МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПТ-60-130/13 ЛМЗ

СЦНТИ ОРГРЭС

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПТ-60-130/13 ЛМЗ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
МОСКВА 1975

Составлено отделением общей энергетики ВТИ им. Ф.Э.Дзержинского
и цехом топливоиспользования ОРГРЭС

А в т о р ы канд.техн.наук В.Н.РУЗАНКОВ, инженеры Н.В.ЛАДИЦКАЯ (ВТИ),
Г.А.КРУГЛОВ, В.М.ДАНИЛИН (ОРГРЭС)

Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ получена путем обобщения результатов тепловых испытаний, проведенных трестом ОРГРЭС на ТЭЦ-16 Мосэнерго, ЮО ОРГРЭС на Ярославской ТЭЦ-3, ДО ОРГРЭС на Тольяттинской ТЭЦ, УО ОРГРЭС на Нижнекамской ТЭЦ, УралВТИ им. Ф.Э.Дзержинского на Челябинской ТЭЦ-2 и отражает технически достижимую экономичность при работе с расчетной тепловой схемой (график Т-I) и принятых исходных условиях.

Обработка результатов испытаний (аппроксимация исходных зависимостей, расчет обобщенных энергетических характеристик и диаграмм режимов) выполнена с помощью ЭЦВМ М-222.

О Г Л А В Л Е Н И Е

I. Условия составления нормативных характеристик 3
II. Конденсационный режим 3
III. Режимы работы с отпуском тепла из регулируемых отборов 5
IУ. Условия применения нормативных характеристик 7
У. Примеры определения нормативного удельного расхода тепла брутто на производство электроэнергии при различных режимах работы турбоагрегата 7
Принятые основные условные обозначения I0
Перечень графического материала II

Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ
Издание Специализированного центра научно-технической информации ОРГРЭС
Ответственный редактор Н.А.Натансон

Редактор Р.Н.Лейтман
Техн.редактор Н.А.Малькова
Корректор Л.Ф.Петрухина
2,5 уч.-изд.л. Цена 25 коп. (69/75) Заказ № 404/74
Л 28921 Подписано к печати I5/IУ I975 г. Тираж I500 экз.
Ротапринт СЦНТИ ОРГРЭС
I09432, Москва, Ж-432, 2-й Кожуховский проезд, д.29, корп.6

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер Главтехуправления
по эксплуатации энергосистем
В.ЗУБЕНКО

18 сентября 1974 г.

I. УСЛОВИЯ СОСТАВЛЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Типовая характеристика турбоагрегата построена при следующих исходных условиях:

- номинальное давление свежего пара перед стопорным клапаном P_0 = 130 кгс/см^2;
- номинальная температура свежего пара перед стопорным клапаном t_0 = 565^{0}С;
- давление пара в камере производственного отбора $P_п$ = =13 кгс/см^2;
- давление пара в камере теплофикационного отбора $P_т$ = =1,2 кгс/см^2;
- давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД (график Т-6);
- давление отработавшего пара в конденсаторе: для характеристик при постоянном давлении P_2 = 0,04 кгс/см^2; для характеристик при постоянных расходе (8000 м^3/ч) и температуре (20^{0}С) охлаждающей воды принято в соответствии с характеристикой конденсатора 50-КЦС-4 (график Т-27);
- протечки и отсосы пара из переднего уплотнения ЦВД (график Т-9);
- расход пара на выходе из ЦВД, ЧСД и ЧНД в зависимости от соответствующего расхода на входе (график Т-11);
- система регенерации высокого и низкого давлений включена полностью, деаэратор 6 кгс/см^2 питается паром III отбора;
- расход питательной воды равен расходу свежего пара;
- температура питательной воды и основного конденсата за подогревателями соответствует графикам Т-23, Т-24, Т-25 и Т-26;
- конденсат пара производственного и теплофикационного отборов с энтальпией 100 ккал/кг подается соответственно в деаэратор 6 кгс/см^2 и в линию основного конденсата перед ПНД № 3;
- прирост энтальпии питательной воды в питательном насосе - 8 ккал/кг;
- суммарные потери мощности турбоагрегата (электрические и механические) и электромеханический КПД - график Т-22;
- электрический генератор завода "Электросила" ТВ-60-2 с водородным охлаждением.

Результаты испытаний, принятые при составлении данной типовой характеристики, обработаны с использованием таблиц термодинамических свойств воды и водяного пара (Госэнергоиздат, 1958).

С целью использования обобщенных характеристик для расчетов на ЭЦВМ на графиках приводятся аппроксимирующие уравнения.

II. КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Типовая энергетическая характеристика брутто турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ по расходу тепла на выработку электроэнергии при работе по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления производственного и теплофикационного отборов имеет следующие аналитические выражения:

- при постоянном давлении отработавшего пара в конденсаторе P_2 = 0,04 кгс/см^2 (график Т-2)

$$Q_э = 8,2 + 2,043 N_т \quad \text{Гкал/ч;} \qquad (1)$$

- при постоянных расходе ($W_{охл}$ = 8000 м^3/ч) и температуре ($t_1^в$ = 20°С) охлаждающей воды (график Т-3)

$$Q_э = 6,15 + 2,102\, N_т \text{ Гкал/ч}. \qquad (2)$$

Нормативная температура питательной воды, отвечающая условиям работы турбоагрегата по конденсационному режиму, приведена на графике Т-23.

Нормативная характеристика конденсатора 50-КЦС-4, данная на графике Т-27, используется для установления нормативного вакуума и температурного напора в соответствии с исходной температурой охлаждающей воды. При этом расход пара в конденсатор находится из соотношения

$$D_2 = 0,75\, D_0 \quad \text{т/ч}. \qquad (3)$$

Поправка к мощности на зажимах генератора ($N_т$) на изменение давления отработавшего пара в конденсаторе определяется по графику Т-28, для чего предварительно рассчитывается расход пара на входе в ЧНД

$$D_{чнд}^{вх} = 0,8\, D_0 - 2 \text{ т/ч}. \qquad (4)$$

В случае отклонения параметров свежего пара от номинальных и температуры питательной воды от нормативного значения (график Т-23) вносятся поправки к удельному или полному расходу тепла на турбоагрегат:

- на 1 кгс/см^2 давления свежего пара - 0,06%;
- на 10°С температуры свежего пара - 0,25%;
- на 10°С температуры питательной воды - 0,45%.

Типовая энергетическая характеристика нетто турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ для условий работы по конденсационному циклу определена на основе характеристики брутто при постоянных расходе (8000 м^3/ч) и температуре (20°С) охлаждающей воды и соответствует следующим эксплуатационным условиям:

- напор, развиваемый циркуляционными насосами, - 10 м вод.ст.;
- КПД циркуляционного насоса - 85%;
- расход тепла на собственные нужды турбоагрегата - 0,3% $Q_э$;
- расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата учитывает затраты мощности на привод насосов: циркуляционных, конденсатных, сливного ПНД № 2, газоохладителей генератора. Общецеховые расходы (освещение, собственные нужды электроцеха и прочие) в расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата не включаются.

Расчет характеристики нетто турбоагрегата представлен в табл. I.

Таблица I

Показатель	Мощность на зажимах генератора, МВт					
	10	20	30	40	50	60
Мощность, потребляемая механизмами собственных нужд турбоагрегата, кВт	378	395	412	429	446	463
В том числе циркуляционными насосами при напоре H = 10 м вод.ст.	313					
Мощность нетто турбоагрегата $N_т^н$, МВт	9,62	19,6	29,59	39,57	49,55	59,54
Расход тепла на выработку электроэнергии, Гкал/ч	27,18	48,20	69,23	90,25	111,28	132,30
Расход тепла на собственные нужды, %	0,3					
Расход тепла на выработку электроэнергии, включая расход тепла на собственные нужды, Гкал/ч	27,26	48,34	69,44	90,52	111,61	132,70

Окончание таблицы I

Показатель	Мощность на зажимах генератора, МВт					
	10	20	30	40	50	60
Уравнение расходной характеристики по мощности нетто, Гкал/ч	$6,95 + 2,112 N_T^N$					
Поправка к удельному расходу тепла нетто на изменение напора насоса на 1 м вод.ст., % ...	0,34	0,16	0,10	0,08	0,06	0,05

III. РЕЖИМЫ РАБОТЫ С ОТПУСКОМ ТЕПЛА ИЗ РЕГУЛИРУЕМЫХ ОТБОРОВ

Типовые диаграммы режимов для условий работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с отпуском тепла из регулируемых отборов приведены в следующих приложениях:

Приложение 1. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенными регуляторами давления в производственном и теплофикационном отборах (режим ПТ).

