

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ТЕХНИКИ

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА ПТ-65/75-130/13 ЛМЗ

РД 153-34.1-30.737-97

УДК 621.165-186.5(083.75)

Составлено: турбинным цехом ОАО "Фирма ОРГРЭС"

Исполнители: А.Д. Грейль, М.Л. Рябкина

Утверждено: Департаментом науки и техники РАО "ЕЭС России" 06.05.97

Начальник А.П. Берсенов

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ТУРБОАГРЕГАТА

Электрическая мощность, МВт		Максимальный расход свежего пара, т/ч	Параметры свежего пара		Охлаждающая вода	
Ном	Макс		Давление, кгс/см ²	Температура, °С	Расход, м ³ /ч	Температура, °С
65	75	400	130	555	8000	20

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ
С ГАРАНТИЙНЫМИ ДАННЫМИ ЗАВОДА-ИЗГОТОВИТЕЛЯ ТУРБИНЫ
ПРИ НОМИНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРАХ И УСЛОВИЯХ

Показатель	Нагрузка, МВт					
	65	60	50	50	50	65
Количество пара отборов, т/ч:						
на производство	140	140	115	0	230	0
на теплофикацию	115	100	86	160	0	0
Расход свежего пара, т/ч	372	351	294	238	352	251
Температура питательной воды $t_{пит}$, °С:						
гарантийная	237	233	225	220	233	221
по испытаниям	242	240	234	227	240	229
Удельный расход пара, кг/(кВт·ч):						
гарантийный	5,70	5,75	5,88	4,77	6,99	-
по испытаниям						
$t_{пит}$ факт	5,72	5,85	5,88	4,76	7,04	-
$t_{пит}$ расч	5,69	5,82	5,82	4,72	6,98	-
Среднее отклонение удельного расхода пара от гарантийного, %:						
при $t_{пит}$ факт			0,50			-
при $t_{пит}$ расч			-0,24			-
Удельный расход тепла, ккал/(кВт·ч):						
гарантийный			-			2300
по испытаниям						
при $t_{пит}$ факт			-			2292
при $t_{пит}$ расч			-			2303

Отклонение удельного расхода тепла от гарантийного, %:		
при $t_{\text{пит факт}}$	-	-0,35
при $t_{\text{пит расч}}$	-	+0,13

1 УСЛОВИЯ ПОСТРОЕНИЯ ТИПОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ (ТЭХ)

В состав турбоагрегата входит модернизированная турбина ПТ-60-130/13 с новым цилиндром высокого давления (ЦВД), представляющим собой одну из модификаций ЦВД турбины ПТ-80/100-130/13 с заглушенным перегрузочным клапаном и четырьмя равнопроходными регулирующими клапанами. Система парораспределения и проточная часть вновь изготовленного или отремонтированного ЦВД оставлены без существенных изменений.

Типовая энергетическая характеристика составлена на основании отчетов о проведении тепловых испытаний турбоагрегатов № 5 и 6 на ТЭЦ-16 Мосэнерго, № 5 на Саратовской ТЭЦ и № 5 на Ново-Рязанской ТЭЦ (работы выполнены ОАО «Фирма ОРГРЭС»).

При построении ТЭХ (рисунки 1-43) в качестве номинальных приняты следующие условия и параметры:

- давление свежего пара - 130 кгс/см²;
- температура свежего пара – 555 °С;
- давление в регулируемом производственном отборе - 13 кгс/см² с естественным повышением при расходах пара на входе в ЦВД более 174 т/ч при полностью открытых регулируемых клапанах;
- давление в регулируемом теплофикационном отборе - 1,2 кгс/см²;
- давление отработавшего пара:
 - а) для характеристик при постоянном давлении $p = 0,05$ кгс/см²;
 - б) для характеристик при постоянном расходе и температуре охлаждающей воды ($W = 8000$ м³/ч, $t = 20$ °С)
 - в соответствии с характеристикой конденсатора 50-КЦС-4;
 - тепловая схема соответствует проектной (см. рисунок 1);
 - регенерация высокого и низкого давления включена полностью, деаэратор 6 кгс/см² питается паром производственного отбора;
 - расход питательной воды равен расходу свежего пара;
 - возврат конденсата производственного отбора при $t = 100$ °С осуществляется в деаэратор 6 кгс/см²;
 - конденсат пара теплофикационного отбора при $t = 100$ °С возвращается в линию основного конденсата после ПНД-2;
 - температура питательной воды и основного конденсата за подогревателями соответствует графикам (рисунки 4 и 14);
 - прирост энтальпии питательной воды в питательном насосе - 5,3 ккал/кг;
 - электромеханические потери - по заводским данным для генератора ТВФ-60-2 с водородным охлаждением ($\cos \varphi = 0,8$).

При составлении ТЭХ принято, что при расходе на входе в ЦВД свыше 121 т/ч задвижка на линии греющего пара ПНД-4 прикрывается с таким расчетом, чтобы температура основного конденсата перед деаэратормом не превышала 150 °С, что необходимо для обеспечения нормальной деаэрации конденсата.

Положенные в основу настоящей ТЭХ данные испытаний обработаны с использованием «Таблиц теплофизических свойств воды и водяного пара» (М.: Издательство стандартов, 1969).

2 КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

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

- при постоянном давлении в конденсаторе:

$$Q_0 = 13,268 + 2,0083N_T + 0,205(N_T - 41,6);$$

$$G_0 = 12,675 + 3,4535N_T + 0,5661(N_T - 41,6);$$

- при постоянном расходе ($W = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$) и температуре ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) охлаждающей воды:

$$Q_0 = 11,8 + 2,04N_T + 0,67(N_T - 40,6);$$

$$G_0 = 9,3 + 3,54N_T + 0,67(N_T - 40,6).$$

В случае отклонения эксплуатационных условий от номинальных необходимо пользоваться поправочными кривыми, представленными на рисунках 8 и 9.

3 РЕЖИМ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ОТБОРАМИ

Типовая диаграмма режимов с включенными регуляторами давления в производственном и теплофикационном отборах представлена на рисунке 32. Для определения поправок к мощности на возможные отклонения условий работы турбоагрегата от принятых при построении диаграммы режимов необходимо пользоваться поправочными кривыми, представленными в Дополнении к “Типовой нормативной характеристике турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ” (М.: СПО Союзтехэнерго, 1987).

Диаграмма режимов позволяет определить непосредственно для исходных условий расход пара и тепла на турбоагрегат. Используя вспомогательные графики, можно подсчитать также полный и удельный расход тепла на производство электроэнергии по формулам:

$$Q_3 = Q_0 - Q_{II} - Q_T \Gamma_{\text{ккал/ч}}; \quad q_T = \frac{Q_3 \cdot 1000}{N_T} \text{ккал}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}),$$

где $Q_{II} = \frac{G_{II}(i_{II} - 100)}{1000}$ - отпуск тепла из производственного отбора;

$Q_T = \frac{G_T(i_T - 100)}{1000}$ - отпуск тепла из теплофикационного отбора.

Энтальпии пара в камерах производственного и теплофикационного отборов определяются по рисункам 17 и 31.

Электрическая мощность, развиваемая по теплофикационному циклу за счет отпуска тепла из регулируемых отборов, определяется из выражения:

$$N_{T\Phi} = \frac{(W_{T\Phi}^{II} Q_{II} + W_{T\Phi}^T Q_T)}{1000} \text{ МВт},$$

где $W_{T\Phi}^{II}$ и $W_{T\Phi}^T$ — удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу при отпуске тепла соответственно из производственного и теплофикационного отборов, кВт · ч/Гкал.

Электрическая мощность, развиваемая по конденсационному циклу, определяется как $N_{кн} = N_T - N_{T\Phi}$ МВт.

Рис. 1. Принципиальная тепловая схема

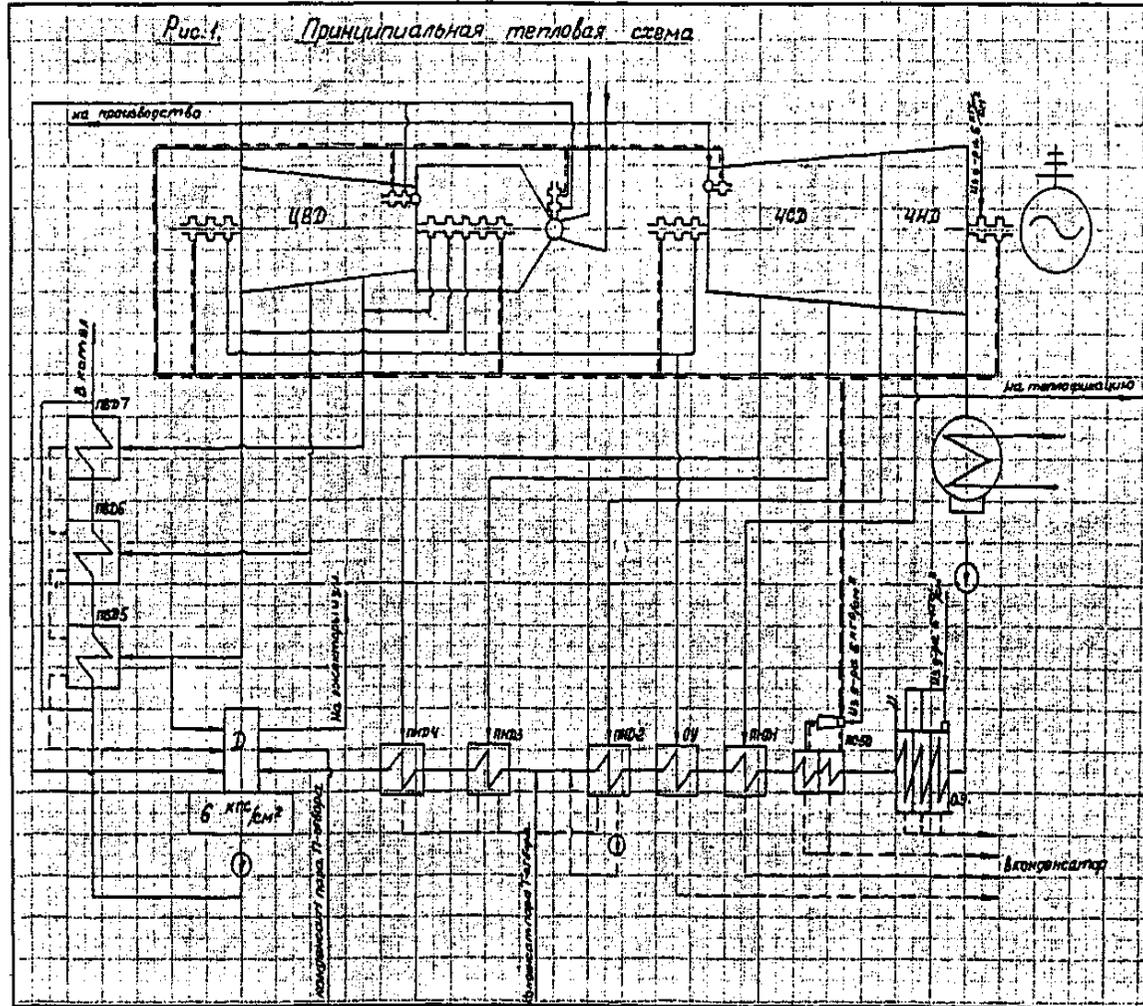


Рис. 2. Давление пара в камерах отбора
(концентрационный режим, роторы
добавки отключены)

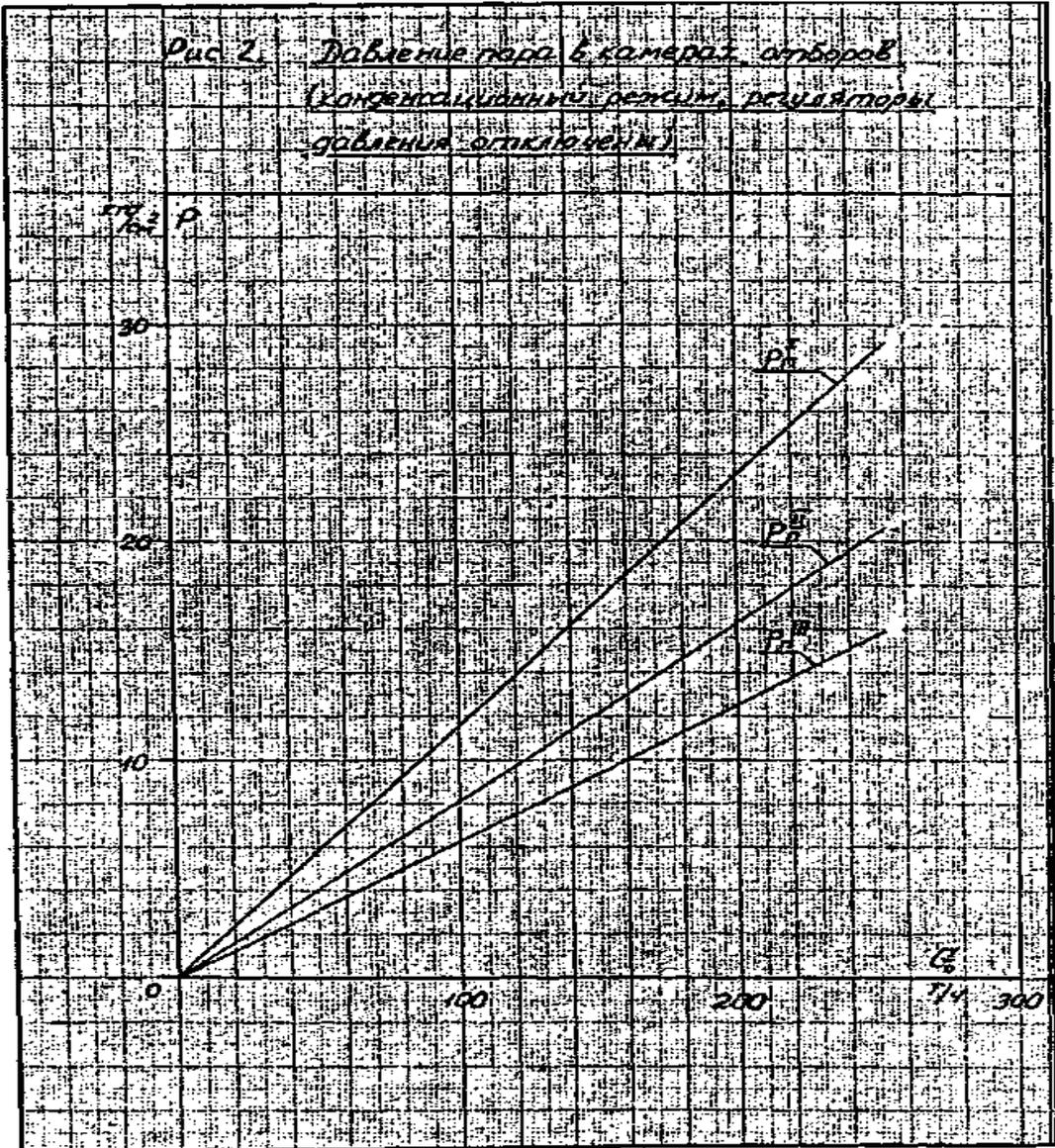


Рис. 3. Давление пара в камерах отборцов
(конденсационный режим работы деилятора
разбавляющего отключен.)

