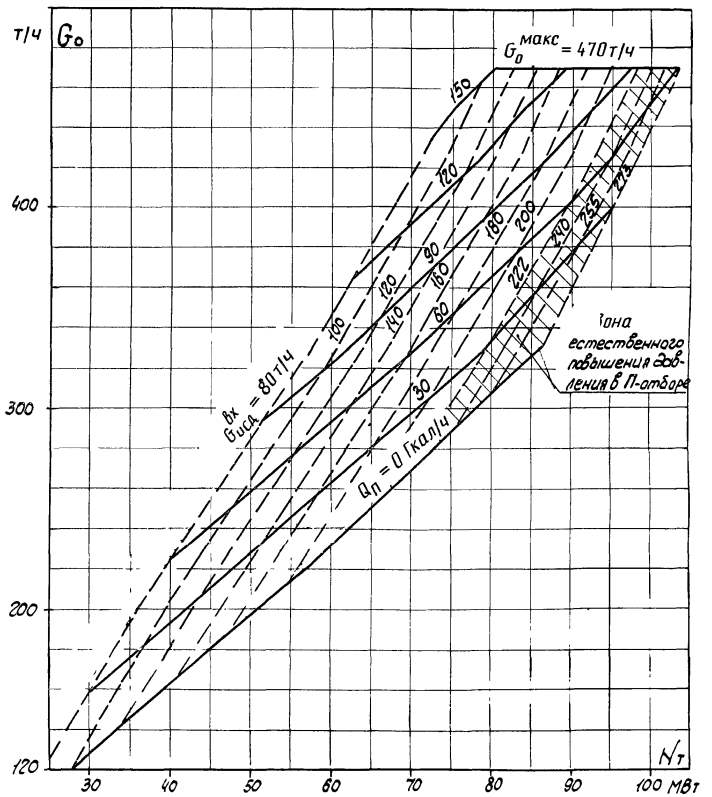
$P_{НТО}$ = 0,09 МПа (0,9 кгс/см²); P_2 = 5 кПа (0,05 кгс/см²); $G_{пит} = G_0$.

Рис.35	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА РЕЖИМОВ ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: $P_0 = 13$ МПа (130 кгс/см^2); $t_0 = 555$ °С; $P_П = 1{,}3$ МПа (13 кгс/см^2);
$P_{ВТО} = 0{,}12$ МПа (1,2 кгс/см^2); $P_2 = 5$ кПа (0,05 кгс/см^2); $G_{пит} = G_0$; $\tau_2 = 52$ °С

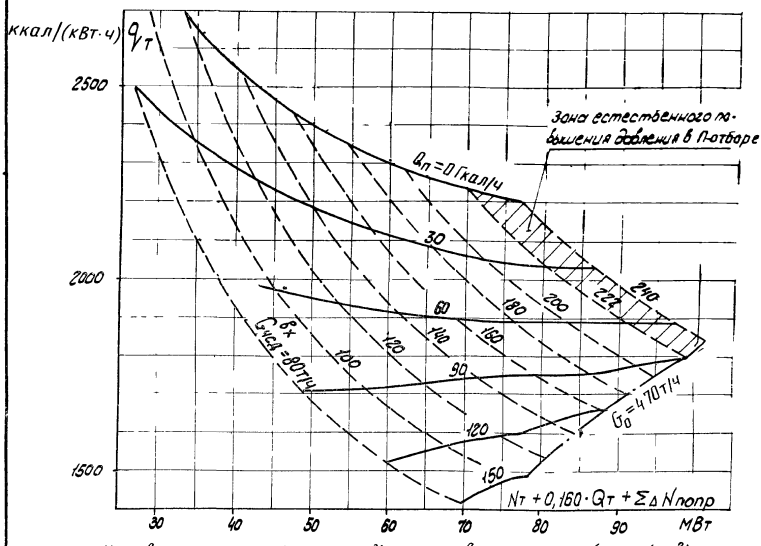
Рис.36	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА РЕЖИМОВ ПРИ РЕЖИМЕ ТОЛЬКО С ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОТБОРОМ	Тип ПТ-80/100-130/13 **ЛМЗ**



Условия: P_0 = 13 МПа (130 кгс/см²); t_0 = 555 °С; $P_П$ = 1,3 МПа (13 кгс/см²);

$P_{вто}$ и $P_{нто} = f(G^{вх}_{чсд})$ – см. рис. 30; P_2 = 5 кПа (0,05 кгс/см²); $G_{пит} = G_0$

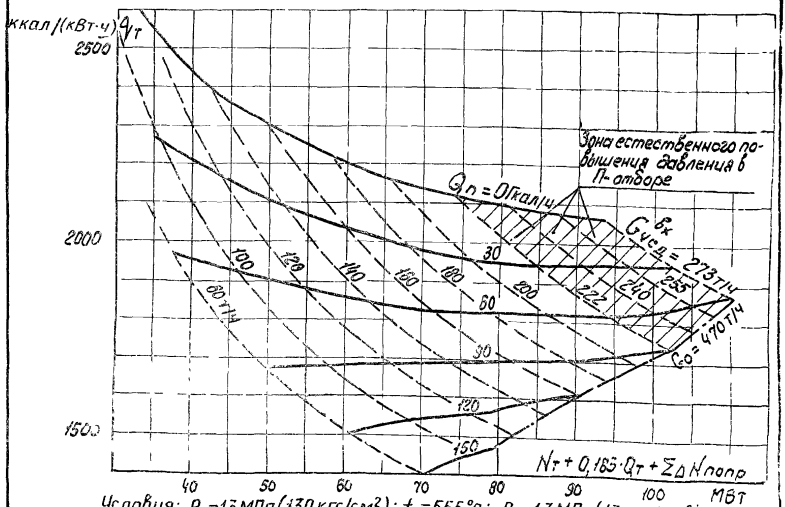
Рис.37	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ТЕПЛОТЫ ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: P_0=13 МПа (130 кгс/см^2); t_0=555 °С; $P_п$=1,3 МПа (13 кгс/см^2);

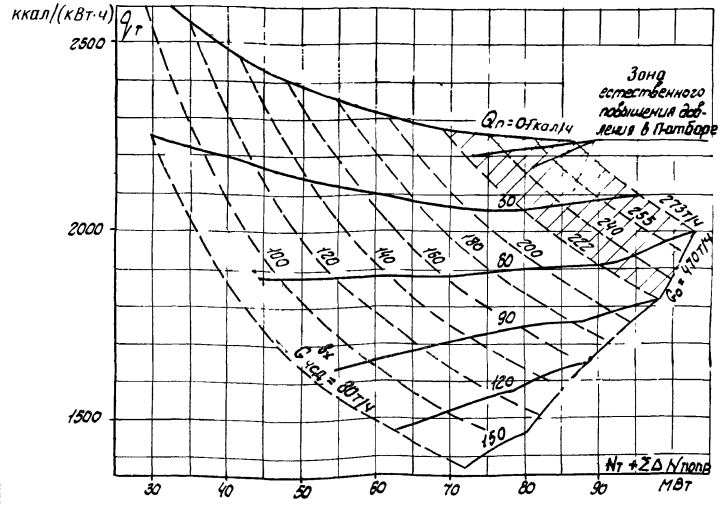
$P_{НТО}$=0,09 МПа (0,9 кгс/см^2); P_2=5 кПа (0,05 кгс/см^2); $G_{ПИТ}=G_0$; $Q_т$=0

Рис.38	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ТЕПЛОТЫ ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: P_0 = 13 МПа (130 кгс/см²); t_0 = 555 °С; $P_п$ = 1,3 МПа (13 кгс/см²);
$P_{ВТО}$ = 0,12 МПа (1,2 кгс/см²); P_2 = 5 кПа (0,05 кгс/см²);
$G_{пит} = G_0$; τ_2 = 52 °С; $Q_т = 0$

Рис. 39	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ТЕПЛОТЫ ПРИ РЕЖИМЕ ТОЛЬКО С ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ОТБОРОМ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



Условия: P_0 = 13 МПа (130 кгс/см²); t_0 = 555 °С; $P_п$ = 1,3 МПа (13 кгс/см²); $P_{ВТО}$ и $P_{НТО} = f(G^{вх}_{ЦСД})$ – см. рис. 30; P_2 = 5 кПа (0,05 кгс/см²); $G_{пит} = G_0$.