Приложение 2. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенным регулятором давления в производственном отборе (режим П).

Приложение 3. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенным регулятором давления в теплофикационном отборе (режим Т).

На диаграммах указаны условия их построения и приведены правила пользования.

В приложении 4 приведены вспомогательные графические зависимости, позволяющие определить поправки к мощности на зажимах генератора на отличие фактических эксплуатационных условий от принятых при построении типовых диаграмм режимов.

Типовые диаграммы режимов позволяют непосредственно определять для принятых исходных условий (N_T, $D_П$, D_T, $P_П$, P_T, P_2) расход пара и тепла на турбоагрегат. Используя вспомогательные графики, можно подсчитать также полный и удельный расходы тепла на производство электроэнергии по формулам:

$$Q_Э = Q_0 - Q_П - Q_T \quad \text{Гкал/ч} \qquad (5)$$

и

$$q_T = \frac{Q_Э}{N_T} \cdot 10^3 \quad \text{ккал/(кВт·ч)}. \qquad (6)$$

Отпуск тепла из производственного отбора

$$Q_П = D_П (i_П - 100) \cdot 10^{-3} \text{ Гкал/ч}. \qquad (5а)$$

Отпуск тепла из теплофикационного отбора

$$Q_T = D_T (i_T - 100) \cdot 10^{-3} \text{ Гкал/ч}. \qquad (5б)$$

Энтальпию пара производственного отбора $i_п$ при определении расчетных норм удельных расходов необходимо находить по фактическим давлению и температуре в этом отборе.

При выполнении расчетов на предстоящий период энтальпия пара производственного отбора определяется по графику Т-I2.

При отклонении давления пара в производственном отборе от I3 кгс/см^2 к энтальпии пара вносится поправка по графику Т-I2 или уравнению

$$\Delta i_п = 3{,}83\ P_п - 49{,}7 \text{ ккал/кг.} \qquad (7)$$

Энтальпия пара теплофикационного отбора определяется по графику Т-I4.

При отклонении давления пара в теплофикационном отборе от I,2 кгс/см^2 к энтальпии пара вносится поправка по графику Т-I4 или уравнению

$$\Delta i_т = -45{,}4 + 46{,}I\ P_т - 6{,}93 P_т^2 \qquad \text{ккал/кг.} \quad (8)$$

Нормативный расход тепла на производство электроэнергии можно определять исходя из установления показателей, характеризующих развиваемую мощность по теплофикационному и конденсационному циклам. В общем виде расход тепла на производство электроэнергии при работе турбоагрегата с отпуском тепла из регулируемых отборов подсчитывается по энергетическому уравнению

$$Q_э = Q_э^{исх} + \Delta q_{тф} N_{тф} + \Delta q_{кн} N_{кн} \pm \delta Q_{э P_т} \pm \delta Q_{э P_п} \text{ Гкал/ч,} \qquad (9)$$

где $Q_э^{исх}$ – исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии, учитывающая холостой ход и потери, связанные с работой органов парораспределения при поддержании заданного давления в регулируемых отборах, Гкал/ч;

$\Delta q_{тф}$ и $\Delta q_{кн}$ – относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии соответственно по теплофикационному и конденсационному циклам, Гкал/МВт.ч;

$N_{тф}$ – электрическая мощность, развиваемая по теплофикационному циклу за счет отпуска тепла из регулируемых отборов;

$$N_{тф} = (W_{тф}^т Q_т + W_{тф}^п Q_п) 10^{-3} \text{ МВт;} \qquad (10)$$

$W_{тф}^т$ и $W_{тф}^п$ – удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу при отпуске тепла соответственно из теплофикационного и производственного отборов, кВт.ч/Гкал;

$N_{кн}$ – электрическая мощность, развиваемая по конденсационному циклу;

$$N_{кн} = N_т - N_{тф} \qquad \text{МВт;} \qquad (11)$$

$\delta Q_{э P_т}$, $\delta Q_{э P_п}$ – поправки для режима ПТ к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии при отклонении давления пара соответственно теплофикационного и производственного отборов от принятых в исходных условиях, Гкал/ч.

Исходные величины, необходимые для подсчета расхода тепла на производство электроэнергии, находятся в зависимости от использования регуляторов давления пара производственного и теплофикационного отборов по графикам, указанным в табл.2.

Таблица 2

Показатель	Обозначение	Режимы работы турбоагрегата		
		Режим ПТ	Режим П	Режим Т
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии	$Q_э^{исх}$	График Т-30	График Т-29	График Т-29
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по:				
– теплофикационному циклу	$\Delta q_{тф}$	0,873	0,873	0,873
– конденсационному циклу	$\Delta q_{кн}$	График Т-30	I,9I	I,84

Окончание таблицы 2

Показатель	Обозначение	Режимы работы турбоагрегата		
		Режим ПТ	Режим П	Режим Т
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром:				
- производственного отбора	$W^{п}_{тф}$	График Т-13	График Т-13	-
- теплофикационного отбора	$W^{т}_{тф}$	График Т-15	-	График Т-16

IУ. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

I. Нормативные характеристики турбоагрегата действительны при расчетной тепловой схеме (график Т-I) для исходных условий и в диапазонах изменения электрических и тепловых нагрузок, приведенных на соответствующих графиках. Определение нормативных показателей путем экстраполяции не допускается.

В случаях, когда масштаб графиков не позволяет определить нормативные показатели с достаточной точностью, расчеты следует производить по соответствующим аналитическим зависимостям.

2. При определении нормативного удельного расхода тепла брутто допускается вводить поправки на отклонение параметров и условий работы от принятых при построении нормативных характеристик по причинам, не зависящим от эксплуатационного персонала.

Поправки вводятся на:

- изменение исходной температуры циркуляционной воды (или соответствующее изменение давления пара в конденсаторе);
- отклонение давления пара в производственном отборе в соответствии с требованиями потребителей;
- изменение давления пара в теплофикационном отборе в соответствии с температурным графиком тепловой сети;
- снижение температуры свежего пара, производимое по решениям Минэнерго СССР.

У. ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВНОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТЕПЛА БРУТТО НА ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ТУРБОАГРЕГАТА

I. Конденсационный режим с отключенными регуляторами давления пара производственного и теплофикационного отборов.

Исходные данные: N_T = 50 МВт, P_2 = 0,055 кгс/см^2.

Параметры свежего пара - номинальные.

В табл.3 приводится последовательность расчета.

Таблица 3

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Расход тепла на выработку электроэнергии при P_2 = 0,04 кгс/см^2	$Q_э$	Гкал/ч	Уравнение (I) или график Т-2	II0,35
Расход свежего пара на турбоагрегат при P_2 = 0,04 кгс/см^2	D_0	т/ч	7,6+3,48I N_T или график Т-2	I8I,65
Расход пара на входе в ЧНД	$D^{вх}_{ЧНД}$	т/ч	Уравнение (4)	I43
Поправка к мощности N_T на отклонение давления отработавшего пара от 0,04 кгс/см^2	ΔN_{P_2}	МВт	График Т-28	0,320
Поправка к расходу тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления отработавшего пара от 0,04 кгс/см^2	$\Delta Q_{э P_2}$	Гкал/ч	2,043 ΔN_{P_2}	0,65
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	q_T	ккал/кВт·ч	$\frac{Q_э+\Delta Q_э}{N_T}\cdot 10^3$	2220

2. Режим с отпуском тепла из производственного и теплофикационного отборов (режим ПТ).

На этом примере рассмотрены принципы расчета, присущие как режиму ПТ, так и режимам П и Т.

Исходные данные:

N_T = 60 МВт, $D_П$ = I80 т/ч, $P_П$ = I6 кгс/см^2,
D_T = 40 т/ч, P_T = 2,0 кгс/см^2,
P_2 = 0,05 кгс/см^2.

Тепловая схема - расчетная, параметры свежего пара - номинальные.

В табл.4 приводится последовательность расчета.