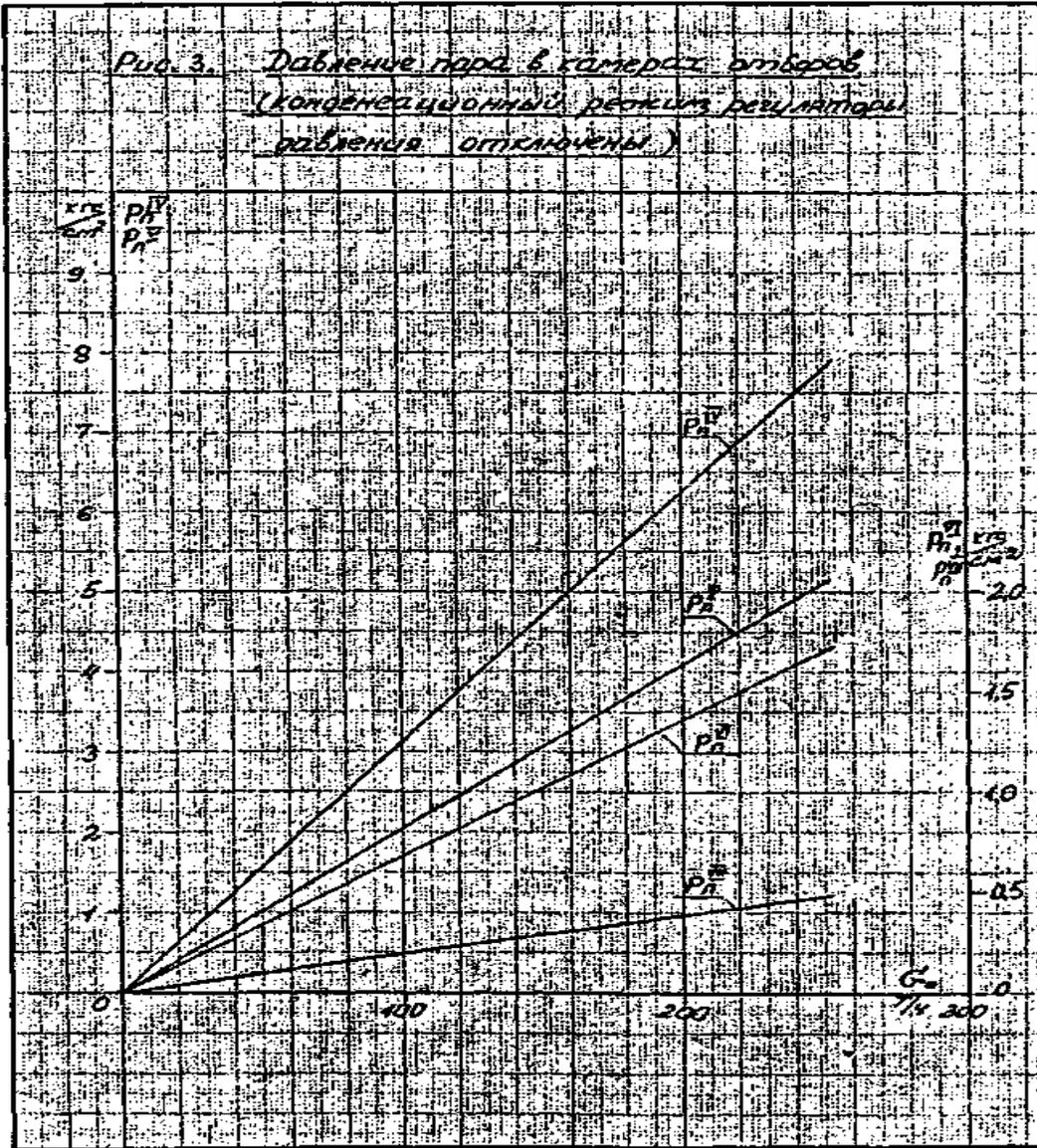


Рис. 4. Температура питательной воды и основного конденсата
 (конденсационный режим, регуляторы давления отключены)

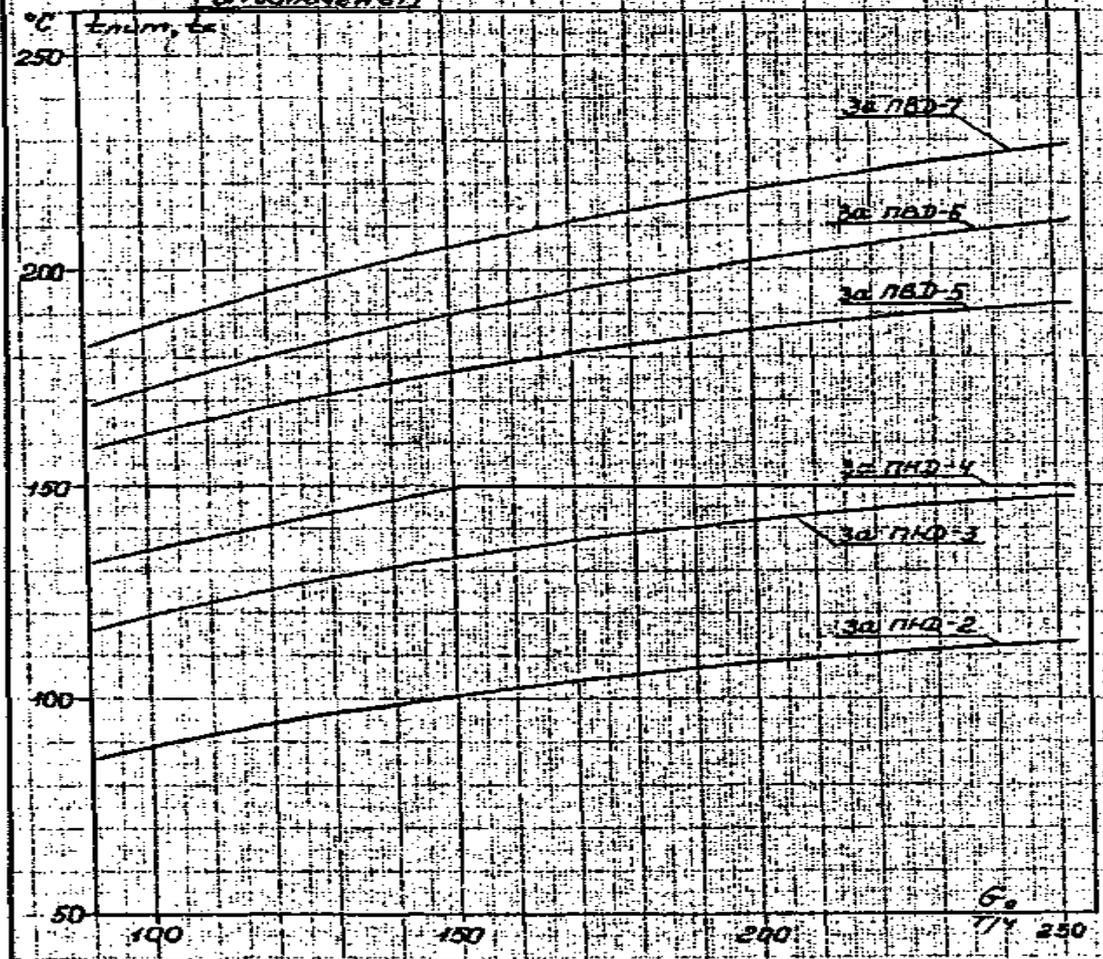


Рис. 5. Внутренний относительный КПД ЦВД
(конденсационный режим, регуляторы
давления отключены)

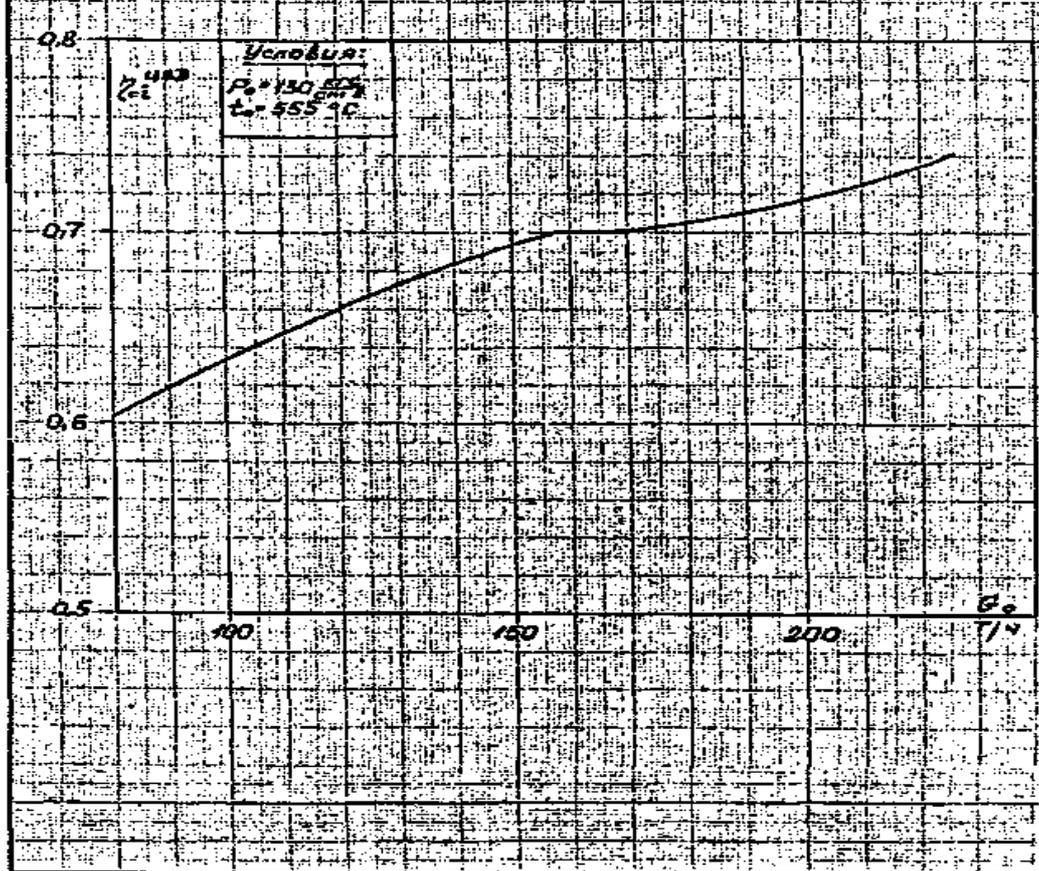


Рис. 6. Расход свежего пара, полный и полезный расход тепла на выработку электроэнергии (конденсационный режим, реакторы охлаждения отключены)

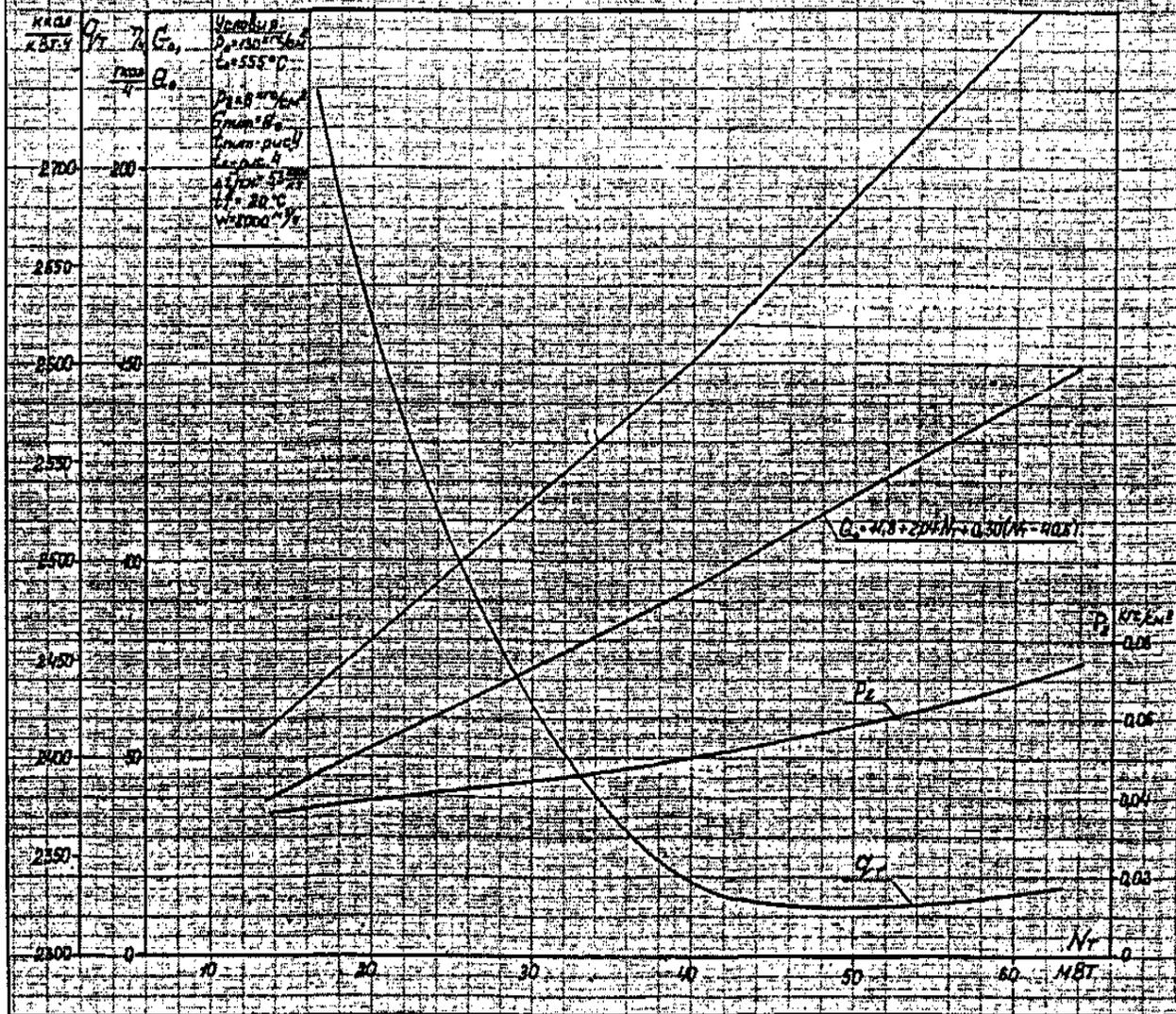


Рис. 3. Расход пара, воды и тепловой расход пара на выработку электроэнергии (конденсационный режим, регуляторы давления отключены)