Рис.40	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА МИНИМАЛЬНО ВОЗМОЖНОЕ ДАВЛЕНИЕ В НИЖНЕМ ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРЕ ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

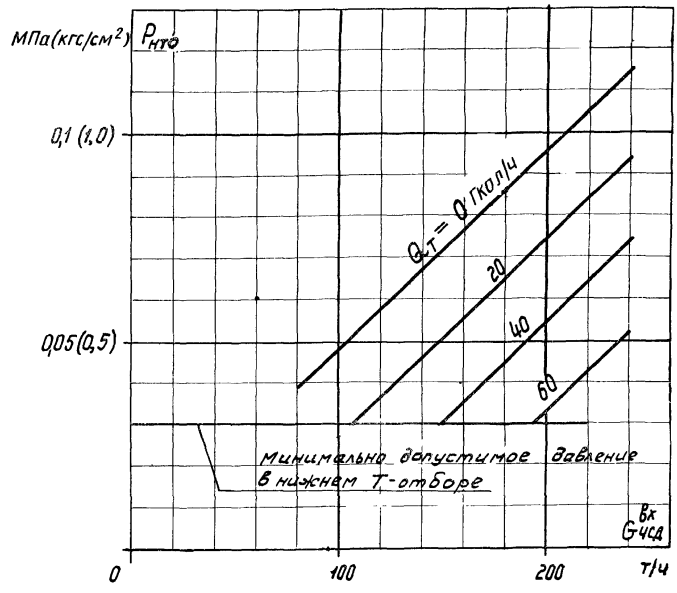
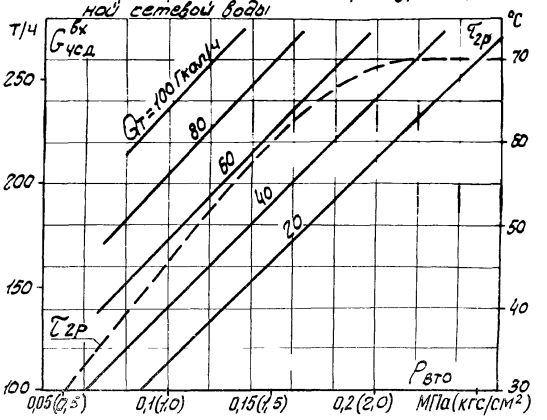


Рис.41, а,б	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДВУХСТУПЕНЧАТЫЙ ПОДОГРЕВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ (ПО ДАННЫМ ПОТ ЛМЗ)	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

а) минимально возможное давление в верхнем Т-отборе и расчетная температура обратной сетевой воды



б) поправка на температуру обратной сетевой воды

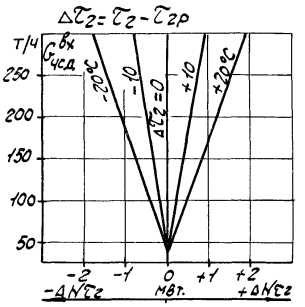


Рис.42	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКА К МОЩНОСТИ НА ОТКЛОНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В НИЖНЕМ ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРЕ ОТ НОМИНАЛЬНОГО ПРИ ОДНОСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ (ПО ДАННЫМ ПОТ ЛМЗ)	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

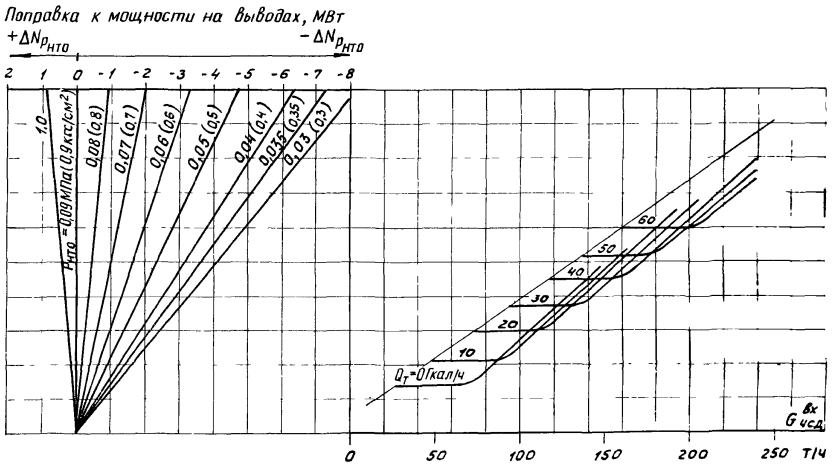


Рис.43	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКА К МОЩНОСТИ НА ОТКЛОНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ВЕРХНЕМ ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРЕ ОТ НОМИНАЛЬНОГО ПРИ ДВУХСТУПЕНЧАТОМ ПОДОГРЕВЕ СЕТЕВОЙ ВОДЫ (ПО ДАННЫМ ПОТ ЛМЗ)	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

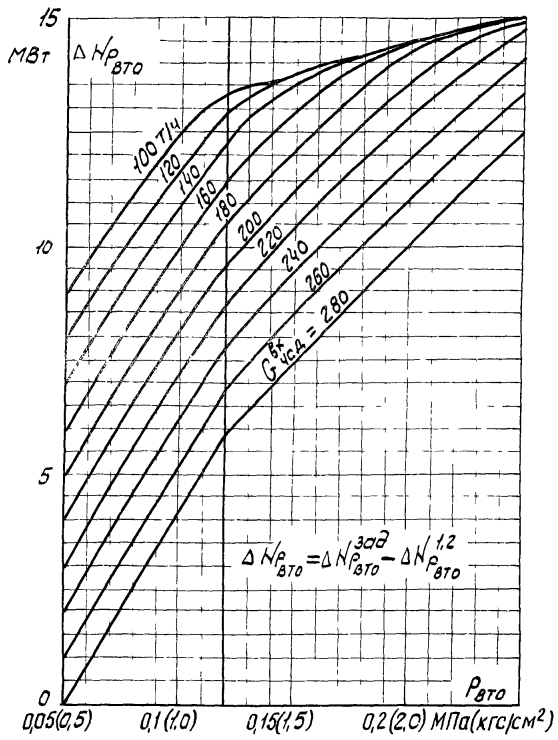


Рис. 44	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКА НА ДАВЛЕНИЕ ОТРАБОТАВШЕГО ПАРА (ПО ДАННЫМ ПОТ ЛМЗ)	ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