Таблица 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Расход свежего пара на турбоагрегат при условиях построения диаграммы	D'_0	т/ч	Приложение I	359
Расход пара на выходе из ЧСД при условиях построения диаграммы	$D'^{вых}_{ЧСД}$	т/ч	Приложение I	84
Расход пара на входе в ЧНД	$D^{вх}_{ЧНД}$	т/ч	$D'^{вых}_{ЧСД} - D_T$	44
Поправка к мощности N_T на отклонение $P_П$ от I3 кгс/см^2	$\Delta N_{P_П}$	МВт	Приложение 4, график Ш	3,2
Поправка к мощности N_T на отклонение P_T от I,2кгс/см^2	ΔN_{P_T}	МВт	Приложение 4, график IУ	2,6
Поправка к мощности N_T на отклонение P_2 от 0,04 кгс/см^2	ΔN_{P_2}	МВт	График Т-28	0,4
Фиктивная мощность на зажимах генератора	$N^Ф_T$	МВт	$N_T+\Delta N_{P_П}+\Delta N_{P_T}+\Delta N_{P_2}$	65,3
Расход пара на турбоагрегат при исходных данных	D_0	т/ч	Приложение I (по $N^Ф_T$)	378
Расход пара на выходе из ЧСД при исходных данных	$D^{вых}_{ЧСД}$	т/ч	Приложение I (по $N^Ф_T$)	96
Расход пара на входе в ЧСД	$D^{вх}_{ЧСД}$	т/ч	$\frac{D^{вых}_{ЧСД}-4,08}{0,87I}$	I05,5
I-й способ				
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора	$W^П_{Тф}$	кВт·ч/Гкал	График Т-I3	267

Продолжение таблицы 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора при заданном $P_т$	$W^т_{тф}$	кВт·ч/Гкал	График Т-I5 $(W^т_{тф}+\Delta W^т_{тф})$	479
Энтальпия пара производственного отбора при заданном $P_п$	$i_п$	ккал/кг	График Т-I2 $(i_п+\Delta i_п)$	727
Энтальпия пара теплофикационного отбора при заданном $P_т$	$i_т$	ккал/кг	График Т-I4 $(i_т+\Delta i_т)$	657
Отпуск тепла из производственного отбора	$Q_п$	Гкал/ч	Уравнение (5а)	II2,9
Отпуск тепла из теплофикационного отбора	$Q_т$	Гкал/ч	Уравнение (5б)	22,3
Мощность турбины, развиваемая по теплофикационному циклу	$N_{тф}$	МВт	Уравчение (I0)	40,8
Мощность турбины, развиваемая по конденсационному циклу	$N_{кн}$	МВт	$N_т - N_{тф}$	I9,2
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии	$Q^{исх}_э$	Гкал/ч	График Т-30	7,7
Поправка к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления $P_т$ от I,2 кгс/см^2	$\delta Q_{эр_т}$	Гкал/ч	График Т-30	I,8
Поправка к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления $P_п$ от I3 кгс/см^2	$\delta Q_{эр_п}$	Гкал/ч	График Т-30	I,5

Окончание таблицы 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по конденсационному циклу	$\Delta q_{кн}$	Гкал/(МВт·ч)	График Т-30	I,882
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по теплофикационному циклу	$\Delta q_{тф}$	Гкал/(МВт·ч)	Таблица 2	0,873
Расход тепла на выработку электроэнергии	$Q_э$	Гкал/ч	Уравнение (9)	82,73
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	$q_т$	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_э}{N_т}\cdot 10^3$	I379
<u>2-й способ</u>				
Энтальпия питательной воды при D_0 = 378 т/ч и $P_п$ = I6 кгс/см^2	$i_{п.в}$	ккал/кг	График Т-26	266
Расход тепла на турбину	Q_0	Гкал/ч	$D_0(i_0-i_{п.в})\cdot 10^{-3}$ i_0=840,3 ккал/кг	2I7,I
Расход тепла на выработку электроэнергии	$Q_э$	Гкал/ч	$Q_0 - Q_п - Q_т$	8I,9
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	$q_т$	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_э}{N_т}\cdot 10^3$	I365

Примечание. Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии рекомендуется определять по I-му способу. Это объясняется тем, что диаграмма режимов имеет недостаточную для нормирования точность из-за условностей ее построения на плоскости (постоянные давления в регулируемых отборах, неопределенность давления в зоне естественного повышения давления, усреднение при построении ряда линий и т.п.). В энергетических характеристиках указанные недостатки практически исключены.

2-й способ расчета применим для ориентировочных расчетов с допустимой погрешностью ±2,5%.

ПРИНЯТЫЕ ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Показатель	Обозначение
Мощность, МВт:	
- на зажимах генератора	N_T
- внутренняя турбины	N_i
- внутренняя цилиндра высокого давления	$N_i^{цвд}$
- внутренняя части среднего давления	$N_i^{чсд}$
- внутренняя части низкого давления	$N_i^{чнд}$
- развиваемая по теплофикационному циклу	$N_{тф}$
- развиваемая по конденсационному циклу	$N_{кн}$
Суммарные потери турбоагрегата	$\Sigma \Delta N_{т.а.}^{пот}$
Механические потери турбины	$\Delta N_T^{пот}$
Расход пара, т/ч:	
- свежего на турбоагрегат	D_0
- на ПВД	$D_{ПВД}$
- отпускаемого из производственного отбора	$D_П$
- отпускаемого из теплофикационного отбора	$D_Т$
- на выходе из цилиндра высокого давления	$D_{цвд}^{вых}$
- на входе в часть среднего давления	$D_{чсд}^{вх}$
- на выходе из части среднего давления	$D_{чсд}^{вых}$
- на входе в часть низкого давления	$D_{чнд}^{вх}$
Расход отработавшего пара в конденсатор	D_2
Отсосы и протечки пара из переднего и заднего уплотнений цилиндра высокого давления	$D_{п.у\ цвд}, D_{з.у\ цвд}$
Расход питательной воды	$G_{п.в}$
Расход конденсата через ПНД № 4	$G_{ПНД№4}$
Расход охлаждающей воды через конденсатор	$W_{охл}$
Давление пара, кгс/см^2:	
- свежего (перед стопорным клапаном)	P_0
- за регулирующими клапанами	$P_{кл}^{I}, P_{кл}^{II}, P_{кл}^{III}, P_{кл}^{IV}$
- за регулирующей ступенью	$P_{р.с}$
- за перегрузочным клапаном	$P_{п.кл}$
- в камерах нерегулируемых отборов	$P_I, P_{II}, P_{III}, P_V$
- в камере производственного отбора	$P_П$
- в камере теплофикационного отбора	$P_Т$
- отработавшего(в конденсаторе)	P_2
Температура (t °С), энтальпия (i ккал/кг):	
- свежего пара	t_0, i_0
- пара в камере производственного отбора	$i_П$
- пара в камере теплофикационного отбора	$i_Т$
- питательной воды	$t_{п.в}, i_{п.в}$
- питательной воды за ПВД	$t_{ПВД№5}, t_{ПВД№6}$
- основного конденсата за ПНД	$t_{ПНД№2}, t_{ПНД№3}, t_{ПНД№4}$
- конденсата пара соответственно производственного и теплофикационного отборов, поступающего в тепловую схему турбины	$t_{рег}^{П}, i_{рег}^{П}; t_{рег}^{Т}, i_{рег}^{Т}$

Показатель	Обозначение
- температурный напор	δt
- охлаждающей воды на входе в конденсатор и выходе из него	$t_1^в$, $t_2^в$
- нагрев охлаждающей воды в конденсаторе	$\Delta t^в$
Расход тепла, Гкал/ч:	
- на турбину	Q_0
- на выработку электроэнергии	$Q_э$
- на собственные нужды турбоагрегата	$Q_т^{сн}$
- на выработку электроэнергии, включая расход тепла на собственные нужды	$Q'_э$
Отпуск тепла из производственного отбора, Гкал/ч	$Q_п$
Отпуск тепла из теплофикационного отбора, Гкал/ч	$Q_т$
Удельный расход тепла брутто турбиной на выработку электроэнергии, ккал/(кВт·ч)	$q_т$
Удельный расход тепла нетто турбоагрегатом на отпуск электроэнергии, ккал/(кВт·ч)	$q_т^н$
Электромеханический КПД, %	$\eta_{эм}$
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу при отпуске тепла соответственно из теплофикационного и производственного отборов, кВт·ч/Гкал	$W_{тф}^т$, $W_{тф}^п$
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии, Гкал/ч	$Q_э^{исх}$
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по конденсационному и теплофикационному циклам, Гкал/(МВт·ч)	$\Delta q_{кн}$, $\Delta q_{тф}$

ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

График Т-I. Принципиальная расчетная тепловая схема турбоагрегата ПТ-60-I30/I3 ЛМЗ.