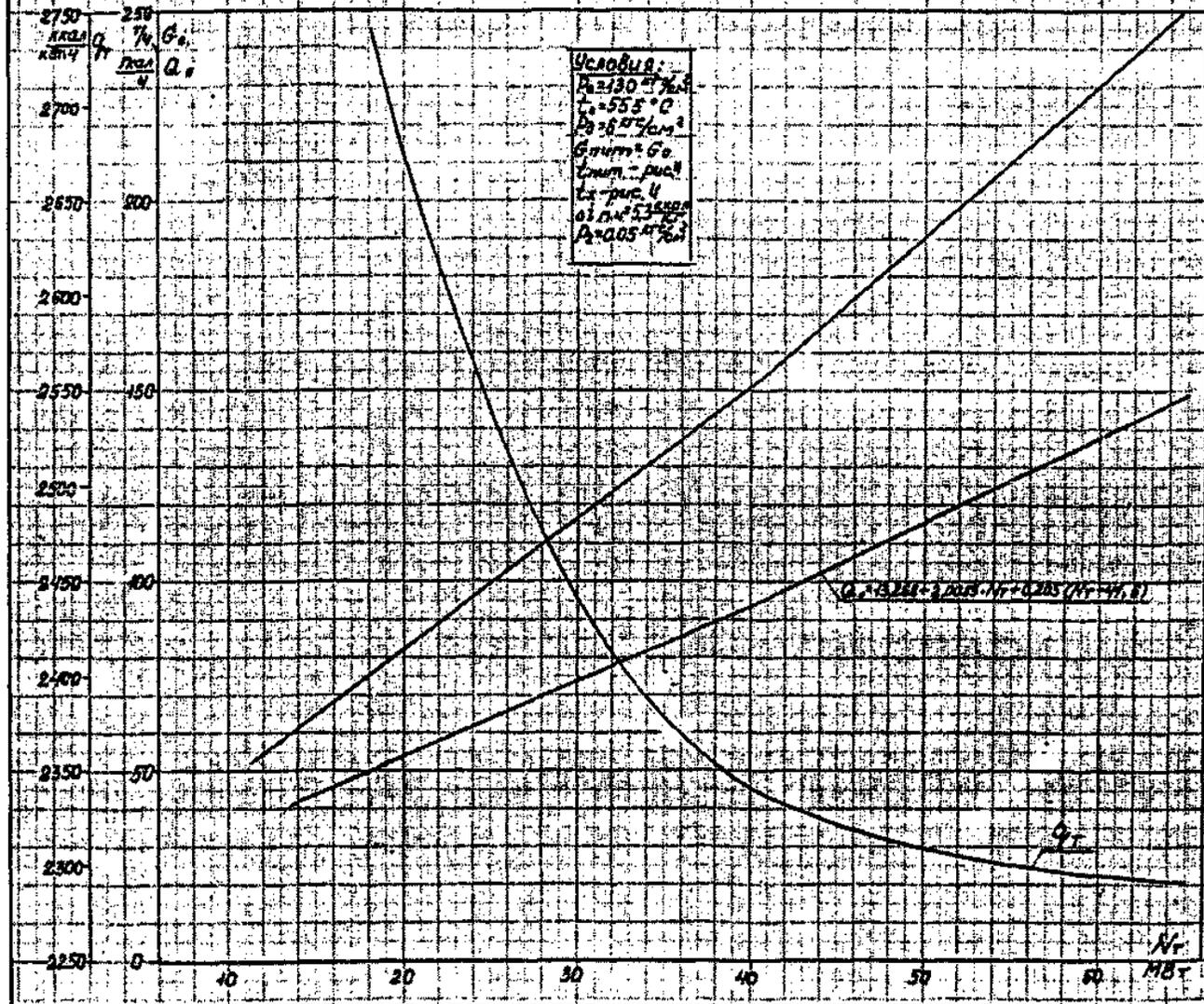
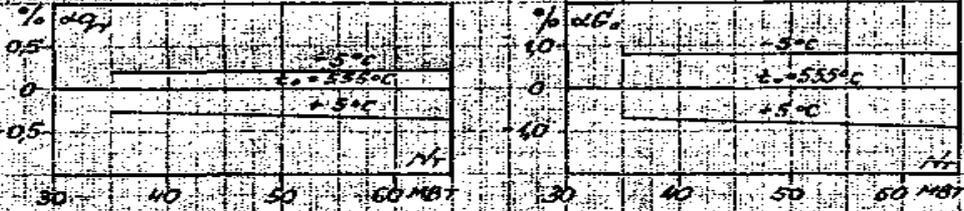


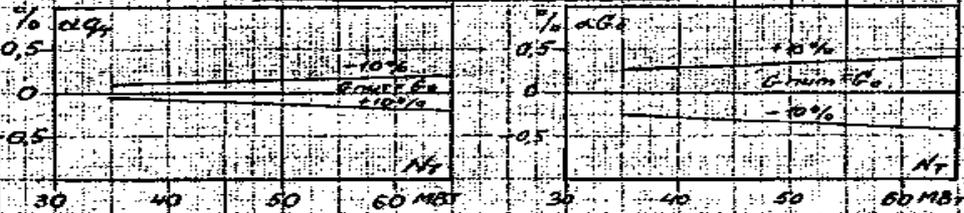
Рис. 8. Поправки к идельному расходу тепла ($q_{ид}$) и к расходу свежего пара (G_s) при конденсационном режиме.

а) На отклонение давления свежего пара от номинального: $p_{нов} = \pm 5 \text{ кг/см}^2$
 $\Delta q_{\text{п}} = \pm 0,05\%$; $\Delta G_s = \pm 0,25\%$

б) На отклонение температуры свежего пара от номинальной: $t_{нов} = \pm 5^\circ\text{C}$



в) На отклонение расхода питательной воды от номинального: $G_{нов} = \pm 10\% \text{ G}^*$



г) На отклонение температуры питательной воды от номинальной: $t_{нов} = \pm 10^\circ\text{C}$

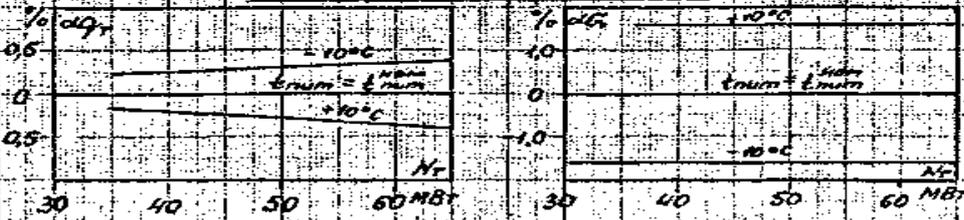


Рис. 9. Поправки к удельному расходу тепла $q_{уд}$ и к расходу свежего пара при конденсационном режиме