$$G^{вх}_{чнд.} = 0{,}88G^{вх}_{чсд} - \frac{Q_т}{0{,}52};$$

$$\Delta N_{P_2} = \Delta N_{P_2}{}^{зад} - \Delta N_{P_2}{}^{0{,}05}$$

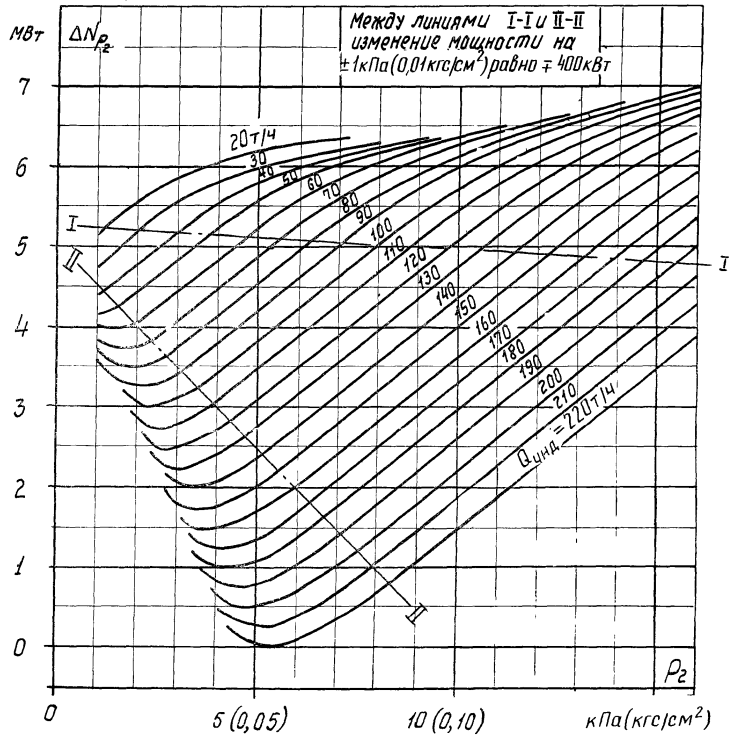
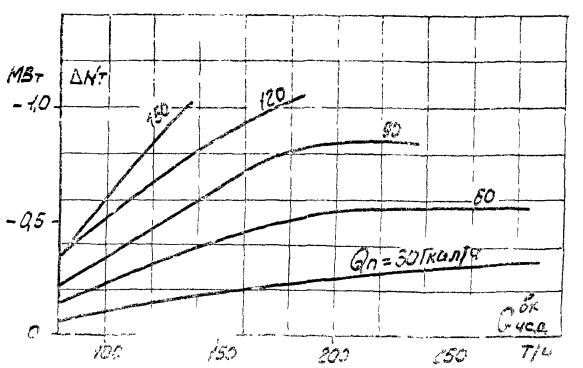


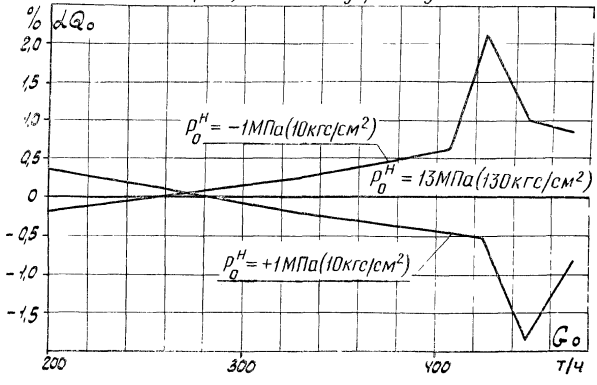
Рис.45	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКА К МОЩНОСТИ ТУРБИНЫ НА ПЕРЕНОС ТОЧКИ ВОЗВРАТА КОНДЕНСАТА ПРОИЗВОДСТ- ВЕННОГО ОТБОРА ЗА ПНД № 2	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ



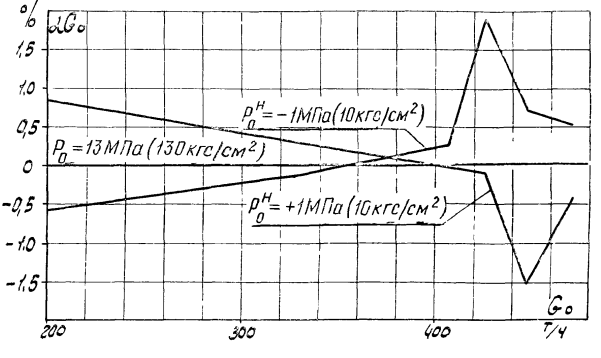
Условия: Возврат конденсата 100% при 100°С

Рис.46	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ РАСХОДУ ТЕПЛОТЫ (Q_0) И РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА (G_0) ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ[1]	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

На отклонение давления свежего пара от номинального на ±1МПа(10кгс/см²): к полному расходу теплоты



к расходу свежего пара

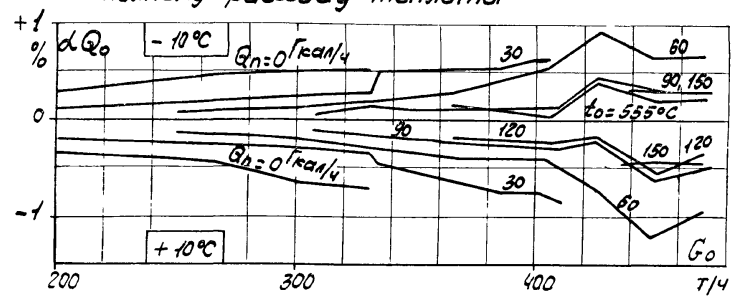


На основании данных ПОТ ЛМЗ.

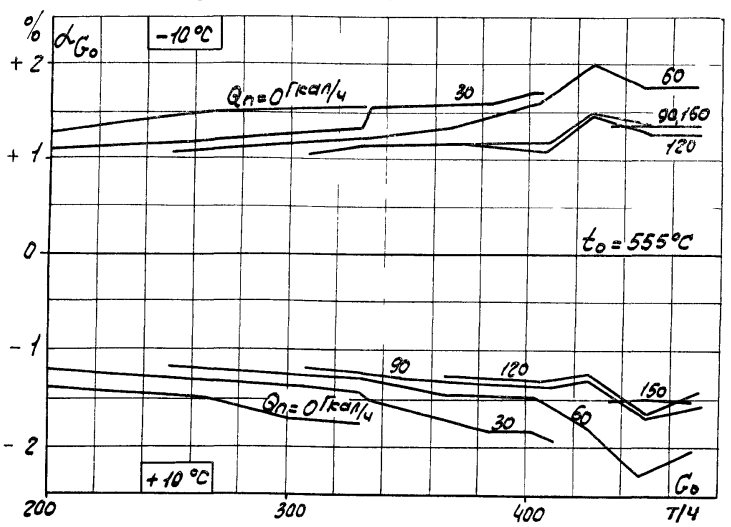
Рис.47	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ РАСХОДУ ТЕПЛОТЫ (Q_0) И РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА (G_0) ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ[1]	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

На отклонение температуры свежего пара от номинальной на ± 10°С:

к полному расходу теплоты



к расходу свежего пара

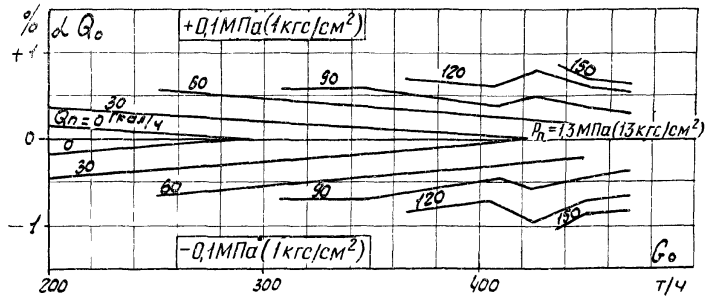


[1] На основании данных ПОТ ЛМЗ.