График Т-2. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,04 кгс/см^2.

График Т-3. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном расходе охлаждающей воды 8000 м^3/ч и ее температуре 20^{0}С.

График Т-4. Диаграмма парораспределения ЦВД.

График Т-5. Диаграмма парораспределения ЧСД.

График Т-6. Давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД.

График Т-7. Давление пара в камере производственного отбора при отключенном регуляторе давления.

График Т-8. Давление пара в камере теплофикационного отбора при отключенном регуляторе давления.

График Т-9. Протечки и отсосы пара из переднего уплотнения ЦВД.

График Т-I0. Расход пара на ПВД.

График Т-II. Расход пара на выходе из ЦВД, ЧСД и отработавшего пара в конденсатор в зависимости от расхода на входе.

График Т-I2. Характеристика ЦВД.

График Т-I3. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора (режимы П и ПТ).

График Т-I4. Характеристика ЧСД.

График Т-I5. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора включен - режим ПТ).

График Т-I6. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора отключен - режим Т).

График Т-I7. Внутренняя мощность ЧНД.

График Т-I8. Поправка к внутренней мощности ЦВД ($\Delta N_{i\,цвд}$) на изменение давления в производственном отборе.

График Т-I9. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N^{п}_{i\,чсд}$) на изменение давления в производственном отборе.

График Т-20. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N^{т}_{i\,чсд}$) на изменение давления в теплофикационном отборе.

График Т-2I. Поправочный коэффициент ($\alpha_т$) к внутренней мощности ЧНД ($N^{чнд}_{i\,(1,2)}$) на изменение давления в теплофикационном отборе.

График Т-22. Потери мощности и электромеханический КПД турбоагрегата.

График Т-23. Температура и энтальпия питательной воды за последним ПВД (конденсационный режим).

График Т-24. Температура питательной воды за ПВД при включенном регуляторе давления производственного отбора.

График Т-25. Температура конденсата за ПНД части среднего давления.

График Т-26. Температура и энтальпия питательной воды за последним ПВД (режимы с включенным регулятором производственного отбора).

График Т-27. Характеристика конденсатора типа 50-КЦС-4 при $W_{охл} = 8000$ м^3/ч.

График Т-28. Поправка (ΔN_{p_2}) к мощности $N_т$ на изменение давления отработавшего пара в конденсаторе.

График Т-29. Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии (режимы П и Т).

График Т-30. Параметры энергетического уравнения 9 для режима ПТ.

Приложение I. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-I30/I3 ЛМЗ с включенными регуляторами давления в производственном и теплофикационном отборах (режим ПТ).

Приложение 2. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-I30/I3 ЛМЗ с включенным регулятором давления в производственном отборе (режим П).

Приложение 3. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-I30/I3 ЛМЗ с включенным регулятором давления в теплофикационном отборе (режим Т).

Приложение 4. Поправки к мощности на изменение исходных условий от принятых при построении диаграмм режимов.

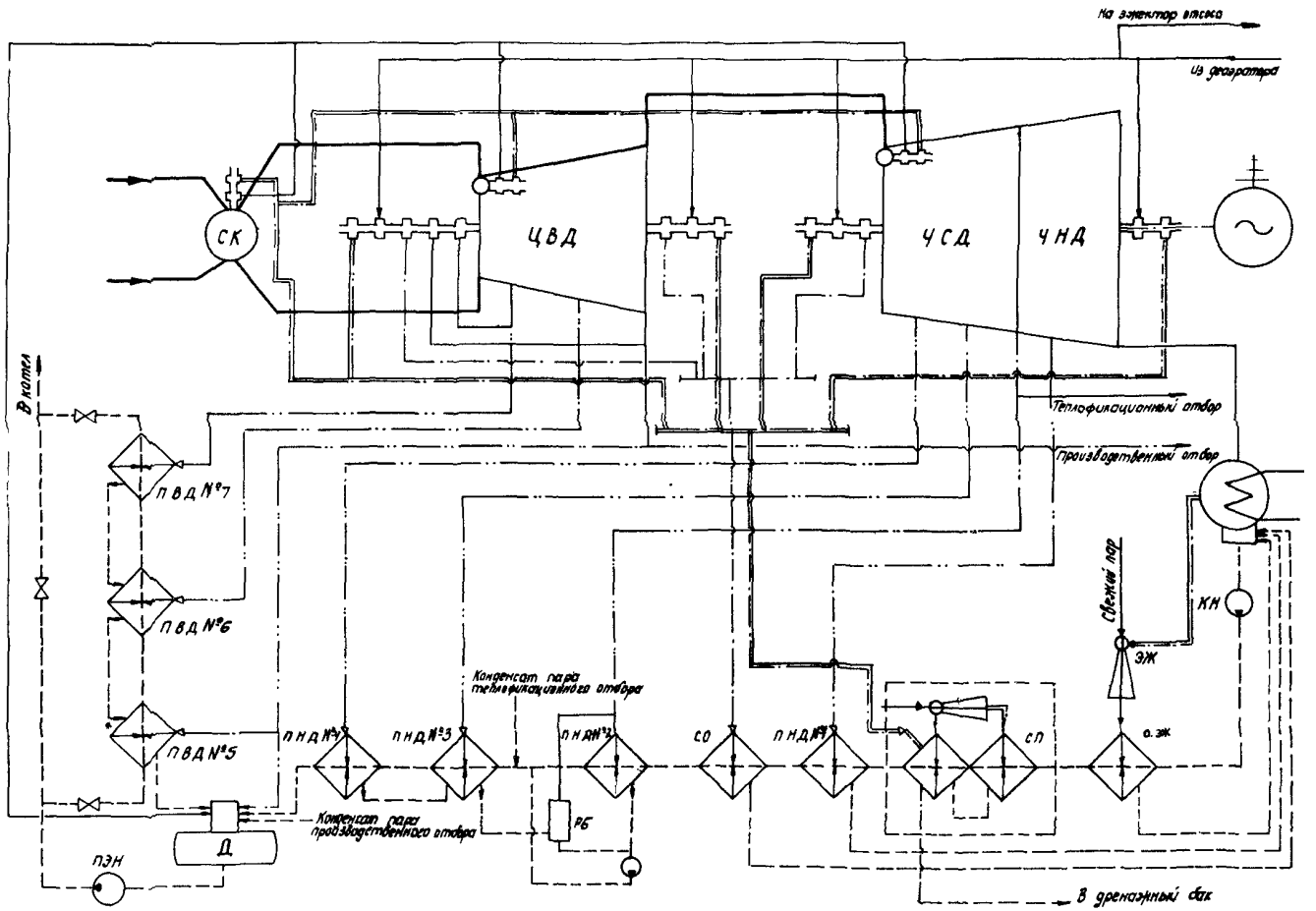


График Т-I. Принципиальная расчетная тепловая схема турбоагрегата ПТ-60-I30/I3 ЛМЗ:
СК - стопорный клапан; КН - конденсатный насос; ЭЖ - эжектор основной; О.ЭЖ - охладитель эжекторов; СП - сальниковый подогреватель; СО - сальниковый охладитель; РБ - расширительный бак; Д - деаэратор 6 кгс/см2