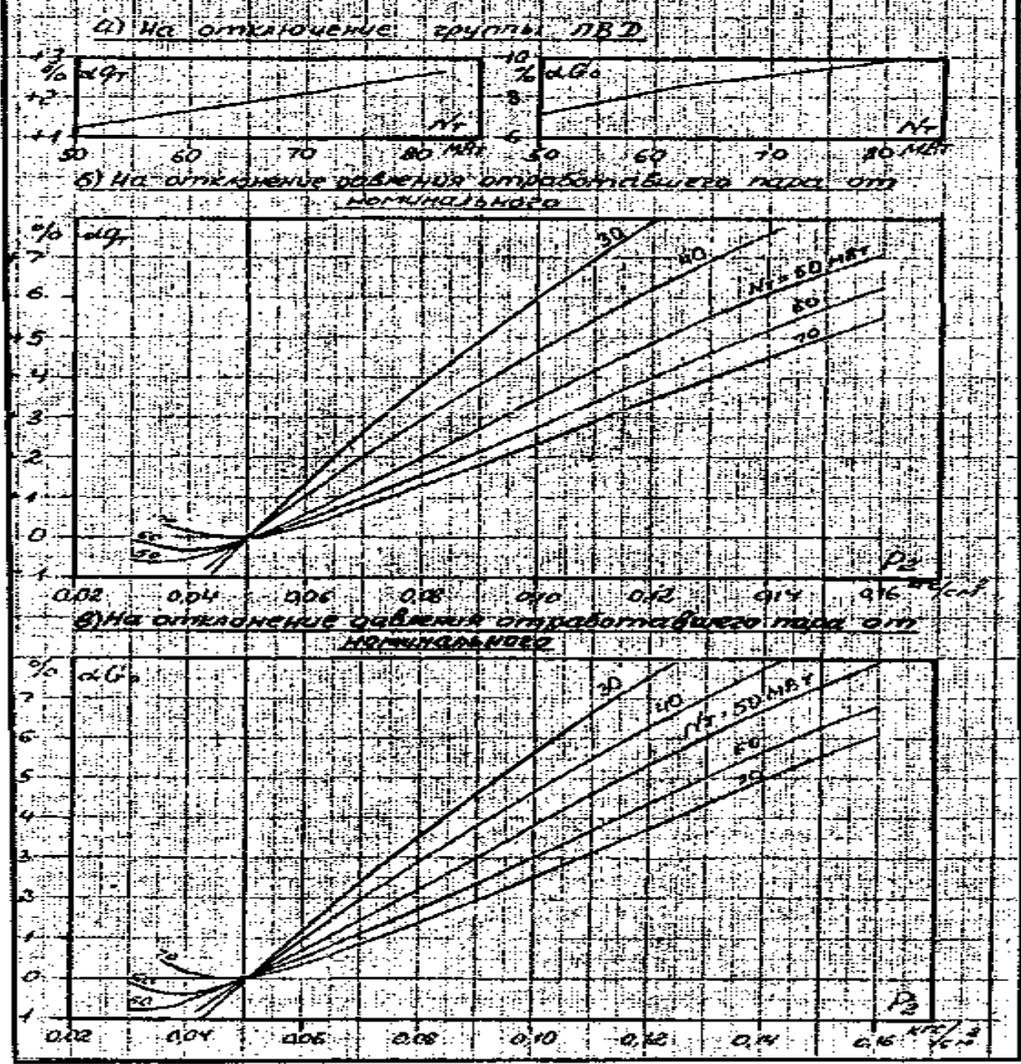


Рис. 10

Диаграмма парораспределения ЦВД

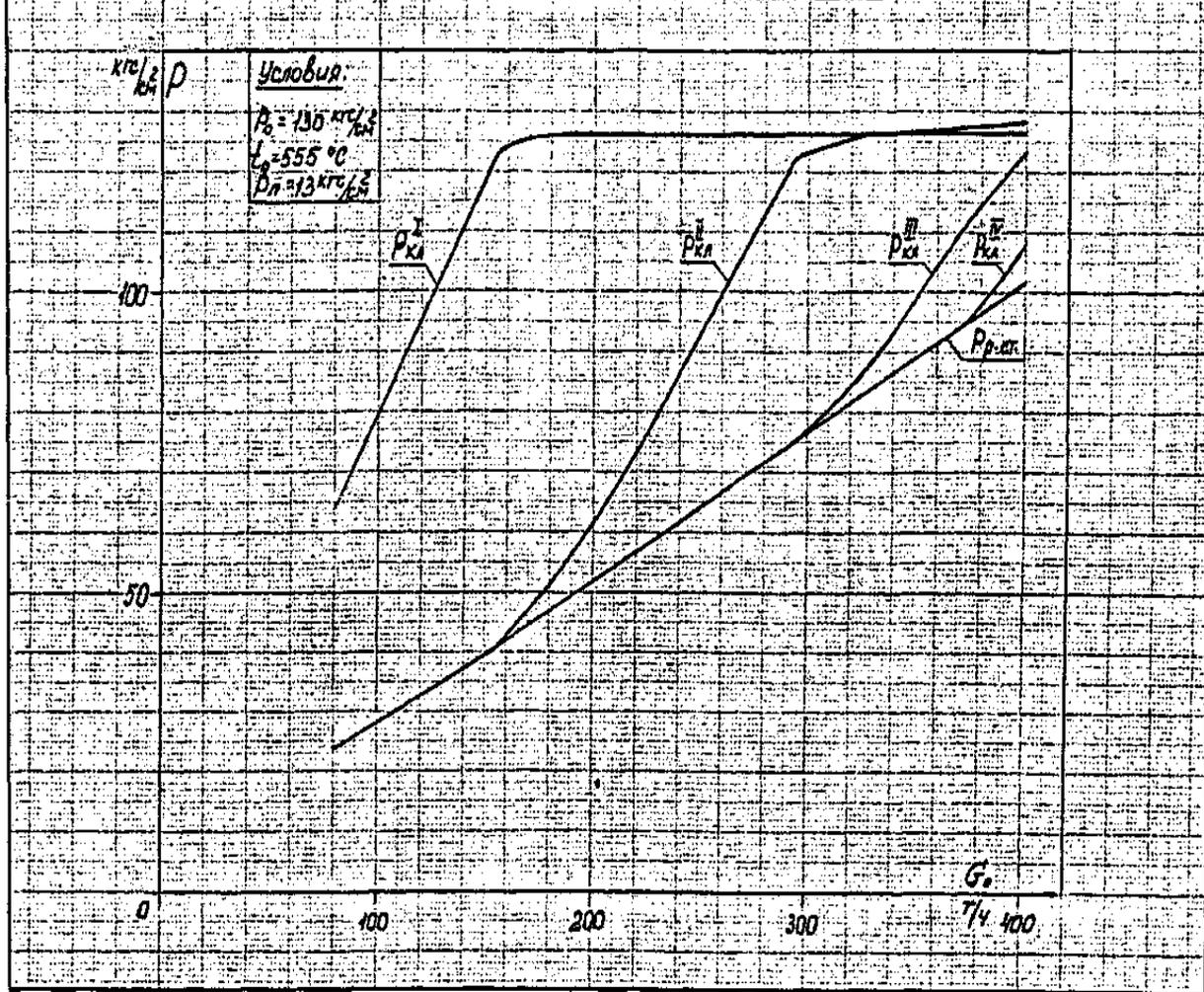
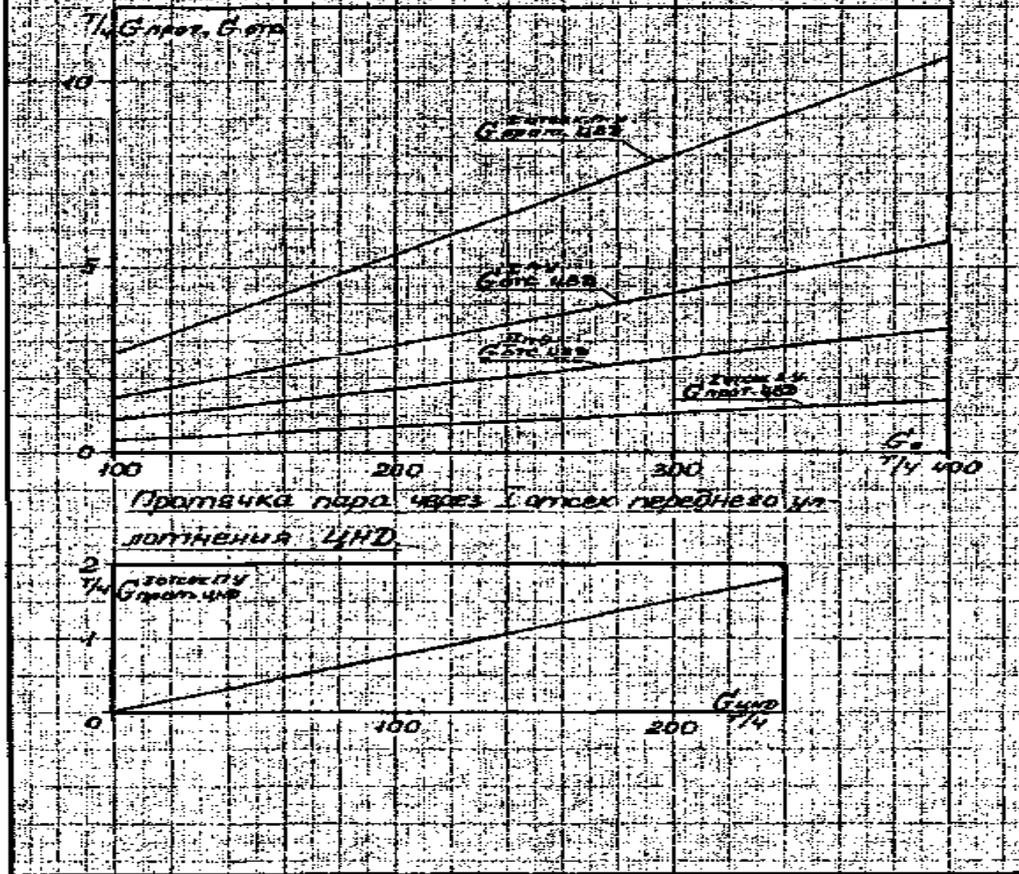
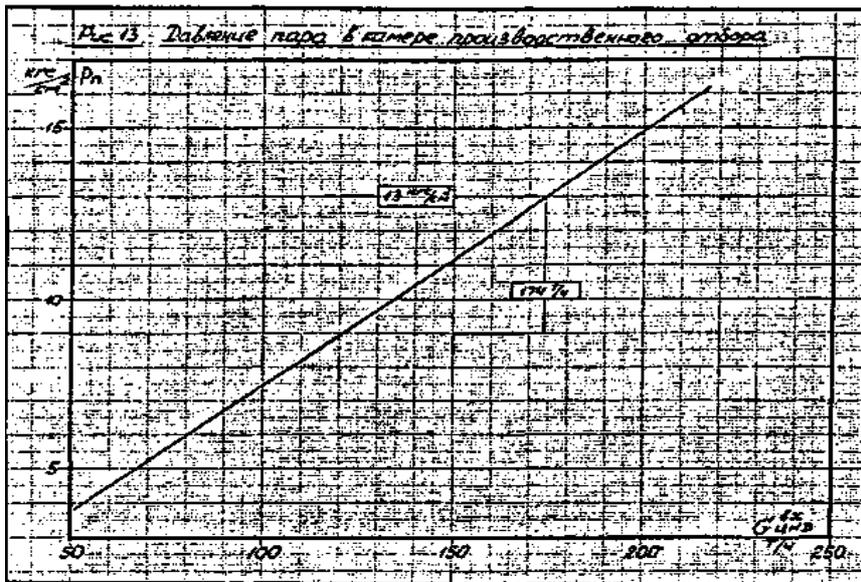
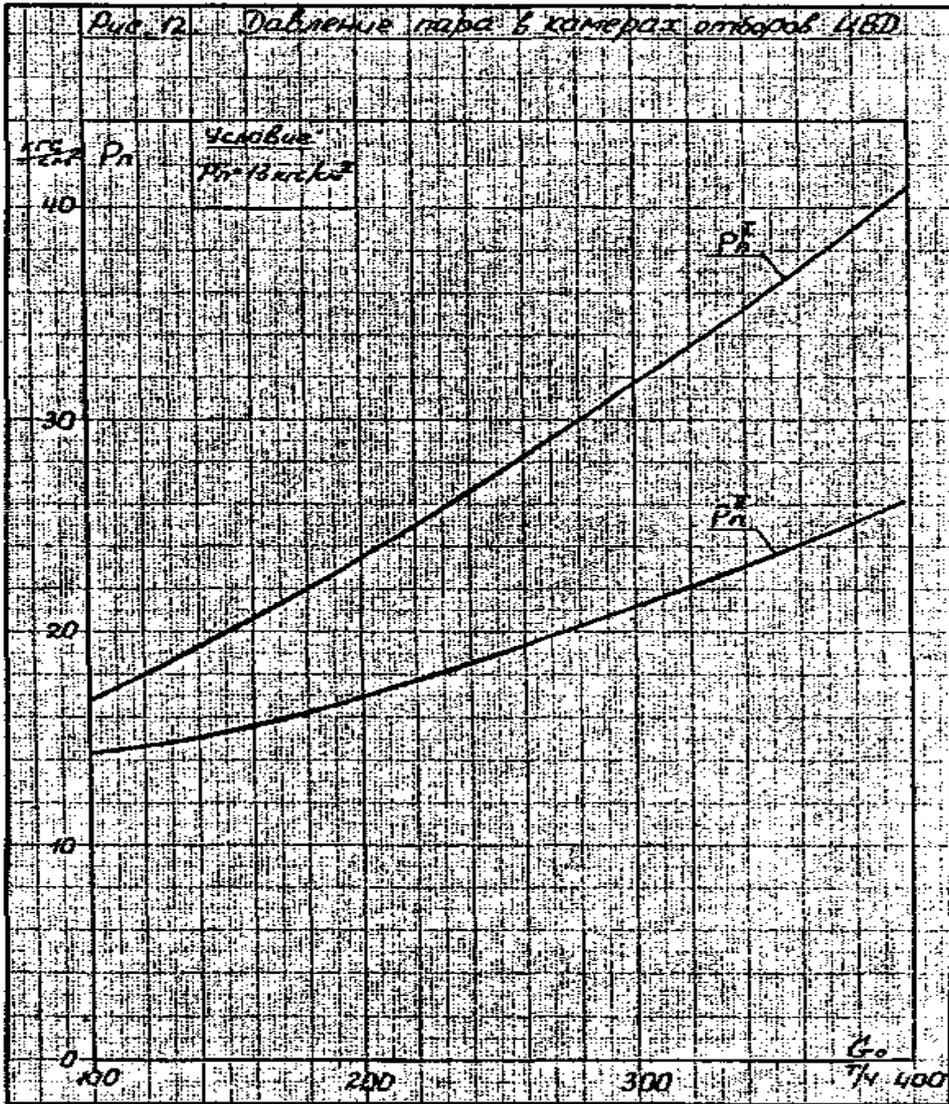
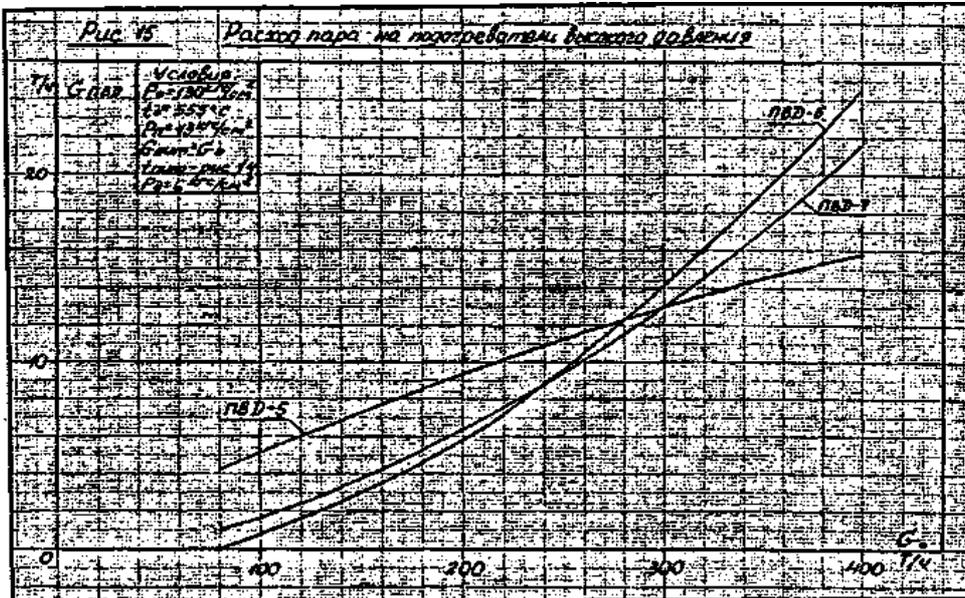
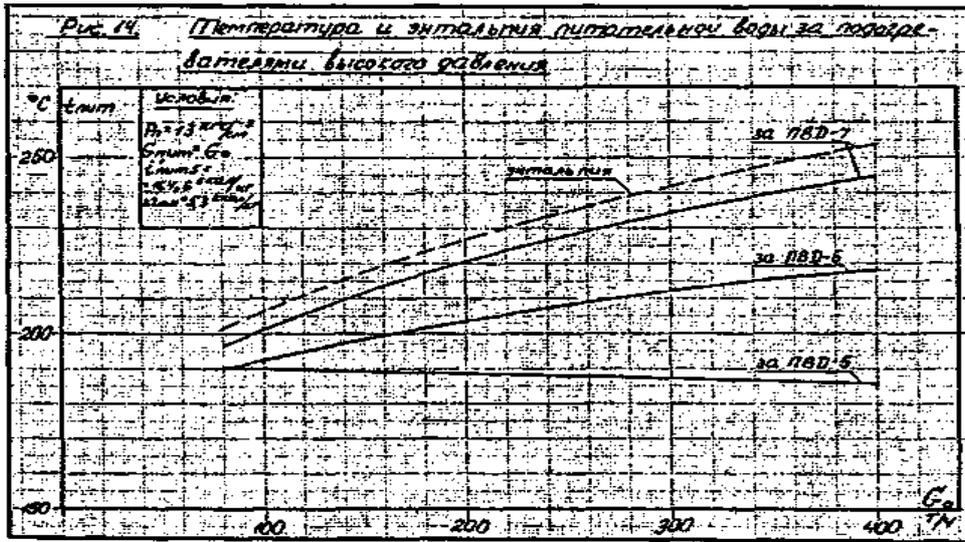
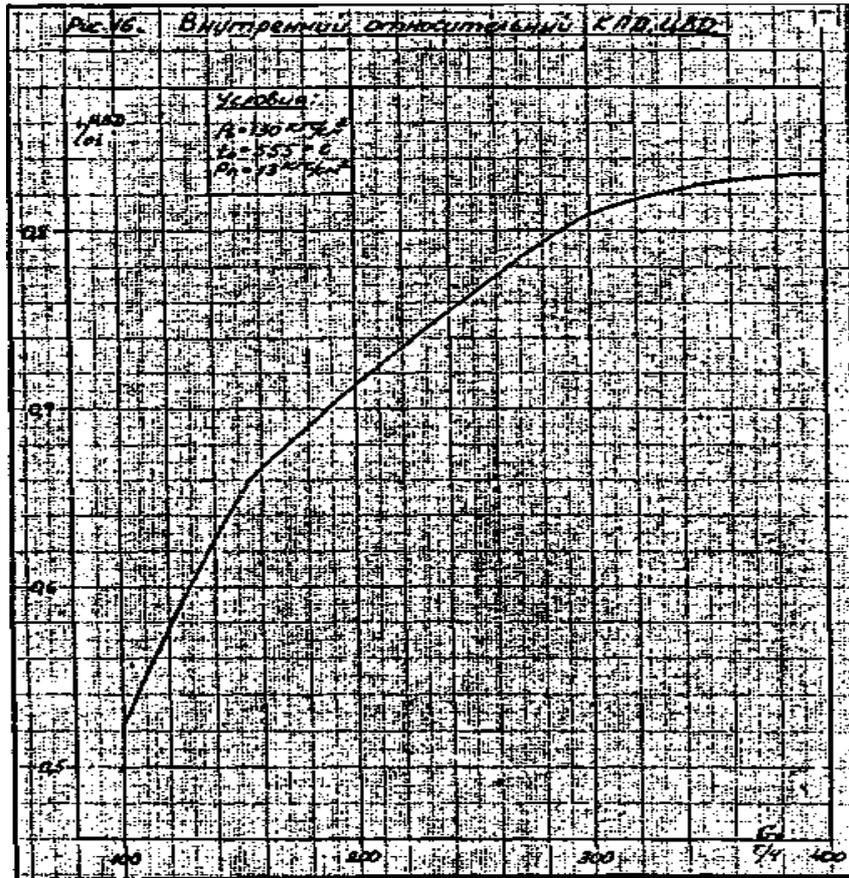