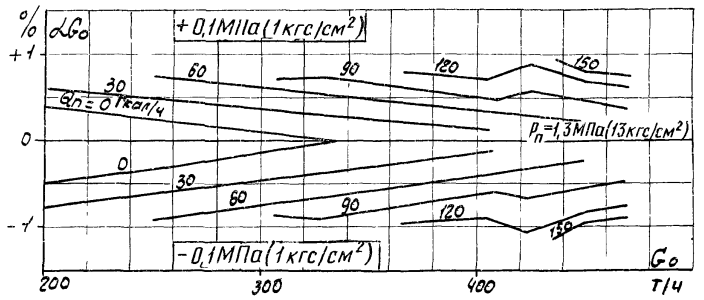
Рис.48	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ РАСХОДУ ТЕПЛОТЫ (Q_0) И РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА (G_0) ПРИ РЕЖИМАХ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ [1]	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

На отклонение давления в П-отборе от номинального на ± 0,1МПа (1кгс/см²):

к полному расходу теплоты



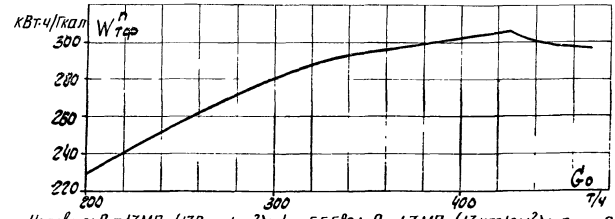
к расходу свежего пара



[1] На основании данных ПОТ ЛМЗ.

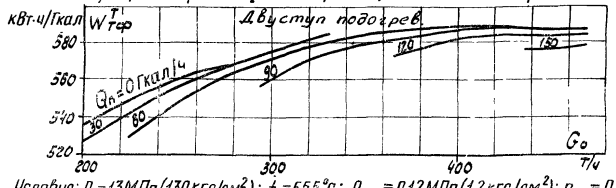
Рис. 49 а, б, в	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА УДЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫЕ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	Тип ПТ-80/100-130/13 ЛМЗ

а) паром производственного отбора



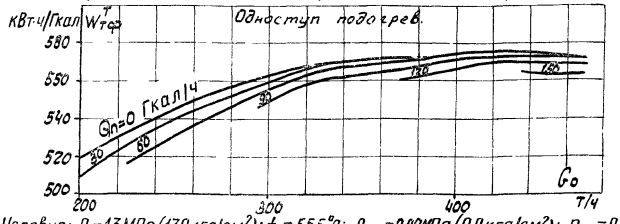
Условия: P_0=13МПа(130кгс/см²); t_0=555°С; $P_п$=1,3МПа(13кгс/см²); $\eta_{эм}$=0,975

б) паром верхнего теплофикационного отбора.



Условия: P_0=13МПа(130кгс/см²); t_0=555°С; $P_{ВТО}$=0,12МПа(1,2кгс/см²); $\eta_{эм}$=0,975.

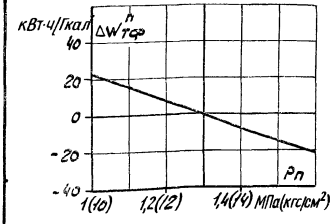
б) паром нижнего теплофикационного отбора



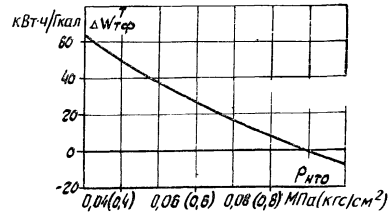
Условия: P_0=13МПа(130кгс/см²); t_0=555°С; $P_{НТО}$=0,09МПа(0,9кгс/см²); $\eta_{эм}$=0,975

Рис. 50 а, б, в	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К УДЕЛЬНЫМ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫМ ВЫРАБОТКАМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ДАВЛЕНИЕ В РЕГУЛИРУЕМЫХ ОТБОРАХ	[illegible] ПТ-80 100-130 13 ЛМЗ

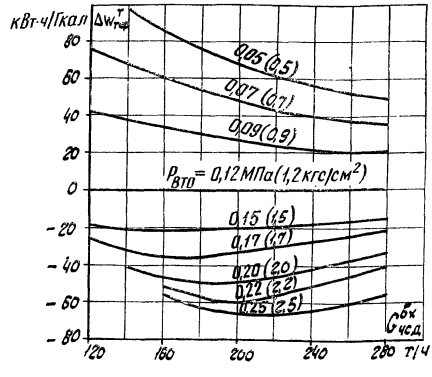
а) на давление в производственном отборе



б) на давление в нижнем теплофикационном отборе



в) на давление в верхнем теплофикационном отборе



Приложение

I. УСЛОВИЯ СОСТАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Типовая энергетическая характеристика составлена на основании отчетов о тепловых испытаниях двух турбоагрегатов: на Кишиневской ТЭЦ-2 (работа выполнена Южтехэнерго) и на ТЭЦ-21 Мосэнерго (работа выполнена МПП ПО "Союзтехэнерго"). Характеристика отражает среднюю экономичность турбоагрегата, прошедшего капитальный ремонт и работающего по тепловой схеме, представленной на рис.I; при следующих параметрах и условиях, принятых за номинальные:

- давление и температура свежего пара перед стопорным клапаном турбины - I3 МПа (I30 кгс/см^2)* и 555°С;

- давление в регулируемом производственном отборе - I,3 МПа (I3 кгс/см^2) с естественным повышением при расходах на входе в ЧСД более 221,5 т/ч;

- давление в верхнем теплофикационном отборе - 0,I2 МПа (I,2 кгс/см^2) при двухступенчатой схеме подогрева сетевой воды;

- давление в нижнем теплофикационном отборе - 0,09 МПа (0,9 кгс/см^2) при одноступенчатой схеме подогрева сетевой воды;

- давление в регулируемом производственном отборе, верхнем и нижнем теплофикационных отборах при конденсационном режиме с отключенными регуляторами давления - рис.3 и 5;

- давление отработавшего пара:

а) для характеристики конденсационного режима и работы с отборами при одноступенчатом и двухступенчатом подогреве сетевой воды при постоянном давлении - 5 кПа (0,05 кгс/см^2);

б) для характеристики конденсационного режима при постоянном расходе и температуре охлаждающей воды - в соответствии с тепловой характеристикой конденсатора при t_1^0 = 20°С и W = 8000 м^3/ч;

- система регенерации высокого и низкого давления включена полностью, деаэратор 0,6 МПа (6 кгс/см^2) питается паром производственного отбора;

- расход питательной воды равен расходу свежего пара, возврат I00% конденсата производственного отбора при t = I00°С осуществлен в деаэратор 0,6 МПа (6 кгс/см^2);

- температура питательной воды и основного конденсата за подогревателями соответствует зависимостям, приведенным на рис.4,6,I4,24,25;

- прирост энтальпии питательной воды в питательном насосе - 7 ккал/кг;

- электромеханический КПД турбоагрегата принят по данным испытания однотипного турбоагрегата, проведенного Донтехэнерго;

- пределы регулирования давления в отборах:

а) производственном - I,3±0,3 МПа (I3±3 кгс/см^2);

б) верхнем теплофикационном при двухступенчатой схеме подогрева сетевой воды - 0,05-0,25 МПа (0,5 - 2,5 кгс/см^2);

*В тексте и на графиках - абсолютное давление.

в) нижнем теплофикационном при одноступенчатой схеме подогрева сетевой воды - 0,03-0,10 МПа (0,3-1,0 кгс/см^2).