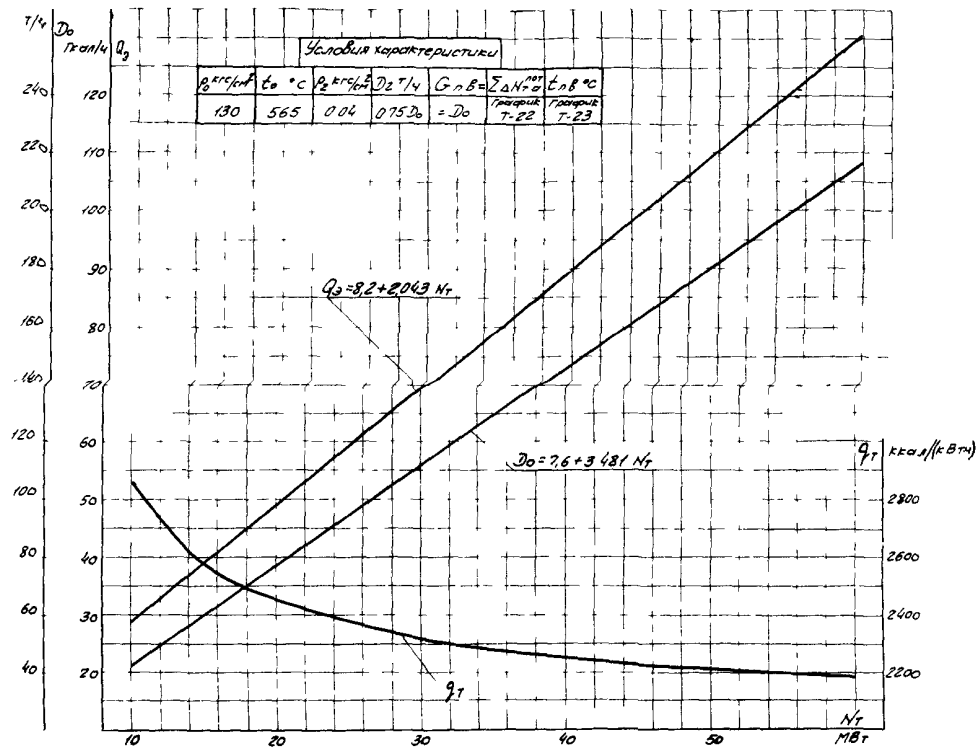


График Т-2. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,04 кгс/см^2

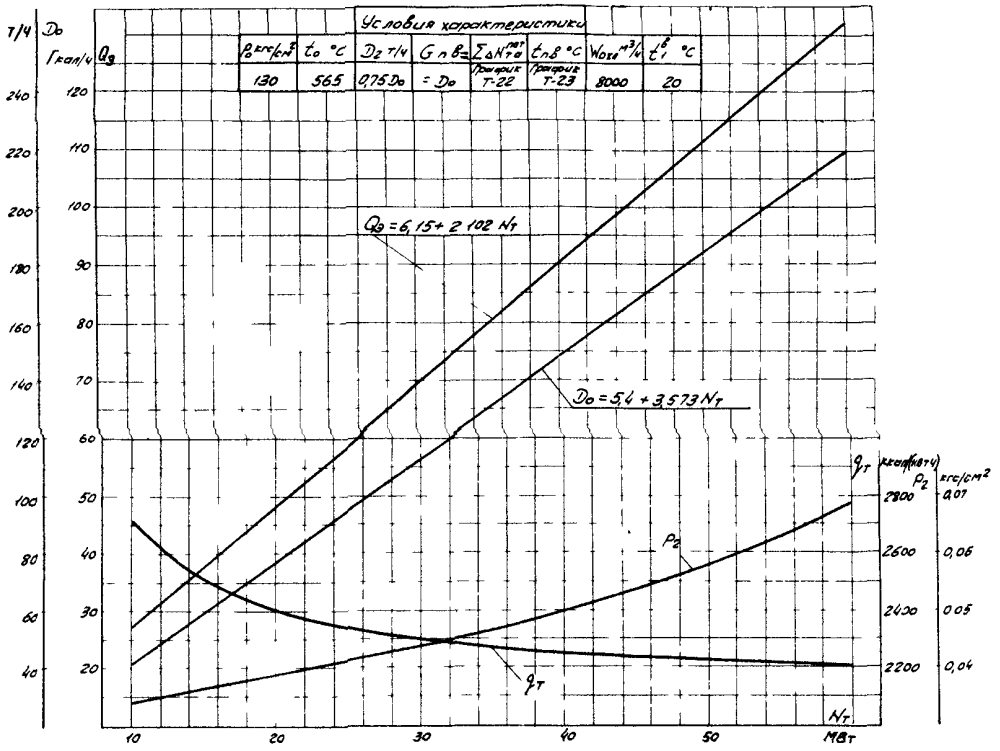


График Т-3. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном расходе охлаждающей воды 8000 м³/ч и ее температуре 20°С