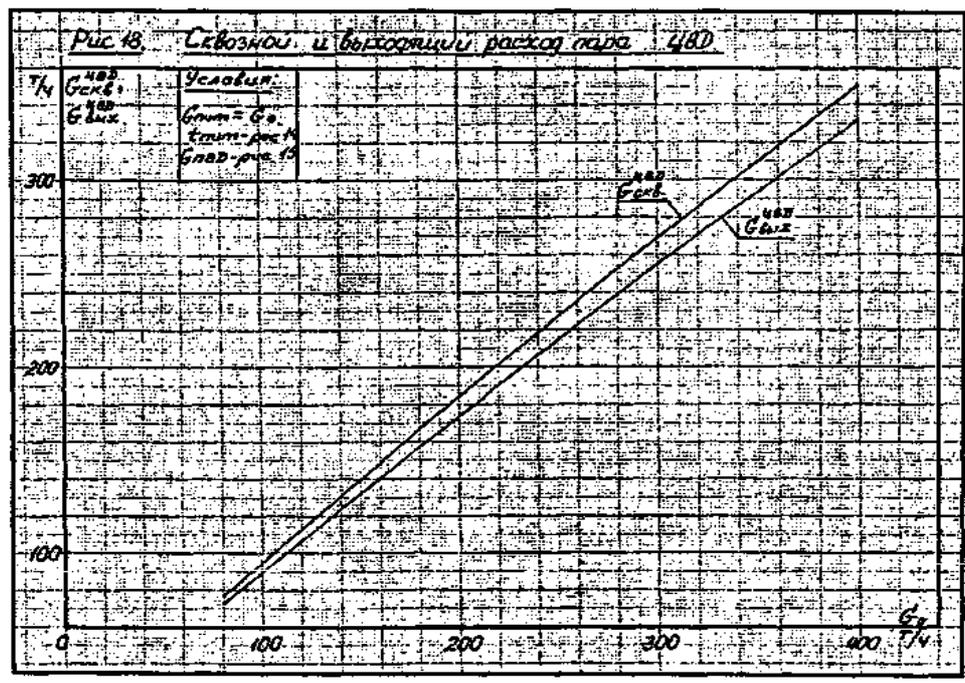
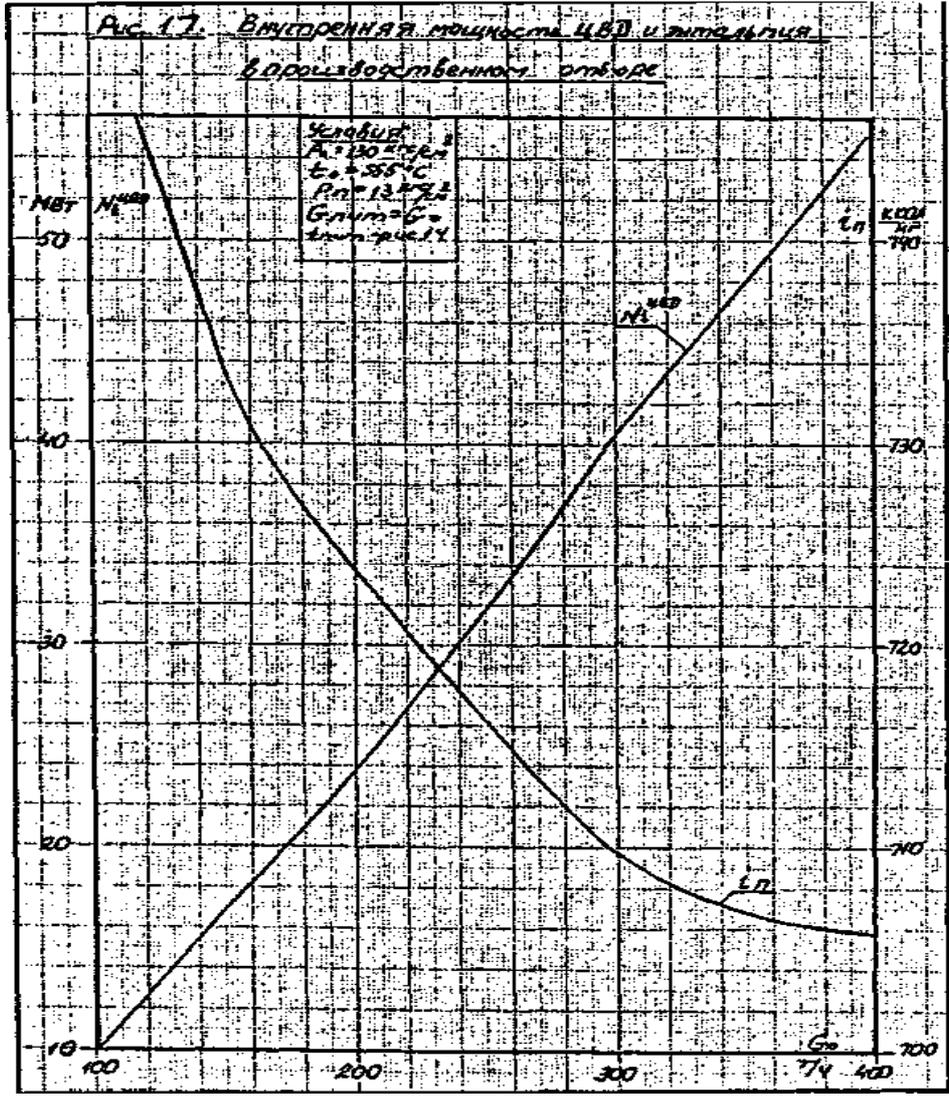
Рис. 11. Протечки и отсосы пара от концевых уплотнений ЦВД

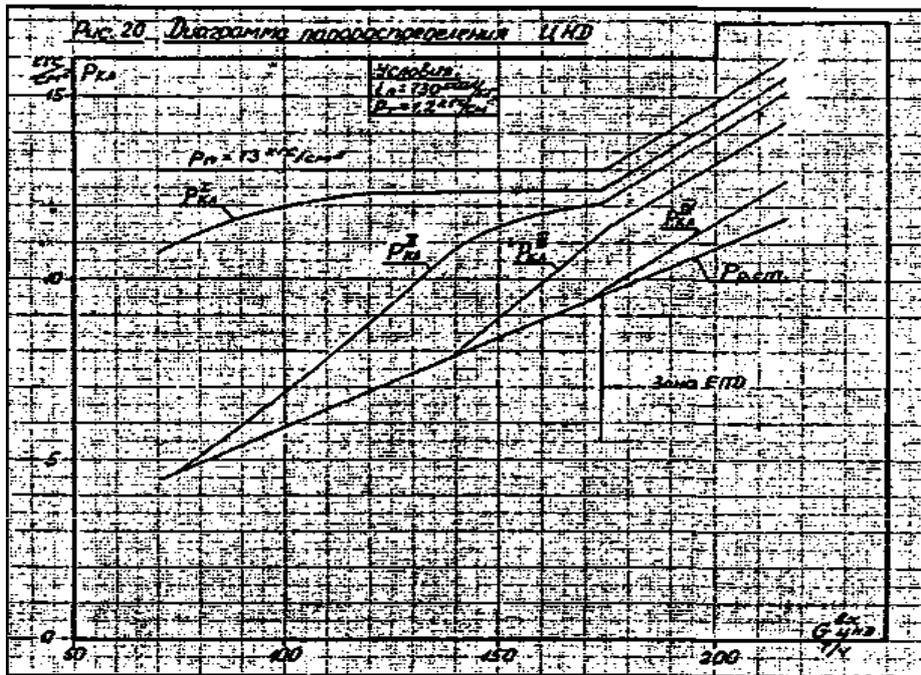
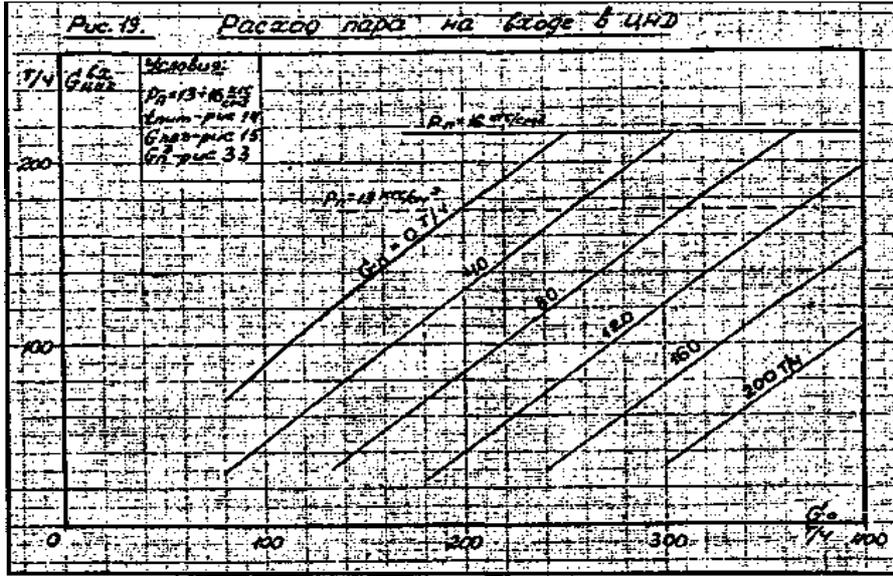












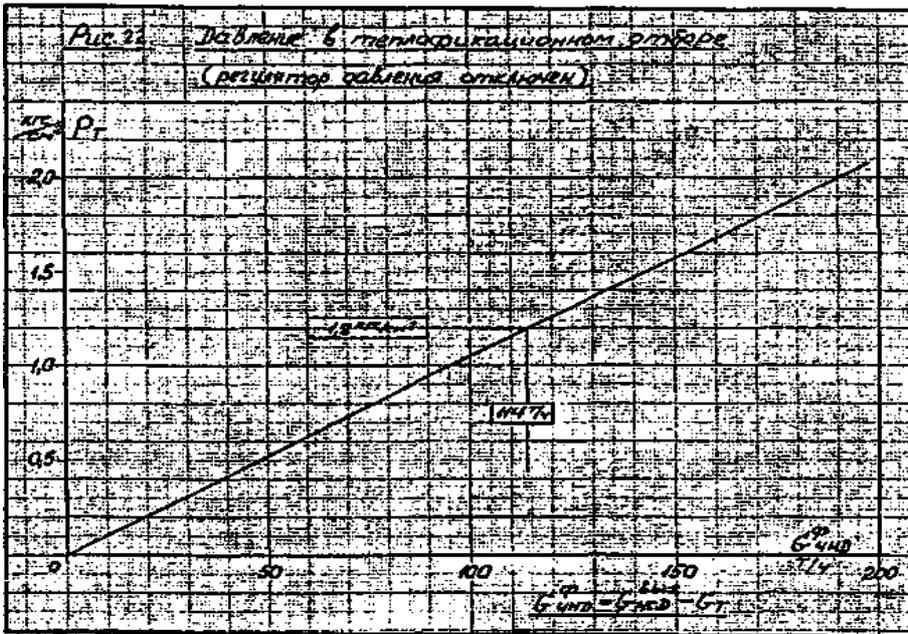
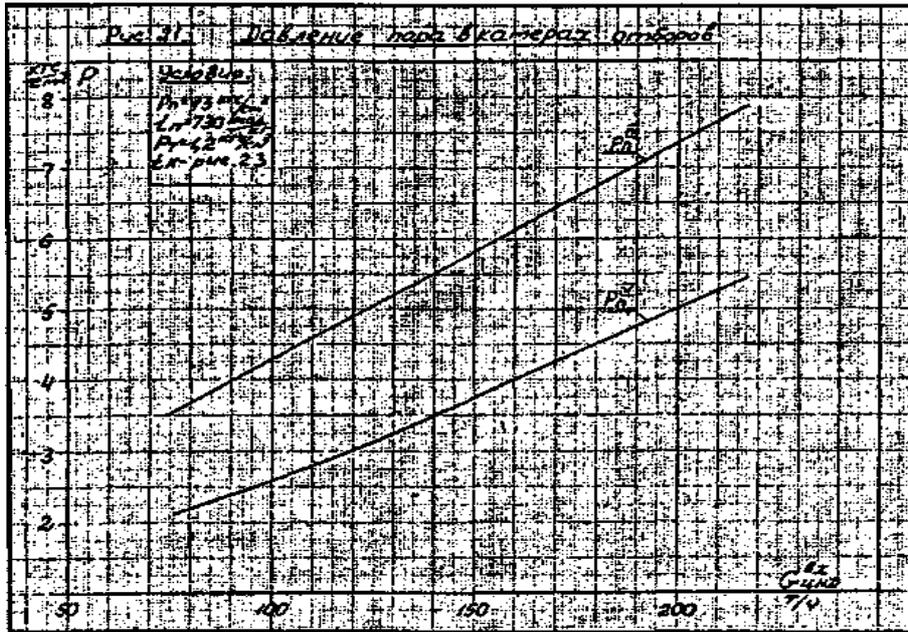
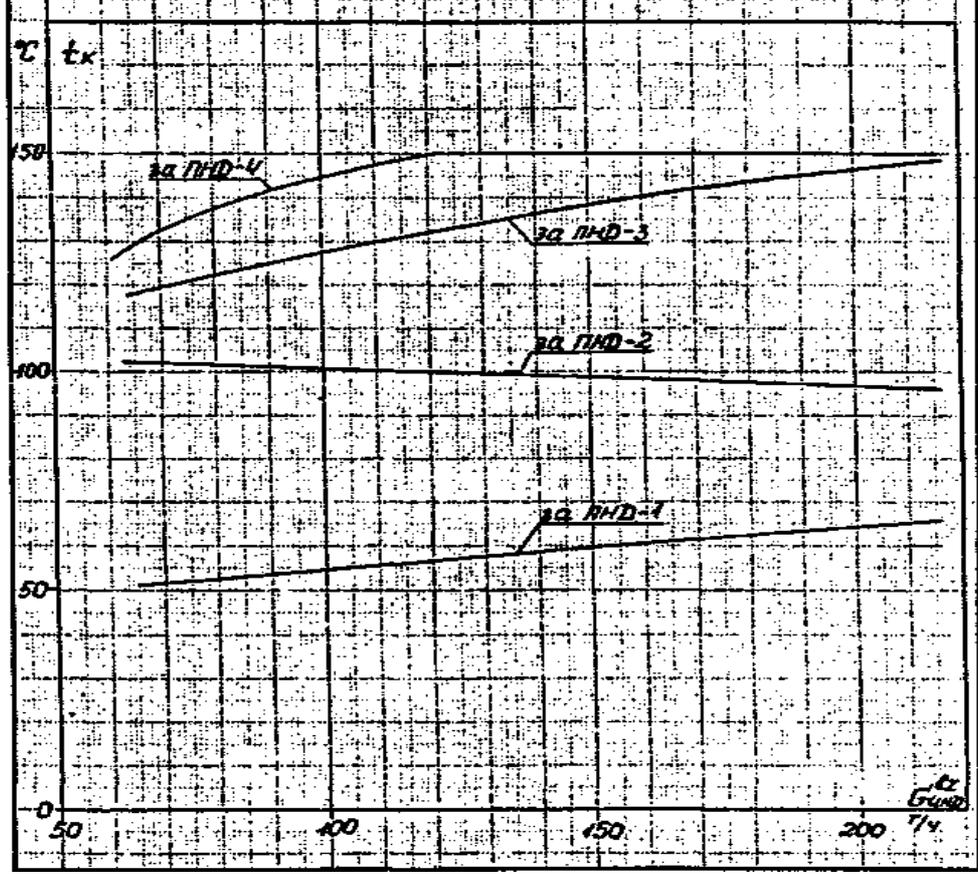