Нагрев сетевой воды в теплофикационной установке при двухступенчатой схеме подогрева сетевой воды, определяемый заводскими расчетными зависимостями $\tau_{2p} = f(P_{вто})$ и $\tau_1 = f(Q_т, P_{вто})$, составляет 44-48°С для максимальных теплофикационных нагрузок при давлениях $P_{вто} = 0{,}07 \div 0{,}20$ МПа (0,7÷2,0 кгс/см^2).

Положенные в основу настоящей Типовой энергетической характеристики данные испытания обработаны с использованием "Таблиц теплофизических свойств воды и водяного пара" (М.: Издательство стандартов, 1969). По условиям ПОТ ЛМЗ - возвращаемый конденсат производственного отбора вводится при температуре 100°С в линию основного конденсата после ПНД № 2. При составлении Типовой энергетической характеристики принято, что он вводится при той же температуре непосредственно в деаэратор 0,6 МПа (6 кгс/см^2). По условиям ПОТ ЛМЗ при двухступенчатом подогреве сетевой воды и режимах с расходом пара на входе в ЧСД более 240 т/ч (максимальная электрическая нагрузка при малом производственном отборе) ПНД № 4 полностью отключается. При составлении Типовой энергетической характеристики принято, что при расходе на входе в ЧСД свыше 190 т/ч часть конденсата направляется в обвод ПНД № 4 с таким расчетом, чтобы температура его перед деаэратором не превышала 150°С. Это требуется для обеспечения хорошей деаэрации конденсата.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ТУРБОУСТАНОВКИ

В состав турбоагрегата наряду с турбиной входит следующее оборудование:

- генератор ТВФ-120-2 завода "Электросила" с водородным охлаждением;
- двухходовой конденсатор 80 КЦС-1 общей поверхностью 3000 м^2, из них 765 м^2 приходится на долю встроенного пучка;
- четыре подогревателя низкого давления: ПНД № 1, встроенный в конденсатор, ПНД № 2 - ПН-130-16-9-II, ПНД № 3 и 4 - ПН-200-16-7-I;
- один деаэратор 0,6 МПа (6 кгс/см^2);
- три подогревателя высокого давления: ПВД № 5 - ПВ-425-230-23-I, ПВД № 6 - ПВ-425-230-35-I, ПВД № 7 - ПВ-500-230-50;
- два циркуляционных насоса 24НДН подачей 5000 м^3/ч и давлением 26 м вод.ст. с электродвигателями по 500 кВт каждый;
- три конденсатных насоса КН 80/155 с приводом от электродвигателей мощностью 75 кВт каждый (количество находящихся в работе насосов зависит от расхода пара в конденсатор);
- два основных трехступенчатых эжектора ЭП-3-701 и один пусковой ЭП1-1100-1 (постоянно в работе один основной эжектор);
- два подогревателя сетевой воды (верхний и нижний) ПСГ-1300-3-8-10 поверхностью 1300 м^2 каждый, рассчитан-

ные на пропуск 2300 м³/ч сетевой воды;

- четыре конденсатных насоса подогревателей сетевой воды КН-КС 80/155 с приводом от электродвигателей мощностью 75 кВт каждый (по два насоса у каждого ПСГ);

- один сетевой насос I подъема СЭ-5000-70-6 с электродвигателем 500 кВт;

- один сетевой насос II подъема СЭ-5000-160 с электродвигателем 1600 кВт.

3. КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

При конденсационном режиме с отключенными регуляторами давления полный расход теплоты брутто и расход свежего пара в зависимости от мощности на выводах генератора выражается уравнениями:

- при постоянном давлении в конденсаторе

$$p_2 = 5 \text{ кПа } (0{,}05 \text{ кгс/см}^2);$$

$$Q_0 = 15{,}6 + 2{,}04 N_T \ ;$$

$$G_0 = 6{,}6 + 3{,}72 N_T + 0{,}11 \ (N_T - 69{,}2);$$

- при постоянном расходе ($W = 8000$ м³/ч) и температуре ($t_1^0 = 20^\circ$C) охлаждающей воды

$$Q_0 = 13{,}2 + 2{,}10 N_T \ ;$$

$$G_0 = 3{,}6 + 3{,}80 N_T + 0{,}15 \ (N_T - 68{,}4).$$

Приведенные уравнения действительны в пределах изменения мощности от 40 до 80 МВт.

Расходы теплоты и свежего пара при конденсационном режиме для заданной мощности определяются по приведенным зависимостям с последующим введением необходимых поправок по соответствующим графикам. Эти поправки учитывают отличие эксплуатационных условий от номинальных (для которых составлена Типовая характеристика) и служат для пересчета данных характеристики на эксплуатационные условия. При обратном пересчете знаки поправок меняются на обратные.

Поправки корректируют расходы теплоты и свежего пара при неизменной мощности. При отклонении нескольких параметров от номинальных значений поправки алгебраически суммируются.

4. РЕЖИМ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ

При включенных регулируемых отборах турбоагрегат может работать при одноступенчатой и двухступенчатой схемах подогрева сетевой воды. Возможна также работа без теплофикационного отбора с одним производственным. Соответствующие типовые диаграммы режимов по расходу пара и зависимости удельного расхода теплоты от мощности и производственного отбора даны на рис.34-39, а удельные выработки электроэнергии на тепловом потреблении на рис.49-50.

Диаграммы режимов рассчитаны по схеме, применяемой ПОТ ЛМЗ, и изображены на двух полях. Верхнее поле является диаграммой режимов (Гкал/ч) турбины с одним производственным отбором при $Q_T = 0$.

При включении теплофикационной нагрузки и прочих неизменных условиях происходит разгрузка либо только

28-30-й ступеней (при включенном одном нижнем сетевом подогревателе), либо 26-30-й ступеней (при включенных двух сетевых подогревателях) и снижение мощности турбины.

Значение снижения мощности зависит от теплофикационной нагрузки и определяется

$$\Delta N_{Q_T} = K Q_T ,$$

где K – определенное при испытаниях удельное изменение мощности турбины $\frac{\Delta N_T}{\Delta Q_T}$, равное 0,160 МВт/(Гкал·ч) при одноступенчатом подогреве, и 0,183 МВт/(Гкал·ч) при двухступенчатом подогреве сетевой воды (рис.31 и 32).

Отсюда следует, что расход свежего пара при заданной мощности N_T и двух (производственном и теплофикационном) отборах будет по верхнему полю соответствовать некоторой фиктивной мощности N_T^{Φ} и одному производственному отбору

$$N_T^{\Phi} = N_T + \Delta N_{Q_T} .$$

Наклонные прямые нижнего поля диаграммы позволяют определить графически по заданной мощности турбины и теплофикационной нагрузке значение N_T^{Φ}, а по нему и производственному отбору расход свежего пара.

Значения удельных расходов теплоты и удельных выработок электроэнергии на тепловом потреблении подсчитаны по данным, взятым из расчета диаграмм режимов.

В основе графиков зависимости удельного расхода теплоты от мощности и производственного отбора лежат те же соображения, что и в основе диаграммы режимов ПОТ ЛМЗ.

График такого типа предложен турбинным цехом МТП ПО "Союзтехэнерго" ("Промышленная энергетика", 1978, № 2). Он предпочтительнее системы графиков $q_T = f(N_T, Q_T)$ при различных $Q_{\Pi} = const$, поскольку пользование им удобнее. Графики удельного расхода теплоты по соображениям непринципиального характера выполнены без нижнего поля; методика пользования ими пояснена примерами.