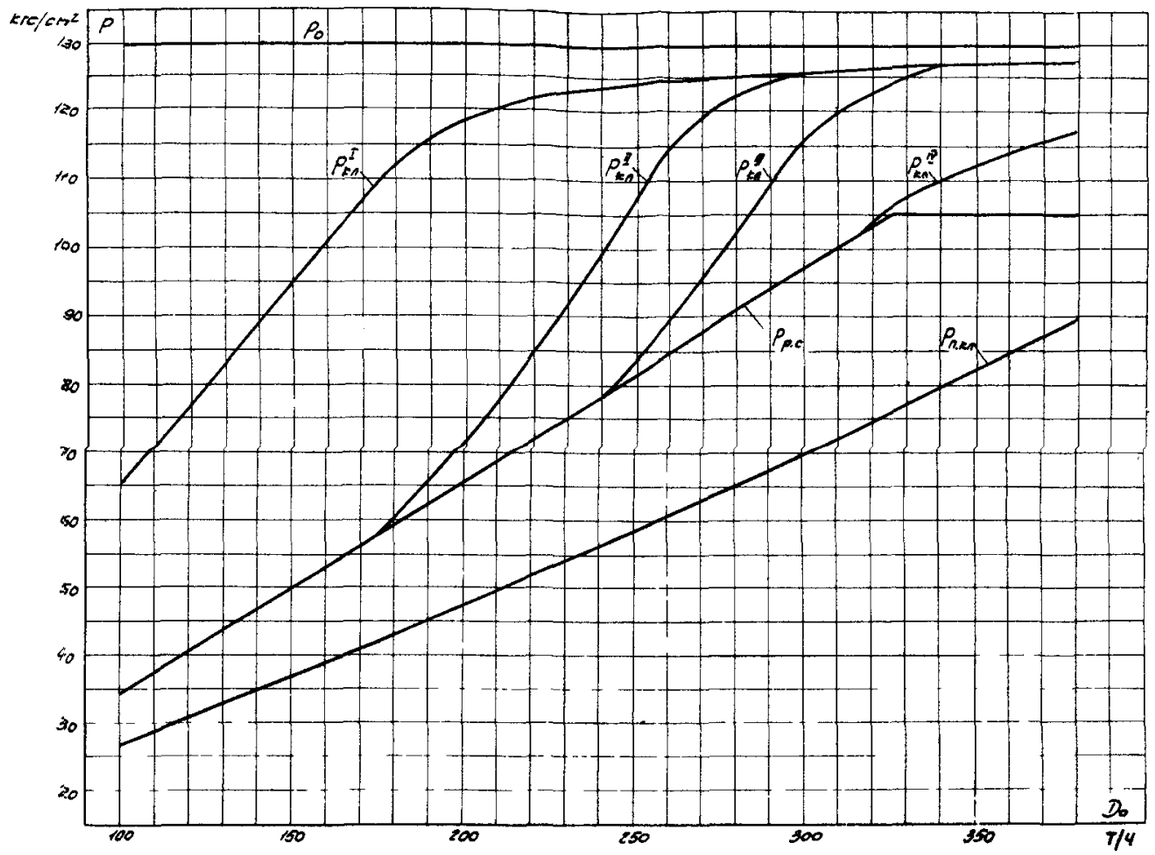


График Т-4. Диаграмма парораспределения ЦВД

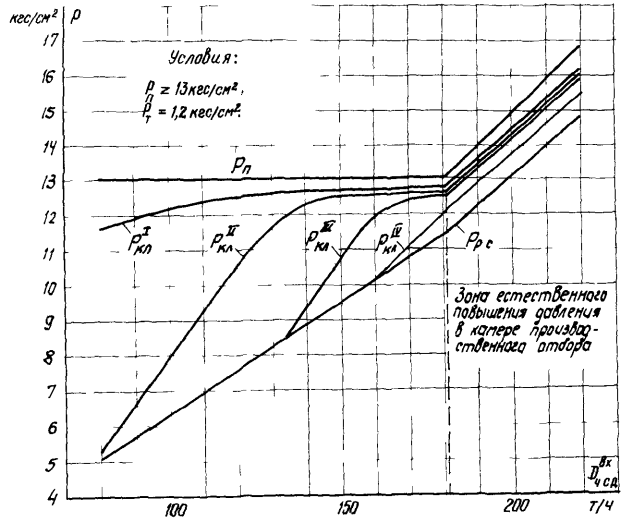


График Т-5. Диаграмма пораспределения ЧСД

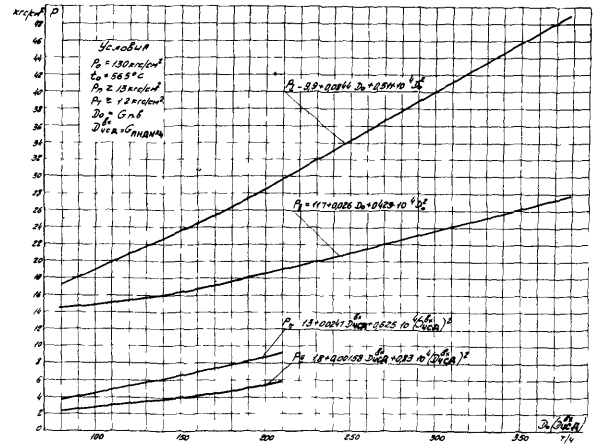


График Т-6. Давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД

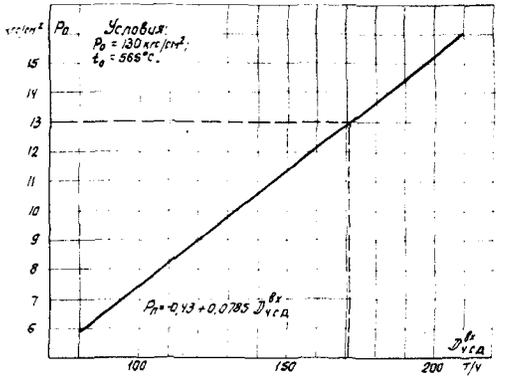


График Т-7. Давление пара в камере производственного отбора при отключенном регуляторе давления

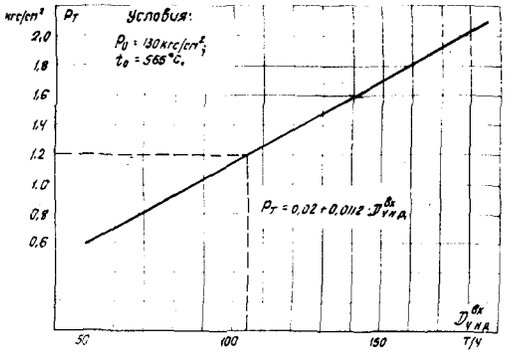


График Т-8. Давление пара в камере теплофикационного отбора при отключенном регуляторе давления

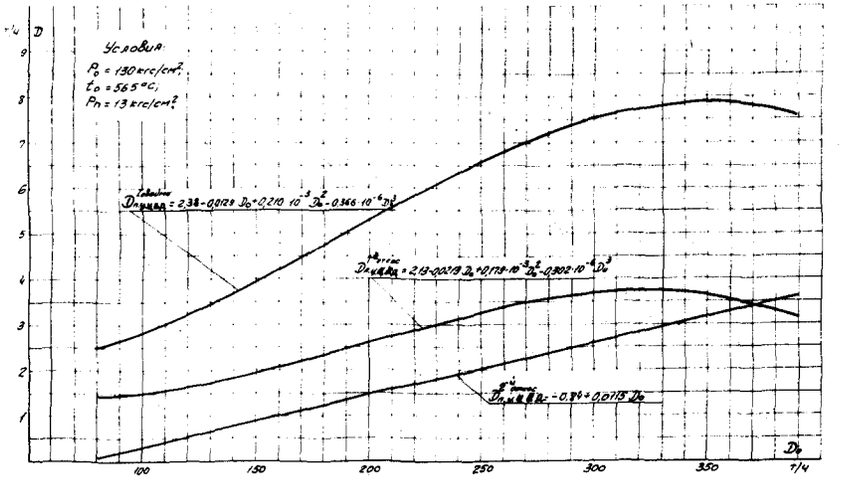


График Т-9. Протечки и отсосы пара из переднего уплотнения ЦВД

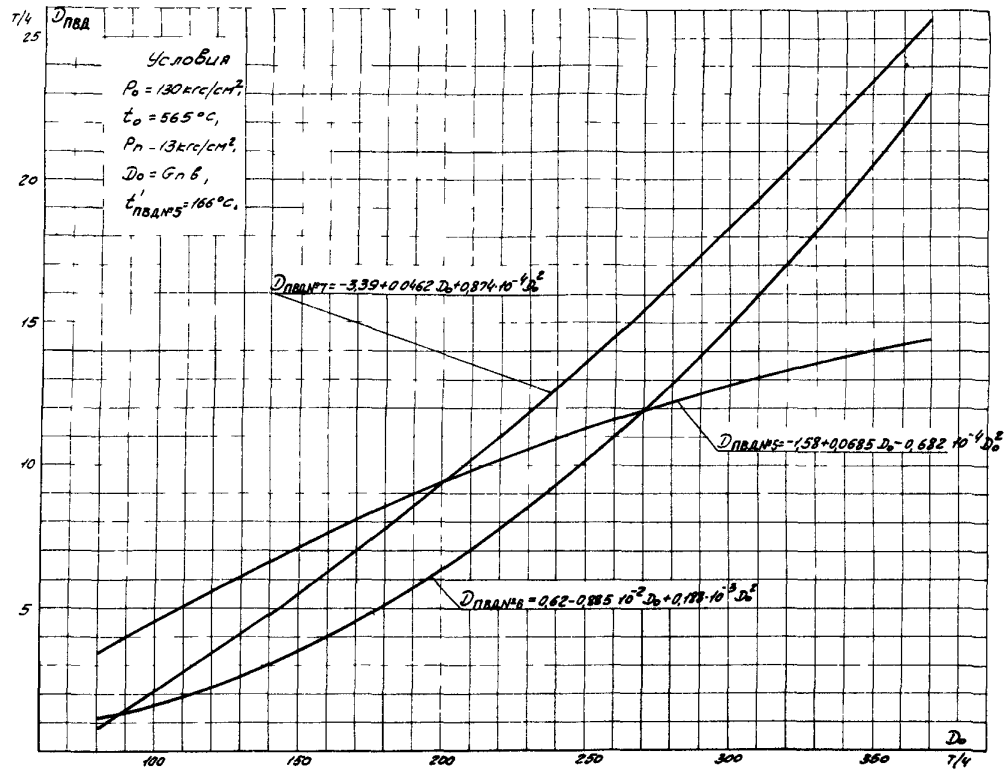


График Т-IO. Расход пара на ПВД
($t'_{ПВД№5}$ - температура перед ПВД № 5)

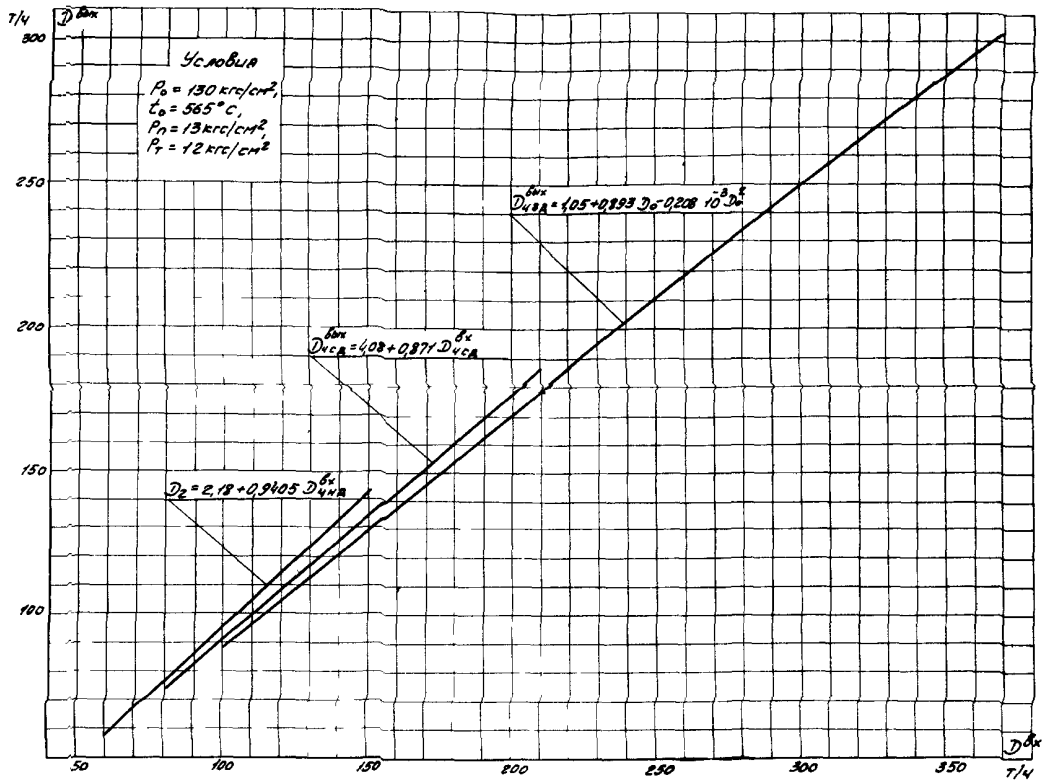


График Т-II. Расход пара на выходе из ЦВД, ЧСД и отработавшего пара в конденсатор в зависимости от расхода на входе