Рис. 23. Температура основного конденсата
за ПВД



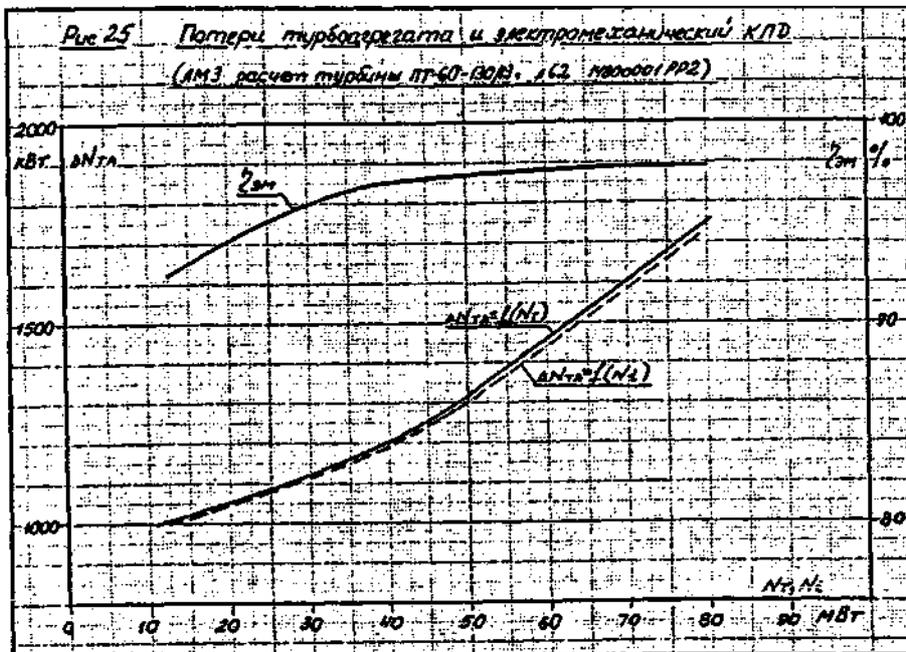
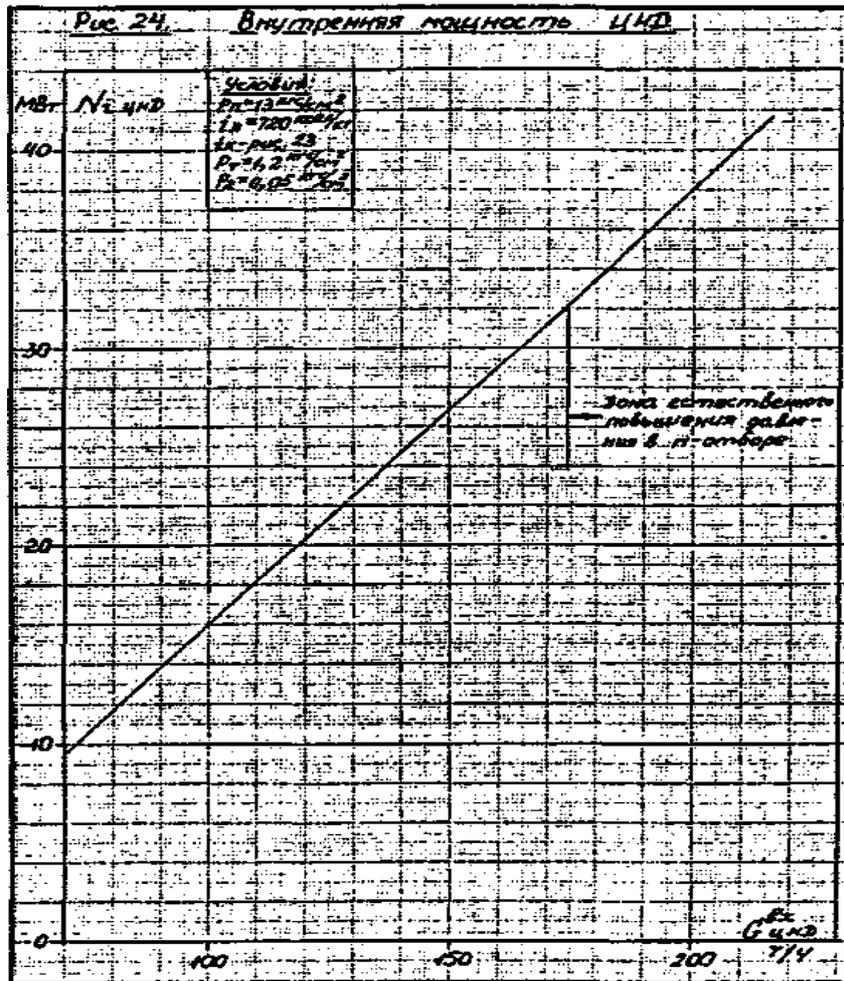


Рис. 25. Температурные кривые в процессе плавки литейного сплава.

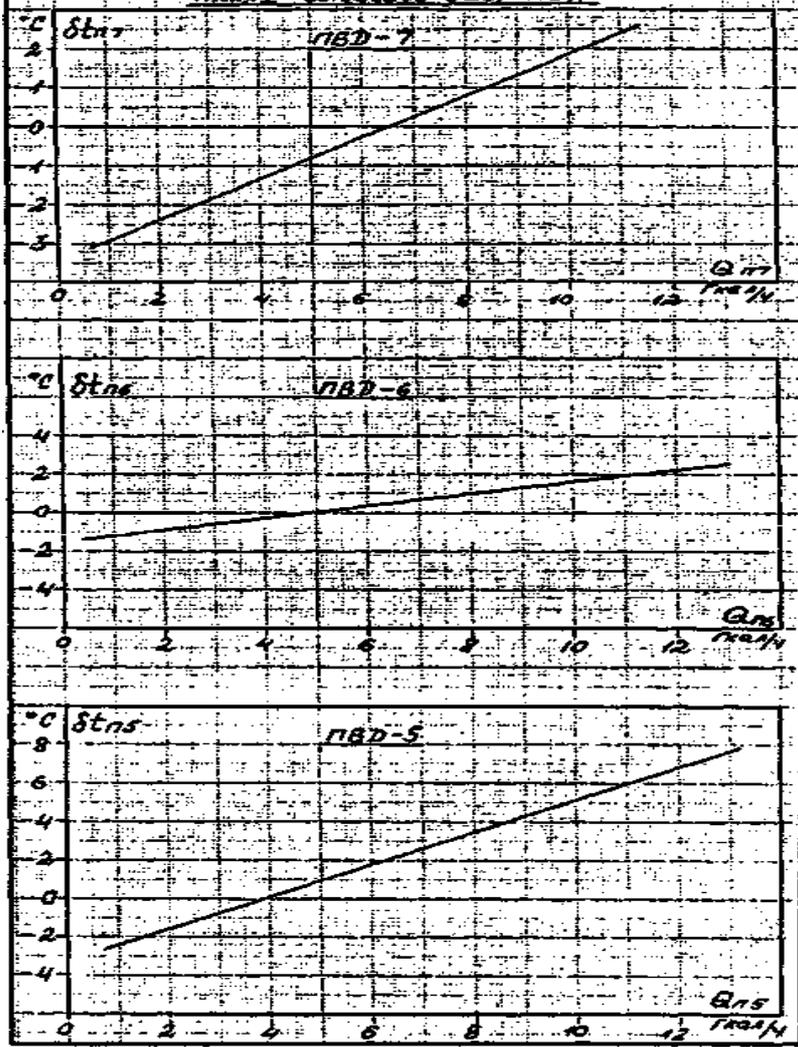
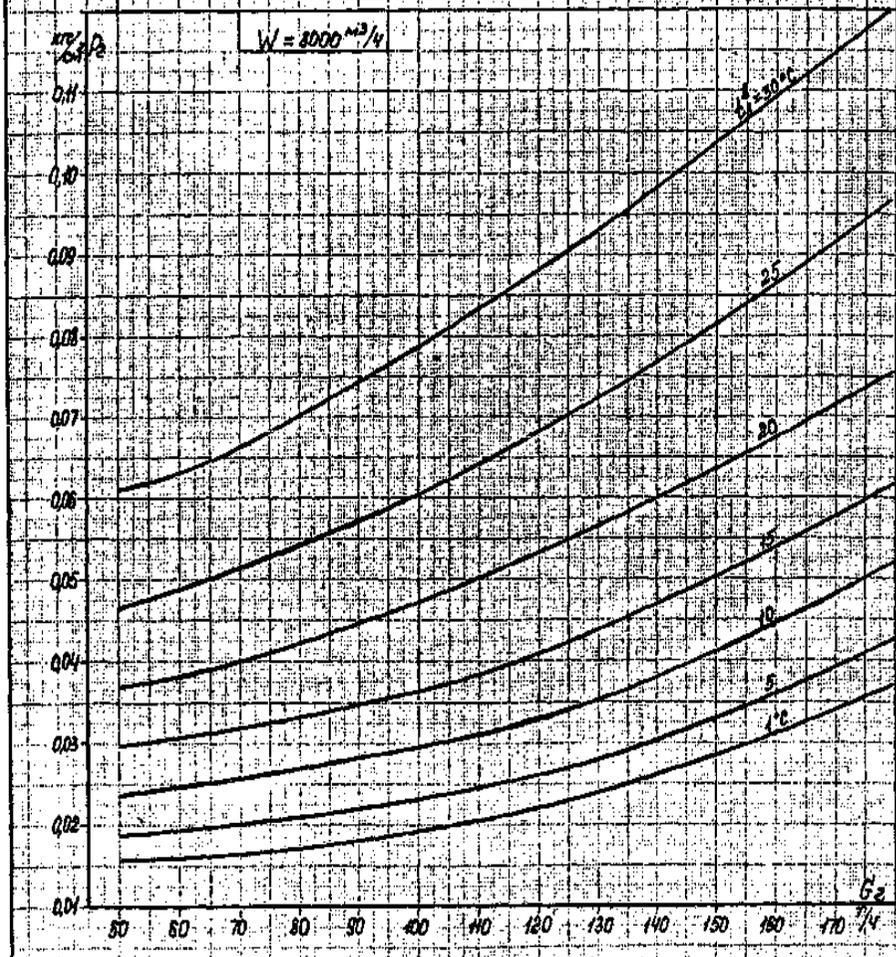


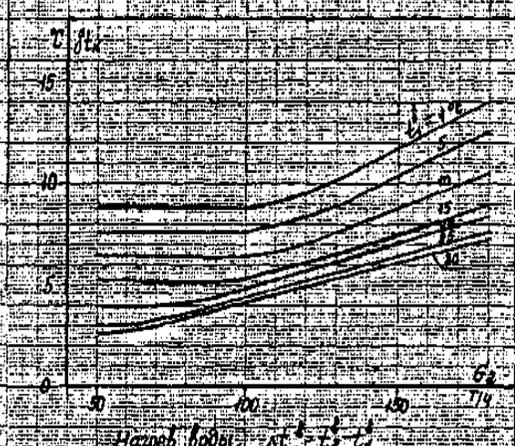
Рис. 27. Показатели работы конденсатора 50 - КЦО - Ч

Давление отработавшего пара

$W = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$



Температурный напор



Разность температур $\Delta t = t_2 - t_1$

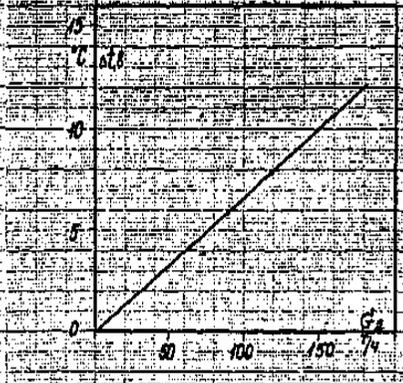


Рис. 28. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора

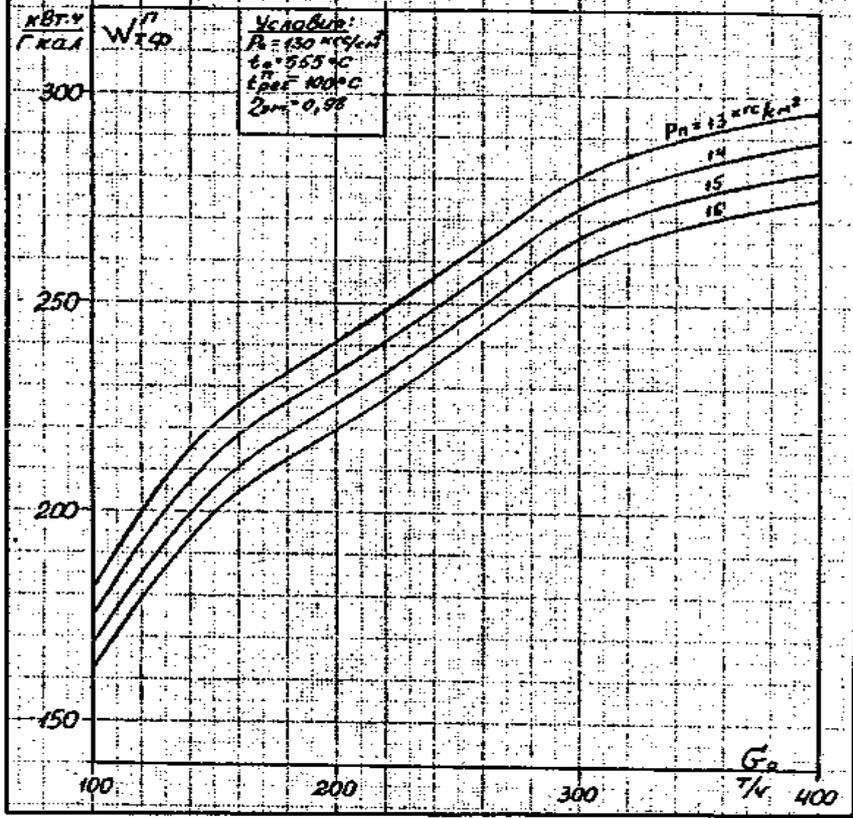
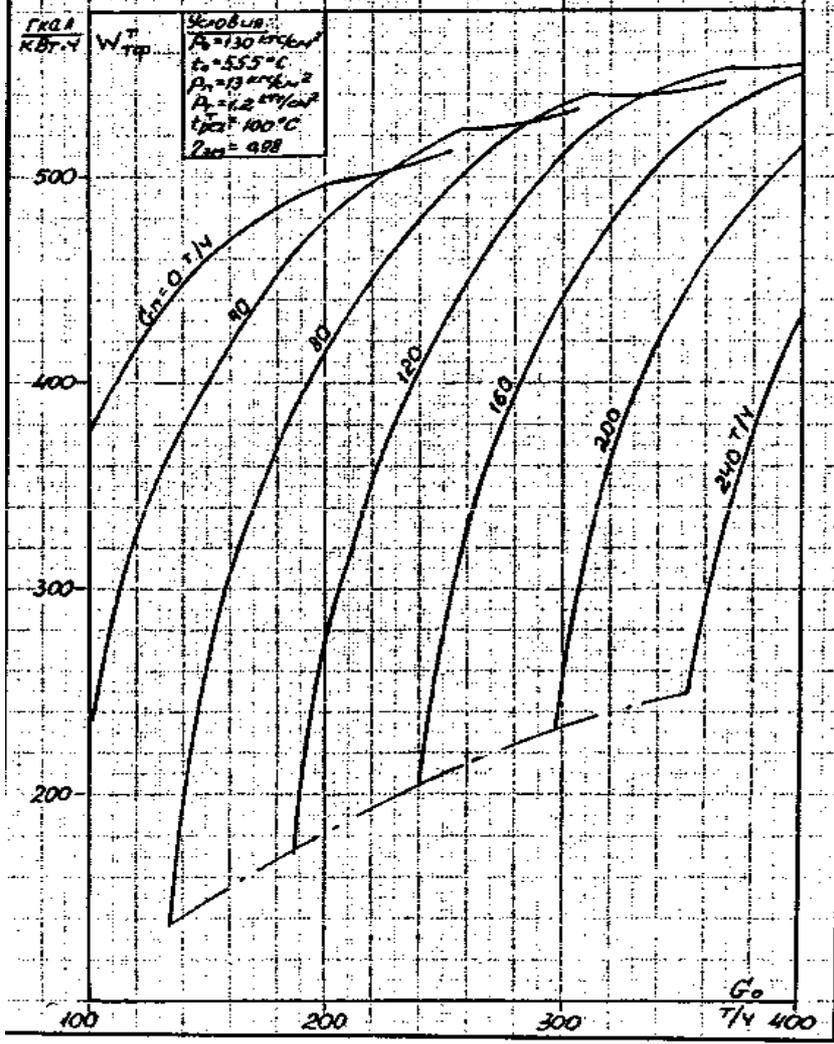
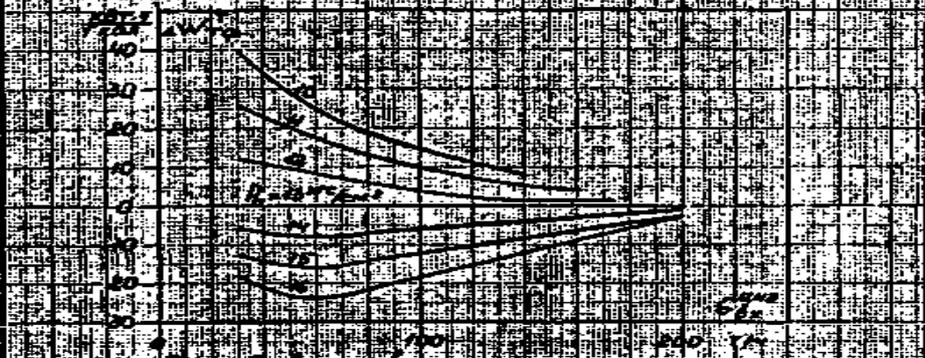