Данных, характеризующих режим при трехступенчатом подогреве сетевой воды, типовая характеристика не содержит, поскольку такой режим на установках данного типа в период проведения испытаний нигде не был освоен.

Влияние отклонений параметров от принятых при расчете Типовой характеристики за номинальные учитывается двояко:

а) параметров, не влияющих на теплопотребление в котле и отпуск теплоты потребителю при неизменных массовых расходах G_0, G_{Π} и G_T, – внесением поправок к заданной мощности N_T ($N_T + K Q_T$).

Соответственно этой исправленной мощности по рис.34-39 определяются расход свежего пара, удельный расход теплоты и полный расход теплоты;

б) поправки на P_0, t_0 и P_{Π} вносятся к найденным после внесения указанных выше поправок к расходу свежего пара и полному расходу теплоты, после чего подсчитывается расход свежего пара и расход теплоты (полный и удельный) для заданных условий.

Данные для поправочных кривых на давление свежего пара рассчитаны с использованием результатов испытания;

все прочие поправочные кривые составлены на основе данных ПОТ ЛМЗ.

5. ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТЕПЛОТЫ, РАСХОДА СВЕЖЕГО ПАРА И УДЕЛЬНЫХ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ВЫРАБОТОК

Пример I. Конденсационный режим с отключенными регуляторами давления в отборах.

Дано: N_T = 70 МВт; p_0 = I2,5 МПа (I25 кгс/см^2); t_0 = = 550°С; p_2 = 8 кПа (0,08 кгс/см^2); $G_{пит}$ = 0,93G_0 ; $\Delta t_{пит} = t_{пит} - t^н_{пит}$ = -7°С.

Требуется определить полный и удельный расходы теплоты брутто и расход свежего пара при заданных условиях.

Последовательность и результаты приведены в табл.II.

Таблица II

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Расход свежего пара при номинальных условиях, т/ч	$G^н_0$	Рис.8 или формула G_0 =6,6+3,72N_T+ +0,II (N_T - 69,2)	267,I
Полный расход теплоты при номинальных условиях, Гкал/ч	$Q^н_0$	Рис.8 или формула Q_0 = I5,6 + 2,04N_T	I58,4

Продолжение таблицы II

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Удельный расход теплоты при номинальных условиях, ккал/кВт	$q^н_T$	Рис.8 $\frac{Q^н_0}{N_T\,10^{-3}}$	2263
Поправки к удельному расходу теплоты на отклонение условий от номинальных, %:			
- давления свежего пара,	αq_T	Рис.I0,*а*	-0,05
- температуры свежего пара	αq_T	Рис.I0,*б*	+0,2
- давления отработавшего пара	αq_T	Рис.II,*б*	+I,3
- расхода питательной воды	αq_T	Рис.I0,*в*	+0,I
- температуры питательной воды	αq_T	Рис.I0,*г*	+0,I
Суммарная поправка к удельному расходу теплоты, %	$\Sigma\alpha q_T$	-	+I,6
Удельный расход теплоты при заданных условиях, ккал/(кВт·ч)	q_T	$q_T = q^н_T\left(1+\frac{\Sigma\alpha q_T}{100}\right)$	2299
Полный расход теплоты при заданных условиях, Гкал/ч	Q_0	$Q_0 = q_T N_T\,10^{-3}$	I60,9
Поправки к расходу пара на отклонение условий от номинальных,%:			
- давления свежего пара	αG_0	Рис.I0,*а*	-0,25

Окончание таблицы III

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
- температуры свежего пара	αG_0	Рис.I0, $б$	+0,8
- давления отработавшего пара	αG_0	Рис.II, $б$	+I,4
- расхода питательной воды	αG_0	Рис.I0, $в$	-0,6
- температуры питательной воды	αG_0	Рис,I0, $г$	-I,I
Суммарная поправка к расходу свежего пара, %	$\Sigma\alpha G_0$	-	+0,2
Расход свежего пара при заданных условиях, т/ч	G_0	$G_0=G_0^н\left(1+\frac{\Sigma\alpha G_0}{100}\right)$	267,6

Пример 2. Режим одноступенчатого подогрева сетевой воды.

Дано: $N_т$ = 80 МВт; $Q_п$ = 30 Гкал/ч; $Q_т$ = 60 Гкал/ч; $p_{нто}$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2); p_0 = I3,3 МПа (I33 кгс/см^2); t_0 = 545°С; $p_п$ = I,5 МПа (I5,0 кгс/см^2).

Прочие параметры и условия номинальные.

Требуется определить полный и удельный расход теплоты, расход свежего пара и удельные теплофикационные выработки. Последовательность и результаты приведены в табл.П2.

Таблица П2

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Недовыработка в ЧСНД за счет теплофикационного отбора, МВт	$\Delta N_{Q_т}$	$\Delta N_{Q_т}=0,160Q_т$	9,6
Приближительная фиктивная мощность, МВт	$N_т^{ф'}$	$N_т^{ф'}=N_т+\Delta N_{Q_т}$	89,6
Приблизительный расход на входе в ЧСД, т/ч	$G_{чсд}^{ôx'}$	Рис.34 по $N_т^ф$ и $Q_п$	250
Минимально возможное давление в производственном отборе, МПа (кгс/см^2)	$p_п^{мин}$	Рис.20	I,46(I4,6) / I,4(I4)
Минимально возможное давление в теплофикационном отборе, МПа (кгс/см^2)	$p_{нто}^{мин}$	Рис.40	0,057(0,57 / 0,052(0,52
Поправка к мощности на повышение $p_{нто}$ = 0,6 МПа(0,6кгс/см^2)	$\Delta N_{p_{нто}}$	Рис.42	-2,6* / -2,5
Уточненная фиктивная мощность, МВт	$N_т^ф$	$N_т^ф=N_т^{ф'}+\Delta N_{p_{нто}}$	87,0/87,I

Продолжение таблицы П2

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Уточненный расход на входе в ЧСД, т/ч	$G^{вх}_{чсд}$	Рис.34 по $N^{ф}_{т}$ и $Q_{п}$	240
Расход свежего пара при номинальных условиях и $P_{нто}$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2), т/ч	G_0	Рис.34 по $N^{ф}_{т}$ и $Q_{п}$	356
Максимально возможный производственный отбор, Гкал/ч	$Q^{макс}_{п}$	Рис.34 по $N^{ф}_{т}$ и $Q_{т}$	90
Фиктивный удельный расход теплоты, ккал/(кВт·ч)	$q^{ф}_{т}$	Рис.37 по $N^{ф}_{т}$ и $Q_{п}$	2030
Полный расход теплоты при номинальных условиях и $P_{нто}$ = 0,06 МПа (0,6 кгс/см^2), Гкал/ч	Q'_0	$Q'_0 = q^{ф}_{т} N^{ф}_{т} 10^{-3} + Q_{п}$	206,81
Поправки к полному расходу теплоты на отклонение, %:		–	–
P_0 от номинального	αQ_0	Рис.46 по G_0	- 0,1
t_0 от номинальной	αQ_0	Рис.47 по G_0 и $Q_{п}$	+0,5
$P_{п}$ от $P^{мин}_{п}$	αQ_0	Рис.48 по G_0 и $Q_{п}$	+0,1