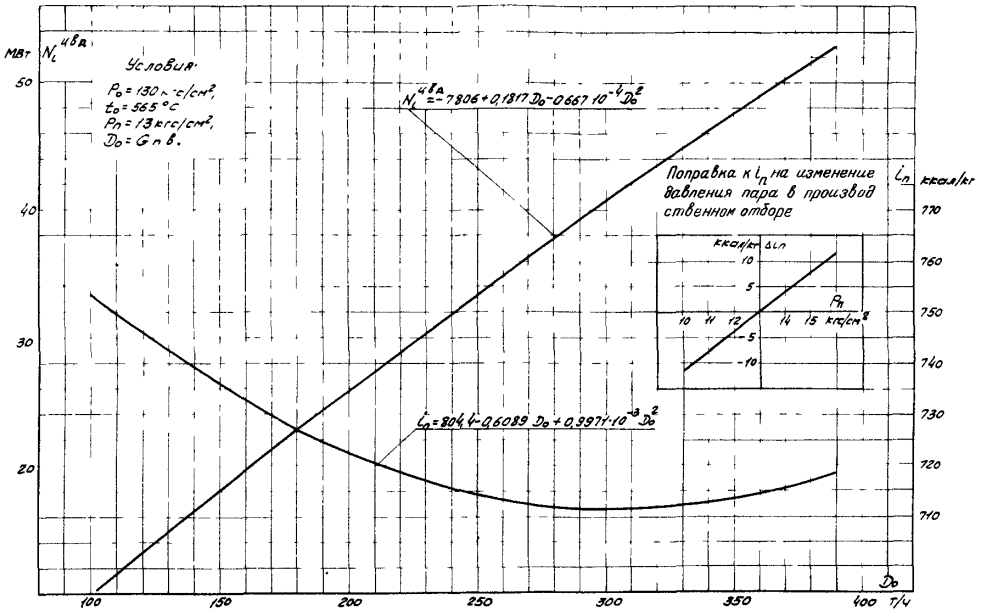


График Т-I2. Характеристика ЦВД

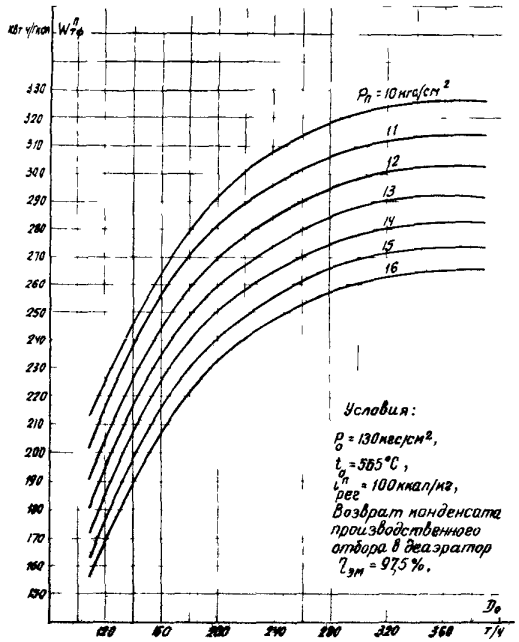


График Т-13. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора (режимы П и ПТ)

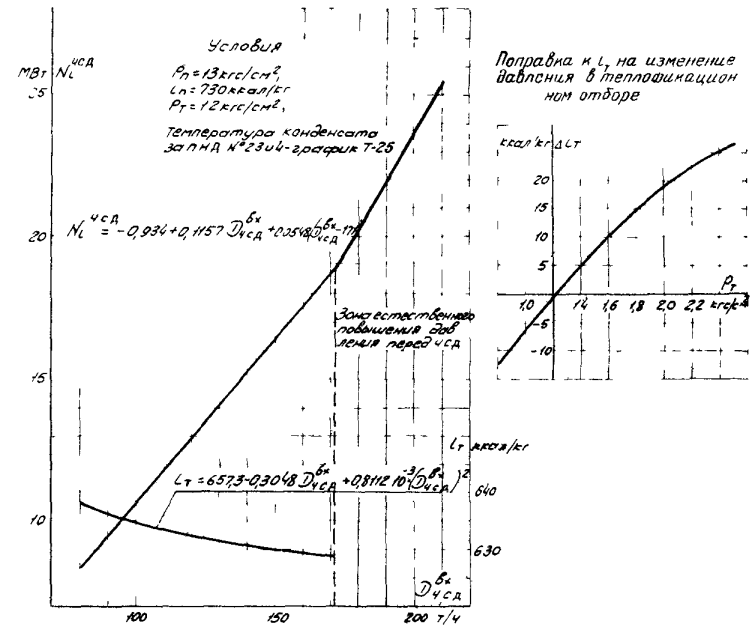


График Т-14. Характеристика ЧСД

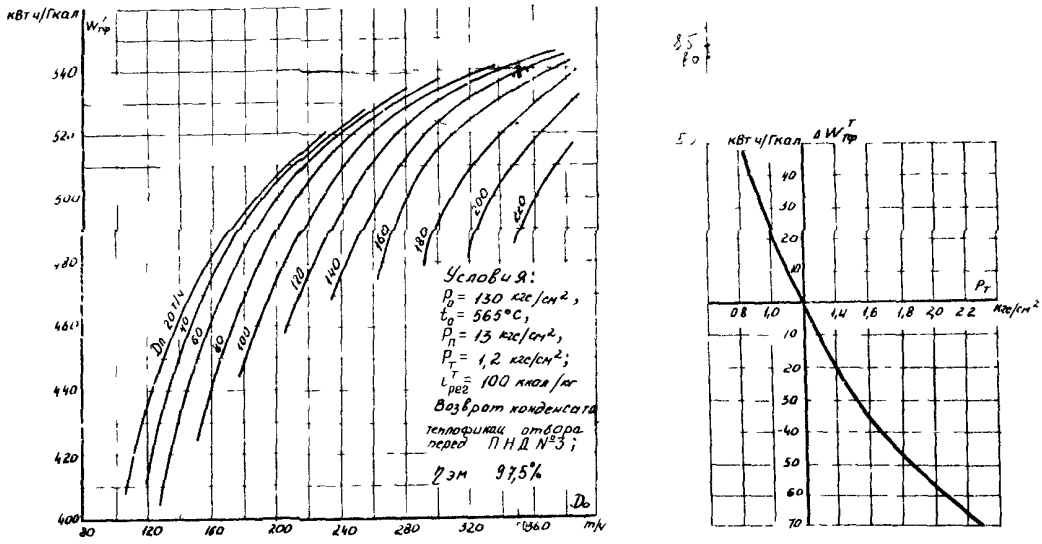


График Т-15. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора включен – режим ПТ)

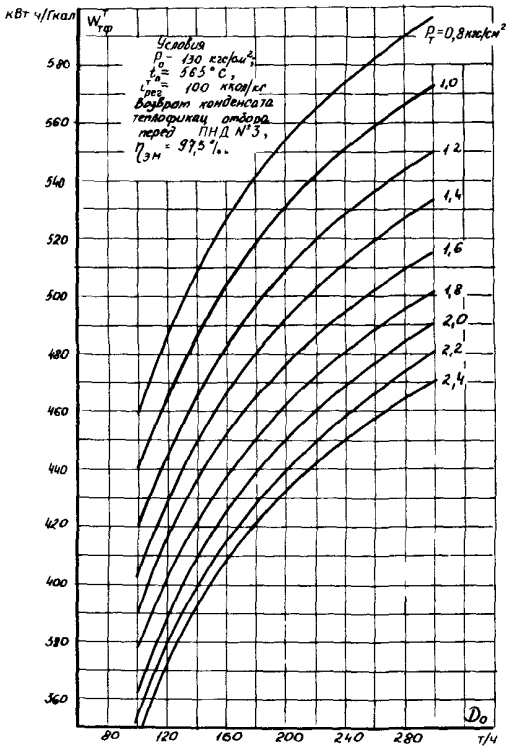


График Т-16. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора отключен – режим Т)