Рис. 29. Удельная выработка электроэнергии по теплотрассе -
циклическому циклу паром теплофикационного отбора.
Режим ПТ



Вкл 30
 Поправки к усталости при обработке электровакуумных
 работ (термобалкационная обработка)

а) на валки в камере производственного
 завода



б) на валки в камере термобалкационной
 обработки

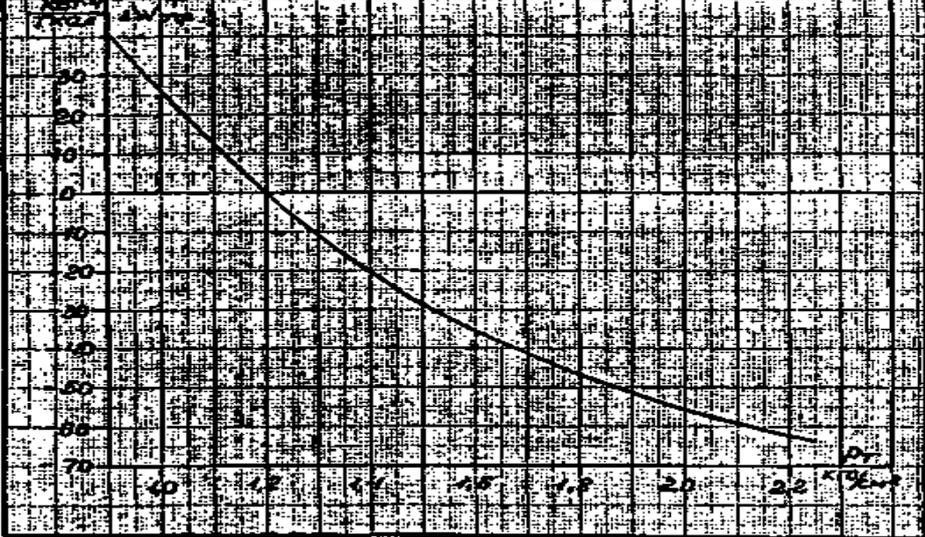


Рис. 31. Змешана пара в камере перегрева

Условные отбора

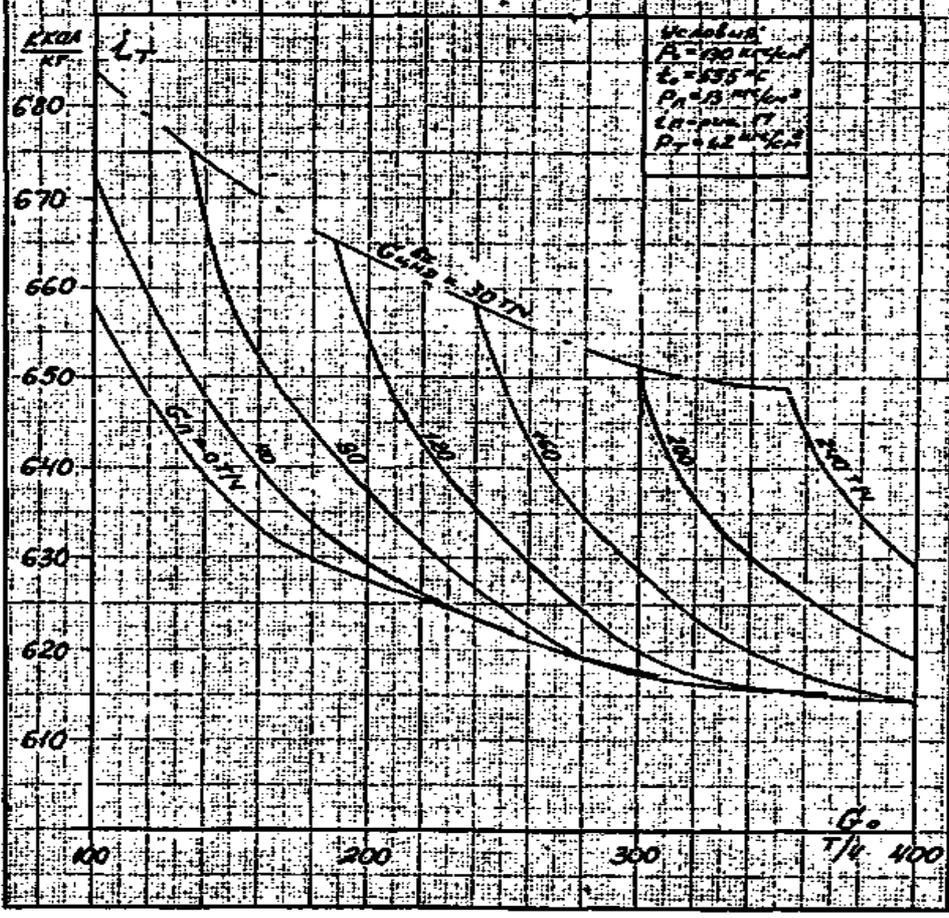
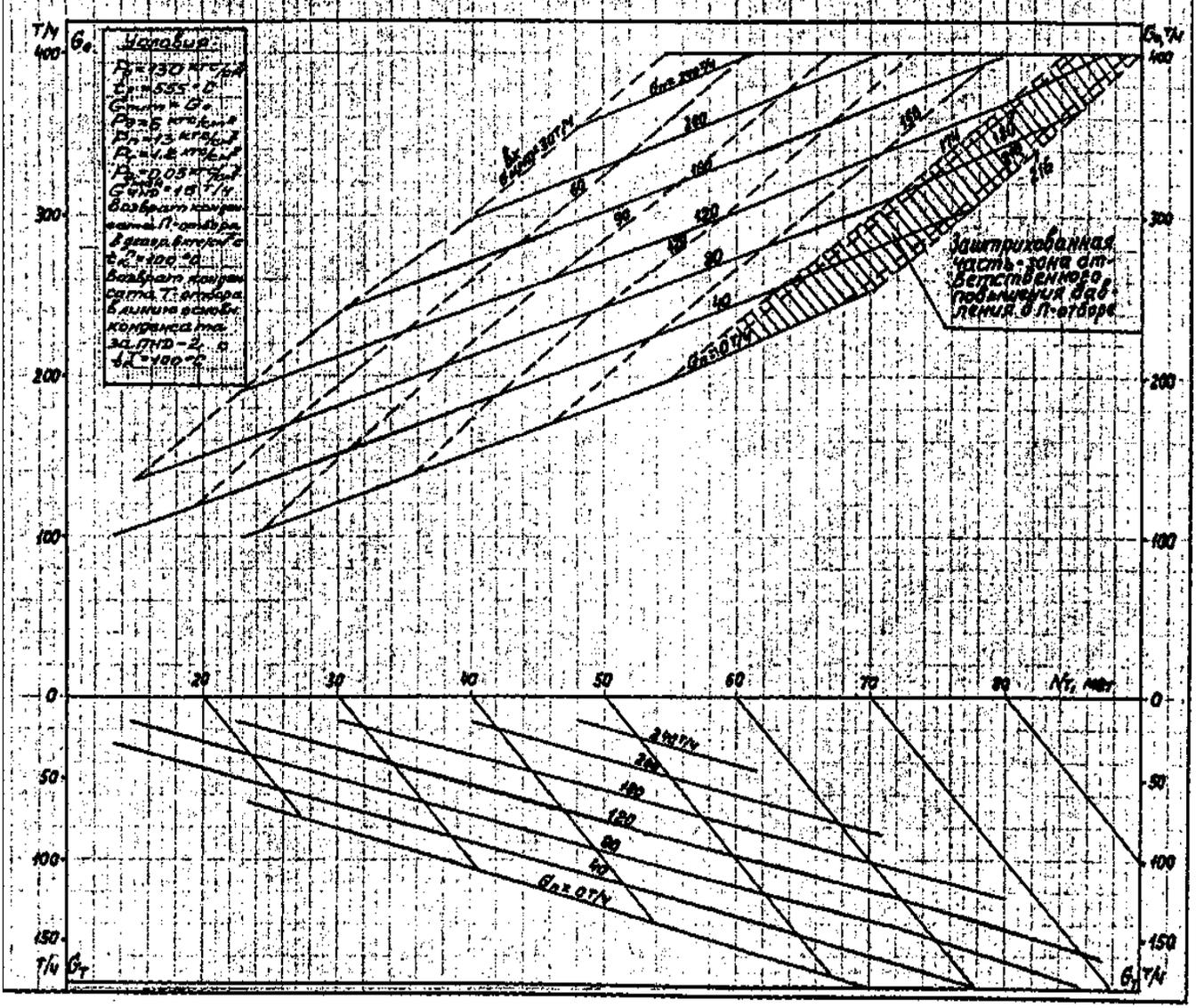


Рис. 32. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-63/75-130/13 ЛМЗ с выключенными регуляторами давления в производственном и тепловизионном отборах (режим ПТ).



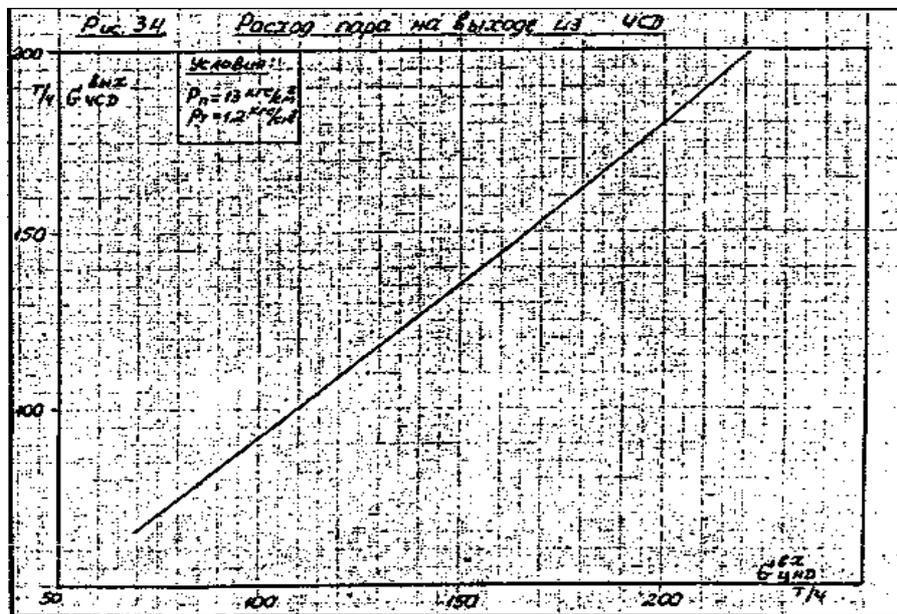
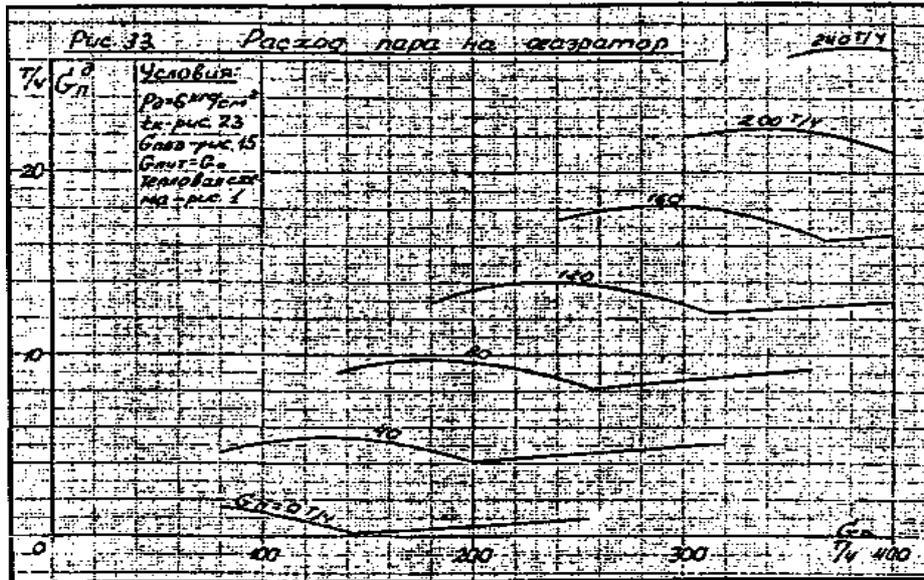


Рис. 35. Пиловая диаграмма режимов работы турбины ПТ-65/75-130/13-1М3 с выключенным регулятором давления в производственном отборе (режим П.)