Продолжение таблицы П2

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Суммарная поправка к полному расходу теплоты, %	$\Sigma \alpha Q_0$	–	+0,5
Расход теплоты при заданных условиях (полный), Гкал/ч	Q_0	$Q_0 = Q'_0 \left(1 + \frac{\Sigma \alpha Q_0}{100}\right)$	207,84
Удельный расход теплоты при заданных условиях, ккал/(кВт·ч)	$q_т$	$q_т = \frac{Q_0 - Q_п - Q_т}{N_т} 10^3$	1473
Поправки к расходу свежего пара на отклонение, %:		–	–
P_0 от номинального	αG_0	Рис.46 по G'_0	+0,1
t_0 от номинальной	αG_0	Рис.47 по G'_0 и $Q_{п}$	+1,6
$P_{п}$ от $P^{мин}_{п}$	αG_0	Рис.48 по G'_0 и $Q_{п}$	+0,2
Суммарная поправка к расходу свежего пара, %	$\Sigma \alpha G_0$	–	+1,9
Расход свежего пара при заданных условиях, т/ч	G_0	$G_0 = G'_0 \left(1 + \frac{\Sigma \alpha G_0}{100}\right)$	361,7
Удельные теплофикационные выработки при заданном режиме, кВт·ч/Гкал:			
производственного отбора:			
при номинальных условиях	$W^{п'}_{тф}$	Рис.49,а по G_0	296

Окончание таблицы П2

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
поправка на отличие $p_п$ от 1,3 МПа (13 кгс/см^2)	$\Delta W_{тф}^{п}$	Рис.50, *а* по $p_п$ = = 1,5 МПа (15 кгс/см^2)	-14
при заданном давлении в производственном отборе	$W_{тф}^{п''}$	$W_{тф}^{п''}=W_{тф}^{п'}+\Delta W_{тф}^{п}$	282
теплофикационного отбора:			
при номинальных условиях	$W_{тф}^{т'}$	Рис.49, *в* по G_0 и $Q_п$	572
поправка на отличие $p_{нто}$ от 0,09МПа (0,9 кгс/см^2)	$\Delta W_{тф}^{т}$	Рис.50, *в* по $p_{нто}$= =0,06 МПа (0,6 кгс/см^2)	+26
при заданном давлении в теплофикационном отборе	$W_{тф}^{т''}$	$W_{тф}^{т''}=W_{тф}^{т'}+\Delta W_{тф}^{т}$	598
Электромеханический КПД	$\eta_{эм}$	Рис.33 по $N_т$	0,977
производственного отбора	$W_{тф}^{п}$	$W_{тф}^{п''}\frac{0,977}{0,975}=W_{тф}^{п}$	283
теплофикационного отбора	$W_{тф}^{т}$	$W_{тф}^{т''}\frac{0,977}{0,975}=W_{тф}^{т}$	599

*В числителе - по приблизительному расходу $G_{чсд2}^{вх'}$, в знаменателе - по уточненному $G_{чсд}^{вх}$.

Пример 3. Режим двухступенчатого подогрева сетевой воды.

Дано: $N_т$ = 80 МВт; $Q_п$ = 60 Гкал/ч; $Q_т$ = 90 Гкал/ч; $p_п$ - минимально возможное; $p_{вто}$=0,15 МПа (1,5 кгс/см^2); p_2 = 2 кПа (0,02 кгс/см^2); t_2 = 70°С.

Возврат конденсата производственного отбора поступает в линию основного конденсата за ПНД № 2 (100% при 100°С). Прочие параметры и условия номинальные. Требуется определить расход свежего пара, полный и удельный расходы теплоты. Последовательность и результаты приведены в табл.П3.

Таблица П3

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Недовыработка в ЧСНД за счет теплофикационного отбора, МВт	$\Delta N_{Q_т}$	$\Delta N_{Q_т}=0,183\,Q_т$	16,47
Приблизительная фиктивная мощность, МВт	$N_т^{ф'}$	$N_т^{ф'}=N_э+\Delta N_{Q_т}$	96,47
Приблизительный расход на входе в ЧСД, т/ч	$G_{чсд}^{вх'}$	Рис.35 по $N_т^{ф'}$ и $Q_п$	230
Приблизительный расход пара на входе в ЧНД, т/ч	$G_{чнд}^{вх'}$	Рис.26 по $G_{чсд}^{вх'}$ и $Q_т$	30
Минимально возможное давление в теплофикационном отборе, МПа (кгс/см^2)	$p_{вто}^{мин}$	Рис.41 по $G_{чсд}^{вх'}$ и $Q_т$	0,11(1,1)
Поправка к мощности для приведения к давлению $p_{вто}$=0,15 МПа (1,5 кгс/см^2), МВт	$\Delta N_{p_{вто}}$	Рис.43 по $G_{чсд}^{вх'}$ и формуле на графике	+1,7

Продолжение таблицы П3

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Поправка к мощности на неравенство $\tau_2 \neq \tau_{2p}$, МВт*	ΔN_{τ_2}	Рис.4I а) $\tau_{2p} = f(p_{вто}) = 60^{\circ}C$ б) $\Delta\tau_2 = 70-60 = +10^{\circ}C$ и $G_{чсд}^{вх'}$	+0,7
Поправка к мощности для приведения к давлению p_2 = = 2 кПа (0,02 кгс/см^2), МВт	ΔN_{p_2}	Рис.44 по $G_{чнд}^{вх'}$ и формуле на графике	-0,8
Поправка к мощности на возврат конденсата производственного отбора за ПНД № 2, МВт	$\Delta N_{воз}$	Рис.45 по $G_{чсд}^{вх'}$ и $Q_п$	-0,6
Уточненная фиктивная мощность, МВт	$N_т^ф$	$N_т^ф = N_т^{ф'} + \Delta N_{p_{вто}} + \Delta N_{\tau_2} + \Delta N_{p_2} + \Delta N_{воз}$	97,47
Уточненный расход на входе в ЧСД, т/ч**	$G_{чсд}^{вх}$	Рис.35 по $N_т^ф$ и $Q_п$	230
Расход свежего пара при заданных условиях, т/ч	G_0	Рис.35 по $N_т^ф$ и $Q_п$	4I2
Максимально возможный производственный отбор, Гкал/ч	$Q_п^{макс}$	Рис.35 $N_т^ф$ и $Q_т$	Св.60
Фиктивный удельный расход теплоты, ккал/(кВт·ч)	$q_т^ф$	Рис.38 по $N_т^ф$ и $Q_п$	I820

Окончание таблицы П3

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Полный расход теплоты при заданных условиях, Гкал/ч	Q_0	$Q_0 = q_т^ф N_т^ф 10^{-3} + Q_п$	237,40
Удельный расход теплоты при заданных условиях, ккал/(кВт·ч)	$q_т$	$q_т = \frac{Q_0 - Q_п - Q_т}{N_т} 10^3$	I092

*При внесении поправки к мощности на давление в верхнем теплофикационном отборе $p_{вто}$, отличное от 0,I2 МПа (I,2 кгс/см^2), результат будет отвечать температуре обратной воды, соответствующей заданному давлению по кривой $\tau_{2p} = f(p_{вто})$ на рис.4I, т.е. 60°С.

**В случае заметного отличия $G_{чсд}^{вх'}$ от $G_{чсд}^{вх}$ все значения в пп.4-II следует проверить по уточненному $G_{чсд}^{вх}$.

Расчет удельных теплофикационных выработок проводится аналогично приведенному в примере 2. Выработка теплофикационного отбора и поправка к ней на фактическое давление $p_{вто}$ определяется по рис.49,*б* и 50,*б*.

Пример 4. Режим без теплофикационного отбора. Дано: $N_т$ = 80 МВт; $Q_п$ = I20 Гкал/ч; $Q_т$ = 0; p_0 = I2,8 МПа (I28 кгс/см^2); t_0 = 550°С;

$P_П$ = I,I МПа (II кгс/см^2); P_2 = 3 кПа (0,03 кгс/см^2).