Условия: $D=130 \text{ мм}$, $t_0=555^\circ\text{C}$, $\rho_0=6 \text{ кг/м}^3$, $D_1=13 \text{ мм}$, $D_2=105 \text{ мм}$, возмущение качества производственного отбора в два раза $\rho_2 \text{ кг/м}^3$ с $t_2=100^\circ\text{C}$

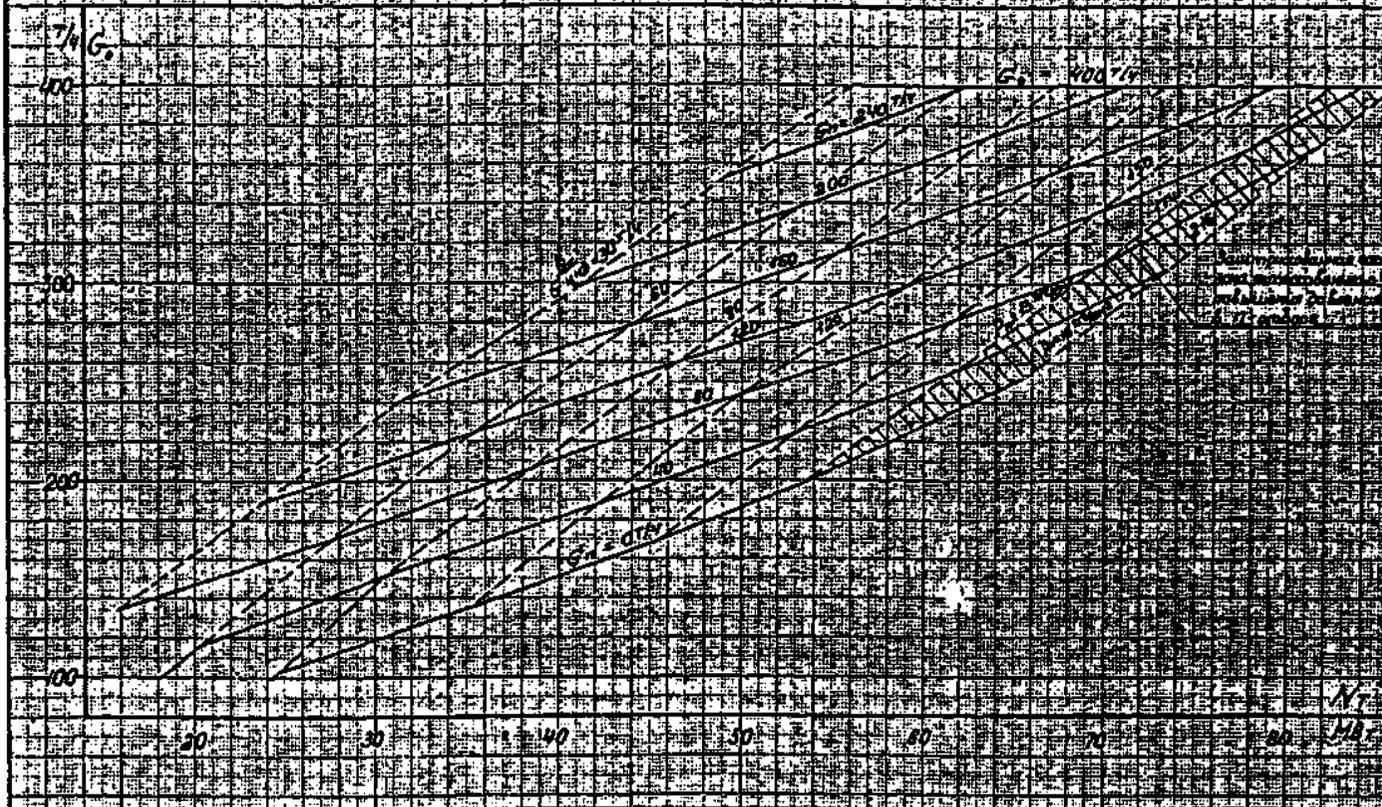
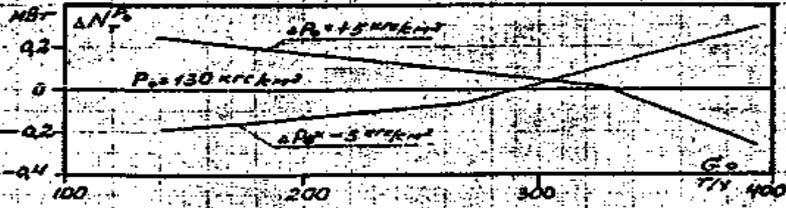


Рис 36. Поправки на отклонение давления свежего пара от номинального на $\pm 5 \text{ кгс/см}^2$ при режимах регулируемых отборах (усредненные):

а) к мощности турбины

$$\Delta P_0 = P_0 = 130 \text{ кгс/см}^2$$



б) к численному расходу тепла

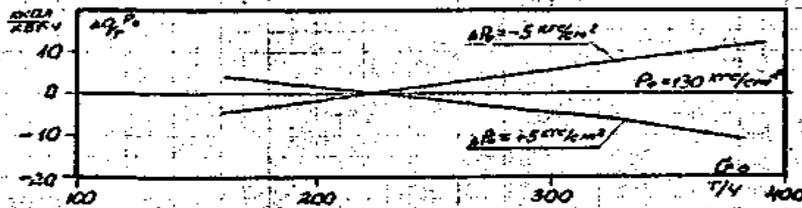
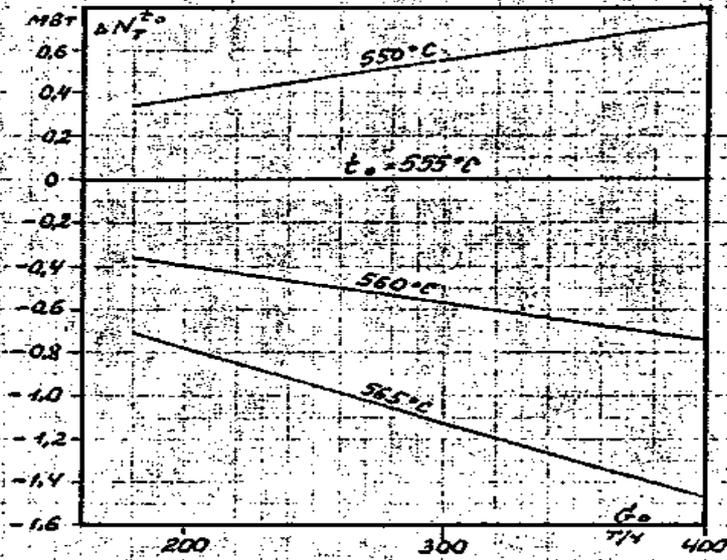


Рис. 37. Поправки на отклонение температуры свежего пара от номинальной при режимах с регулируемым отбором (чередными)

а) к мощности турбины

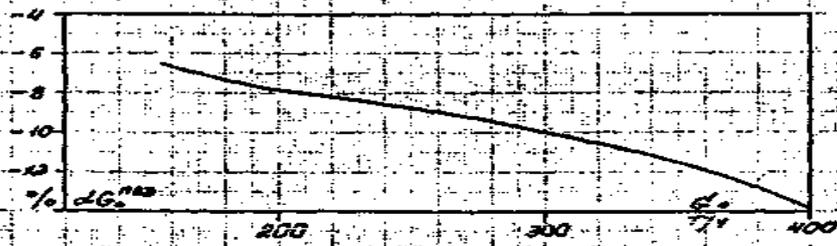


б) к удельному расходу тепла



Рис. 38. Поправки на отключение группы ПВД при режимах с регулируемым отбором

а) к расходу свежего пара



б) к удельному расходу топлива



Рис. 39. Поправки к расходу свежего пара и удельному расходу тепла на отличие режима ПВД от расчетного при работе с регулируемым отбором:

а) и б) - на отличие расхода питательной воды от расхода свежего пара

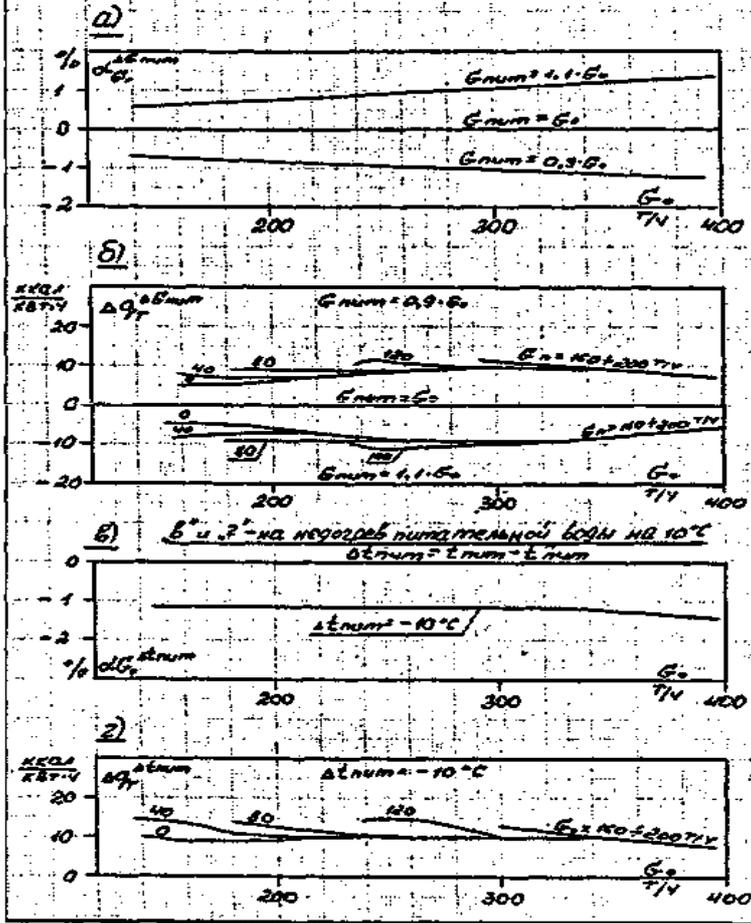


Рис. 40. Поправка к мощности на переброску возврата конденсата производственного отбора за ПВД-2 при режимах с регулируемым отбором:

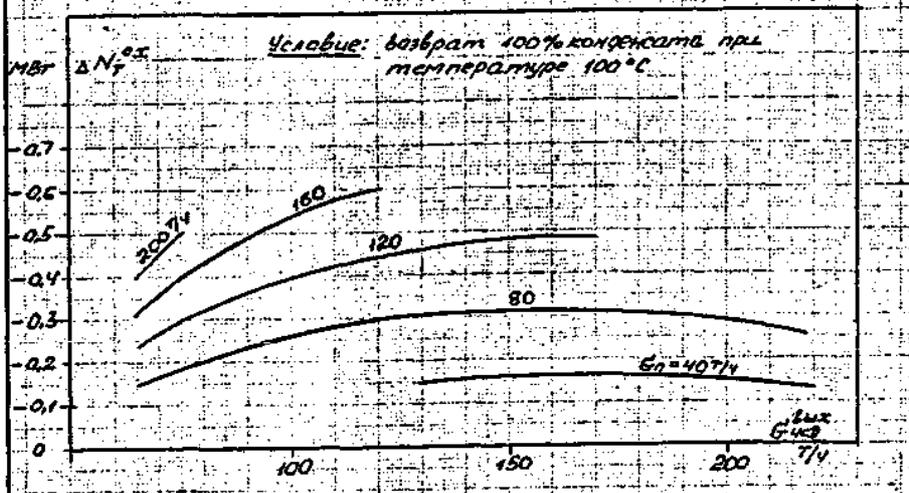
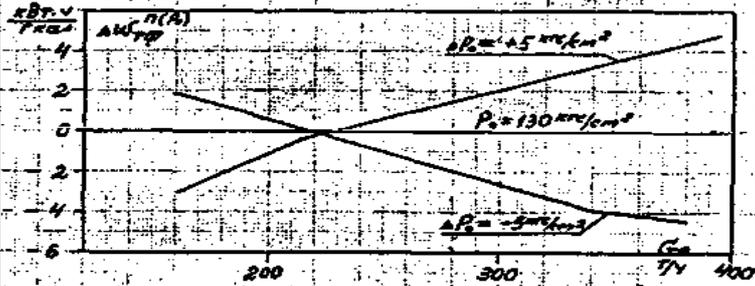


Рис 41. Поправки к чистовой выработке электроэнергии паром производственного отбора:

а) на отклонение давления свежего пара от номинального

$$\Delta P_0 = P_0 - 130 \text{ кг/см}^2$$



б) на отклонение температуры свежего пара от номинальной

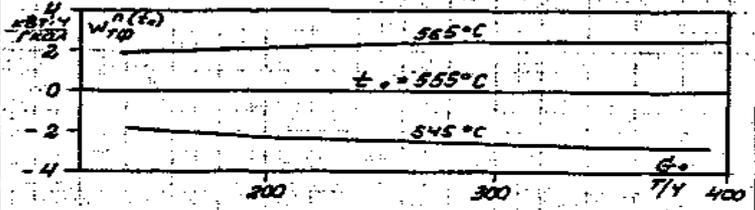
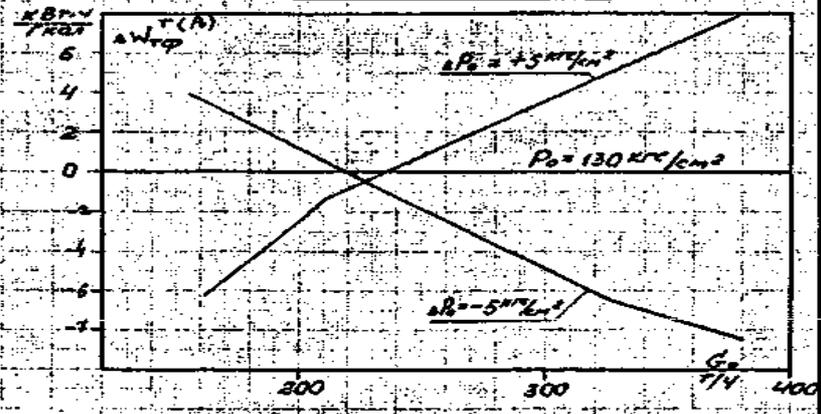


Рис. 42. Поправки к удельной выработке электроэнергии паром теплофикационного отбора:

а) на отклонение давления свежего пара от номинального

$$\Delta P_0 = P_0 - 130 \text{ кгс/см}^2$$



б) на отклонение температуры свежего пара от номинальной

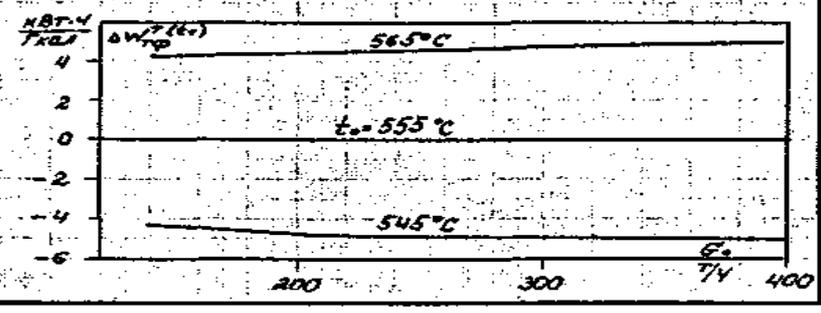


Рис. 43. Поправки к расходам тепла

в расчетные отборы на отклонение параметров свежего пара от номинальных значений:

а) на отклонение давления свежего пара от номинального



б) на отклонение температуры свежего пара от номинальной