Прочие условия номинальные. Требуется определить полный и удельный расход теплоты, расход свежего пара и давления в теплофикационных отборах.

Последовательность и результаты приведены в табл.П4.

Таблица П4

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Приблизительный расход на входе в ЧСД, т/ч	$G^{вх'}_{чсд}$	Рис.36 по $N_Т$ и $Q_П$	I30
Приблизительный расход на входе в ЧНД, т/ч	$G^{вх'}_{чнд}$	Рис.26 по $G^{вх'}_{чсд}$, $Q_Т$ = 0 и формуле на рис.26	II2
Поправка к мощности для приведения к давлению P_2 = 3 кПа (0,03 кгс/см^2), МВт	ΔN_{P_2}	Рис.44 по $G^{вх'}_{чнд}$ и формуле на рис.44	-0,7
Фиктивная мощность, МВт	$N^{ф}_Т$	$N^{ф}_Т = N_Т + \Delta N_{P_2}$	79,3
Расход свежего пара при давлении P_2 = 3 кПа (0,03 кгс/см^2), т/ч	G'_0	Рис.36 по $N^{ф}_Т$ и $Q_П$	428
Минимально возможное давление $P_П$ при заданном режиме, МПа (кгс/см^2)	$P^{мин}_П$	$P^{мин}_П = \frac{G^{вх'}_{чсд}}{17}$	7,65

Продолжение таблицы П4

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
Поправки к расходу свежего пара на отклонение, %:	-	-	-
P_0 от номинального	αG_{P_0}	Рис.46 по G'_0, $Q_П$ и P_0	+0,3
t_0 от номинальной	αG_{t_0}	Рис.47 по G'_0, $Q_П$ и t_0	+0,7
$P_П$ от I,3МПа (I3кгс/см^2)	$\alpha G_{P_П}$	Рис.48 по G'_0, $Q_П$ и $P_П$	-2,I
Суммарная поправка к расходу свежего пара, %	$\Sigma\alpha G_0$	-	-I,I
Расход свежего пара при заданных условиях, т/ч	G_0	$G_0 = G'_0\left(1 + \frac{\Sigma\alpha G_0}{100}\right)$	423,3
Фиктивный удельный расход теплоты, ккал/(кВт.ч)	$q^{ф}_Т$	Рис.39 по $N^{ф}_Т$ и $Q_П$	I580
Полный расход теплоты при давлении P_2 = 3 кПа (0,03 кгс/см^2), Гкал/ч	Q'_0	$Q'_0 = q^{ф}_Т N^{ф}_Т 10^{-3} + Q_П$	245,29
Поправки к полному расходу теплоты на отклонение, %:	-	-	-
P_0 от номинального	αQ_{P_0}	Рис.46 по G_0, $Q_П$ и P_0	+0,4

Окончание таблицы П4

Показатель	Обозначение	Способ определения	Полученное значение
t_0 от номинальной	αQ_0	Рис.47 по G_0, $Q_п$ и t_0	+0,2
$P_п$ от I,3 МПа (I3 кгс/см^2)	αQ_0	Рис.48 по G_0, $Q_п$ и $P_п$	-I,9
Суммарная поправка к полному расходу теплоты, %	$\Sigma \alpha Q_0$	-	-I,3
Полный расход теплоты при заданных условиях, Гкал/ч	Q_0	$Q_0 = Q_0' \left(1 + \frac{\Sigma \alpha Q_0}{100}\right)$	242,I0
Удельный расход теплоты при заданных условиях, ккал/(кВт·ч)	$q_т$	$q_т = \frac{Q_0 - Q_п}{N_т} 10^3$	I526
Давление в верхнем теплофикационном отборе, МПа (кгс/см^2)*	$P_{вто}$	Рис.30 по $G_{чсд}^{вх'}$	0,I3 (I,3)
Давление в нижнем теплофикационном отборе, МПа (кгс/см^2)*	$P_{нто}$	Рис.30 по $G_{чсд}^{вх'}$	0,065 (0,65)

* Давления в отборах ЧСНД и температура конденсата по ПНД могут быть определены по графикам конденсационного режима в зависимости от $G_{чсд}^{вх}$, при соотношении $\frac{G_{чсд}^{вх}}{G_0} = 0{,}83$

6. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Наименование	Обозначение
Мощность, МВт:	
электрическая на выводах генератора	$N_т$, $N_т^ф$
внутренняя части высокого давления	$N_{i\ чвд}$
внутренняя части среднего и низкого давления	$N_{i\ чснд}$
суммарные потери турбоагрегата	$\Sigma \Delta N_{пот}$
электромеханический КПД	$\eta_{эм}$
Цилиндр (или часть) высокого давления	ЦВД (ЧВД)
Цилиндр низкого (или часть среднего и низкого) давления	ЦНД (ЧСНД)
Расход пара, т/ч:	
на турбину	G_0
на производство	$G_п$
на теплофикацию	$G_т$
на регенерацию	$G_{пвд}$, $G_{пнд}$, $G_д$
через последнюю ступень ЧВД	$G_{чвд}^{скв}$
на входе в ЧСД	$G_{чсд}^{вх}$
на входе в ЧНД	$G_{чнд}^{вх}$
в конденсатор	G_2

Наименование	Обозначение
Расход питательной воды, т/ч	$G_{пит}$
Расход возвращаемого конденсата производственного отбора, т/ч	$G_{воз}$
Расход охлаждающей воды через конденсатор, $м^3/ч$	W
Расход теплоты на турбоустановку, Гкал/ч	Q_0
Расход теплоты на производство, Гкал/ч	$Q_п$
Теплофикационная нагрузка, Гкал/ч	$Q_т$
Абсолютное давление, МПа ($кгс/см^2$):	
перед стопорным клапаном	p_0
за регулирующими и перегрузочным клапанами	$p_{кл}^{I-IV}$, $p_{пер}$
в камере регулирующей ступени	$p_{р.ст}$
в камерах нерегулируемых отборов	$p_п^{I-VII}$
в камере производственного отбора	$p_п$
в камере верхнего теплофикационного отбора	$p_{вто}$
в камере нижнего теплофикационного отбора	$p_{нто}$
в конденсаторе, кПа ($кгс/см^2$)	p_2
Температура (^oC), энтальпия, ккал/кг:	
свежего пара перед стопорным клапаном	t_0, i_0
пара в камере производственного отбора	$i_п$
конденсата за ПНД	$t_к$, $t_{к1}$, $t_{к2}$, $t_{к3}$, $t_{к4}$
возвращаемого конденсата производственного отбора	$t_{воз}$
питательной воды за ПВД	$t_{пит5}$, $t_{пит6}$, $t_{пит7}$
питательной воды за установкой	$t_{пит}$, $i_{пит}$
сетевой воды при входе в установку и выходе из нее	τ_2, τ_1
охлаждающей воды при входе в конденсатор и выходе из него	$t_1^в$, $t_2^в$
Повышение энтальпии питательной воды в насосе	$\Delta i_{пэн}$
Удельный расход теплоты брутто на выработку электроэнергии, ккал/(кВт·ч)	$q_т$, $q_т^ф$
Удельная теплофикационная выработка электроэнергии, кВт·ч/Гкал:	
паром производственного отбора	$W_{тф}^п$
паром теплофикационного отбора	$W_{тф}^т$
Коэффициенты для пересчета в систему СИ:	
I т/ч - 0,278 кг/с;	
I $кгс/см^2$ - 0,0981 МПа или 98,I кПа; I ккал/кг - 4,I8I68 кДж/кг	

gost.e-ecolog.ru