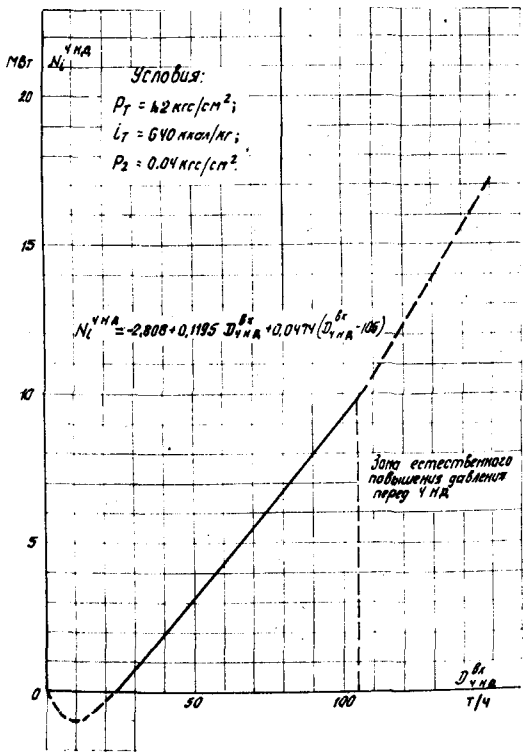


График Т-I7. Внутренняя мощность ЧНД

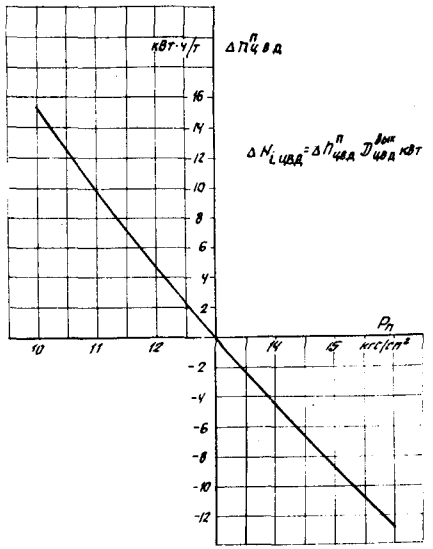


График Т-I8. Поправка к внутренней мощности ЦВД ($\Delta N_{i\ ЦВД}$) на изменение давления в производственном отборе

$\Delta n_{ЦВД}^{п}$ – промежуточная расчетная величина

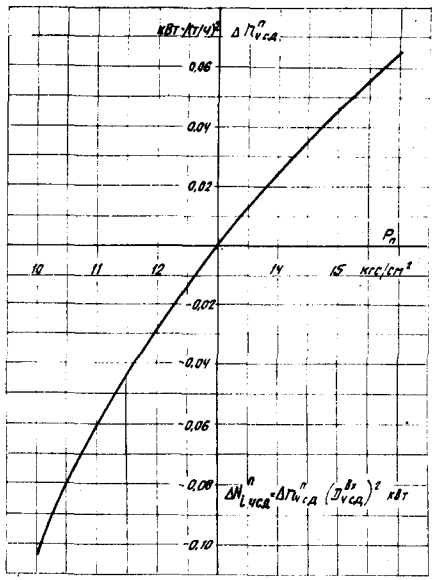


График Т-I9. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N_{i\ ЧСД}^{п}$) на изменение давления в производственном отборе

$\Delta n_{ЧСД}^{п}$ – промежуточная расчетная величина

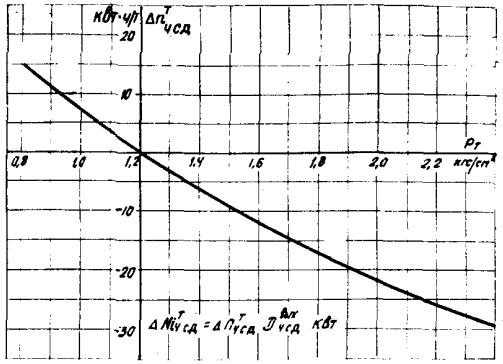


График Т-20. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N^{T}_{iЧСД}$) на изменение давления в теплофикационном отборе

$\Delta n^{T}_{ЧСД}$ - промежуточная расчетная величина

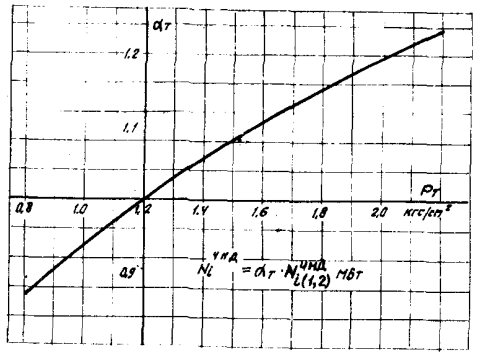


График Т-21. Поправочный коэффициент (α_T) к внутренней мощности ЧНД ($N^{ЧНД}_{i(1,2)}$) на изменение давления в теплофикационном отборе

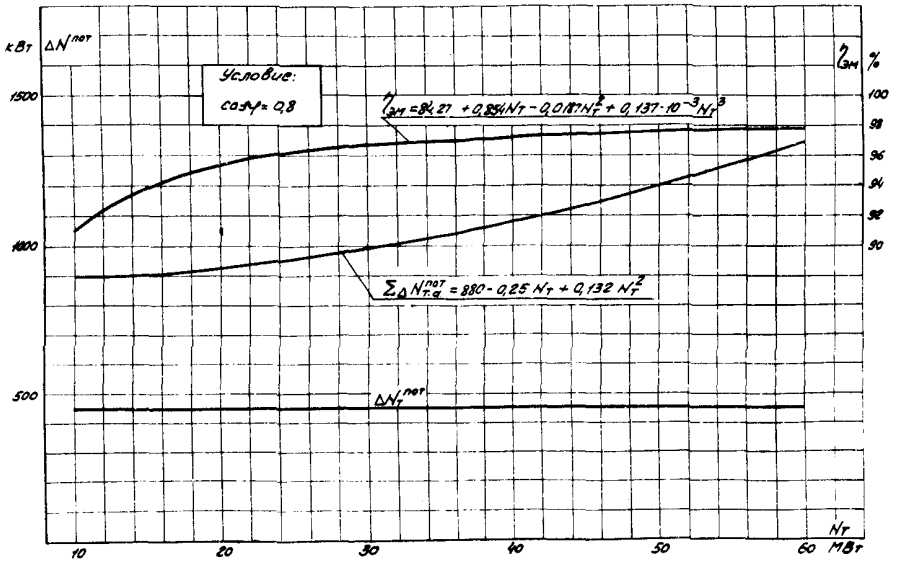


График Т-22. Потери мощности и электромеханический КПД турбоагрегата

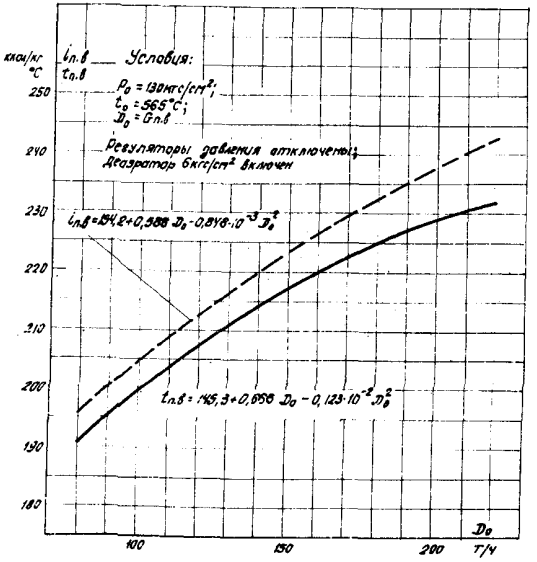


График Т-23. Температура и энтальпия питательной воды за последним ПВД (конденсационный режим)

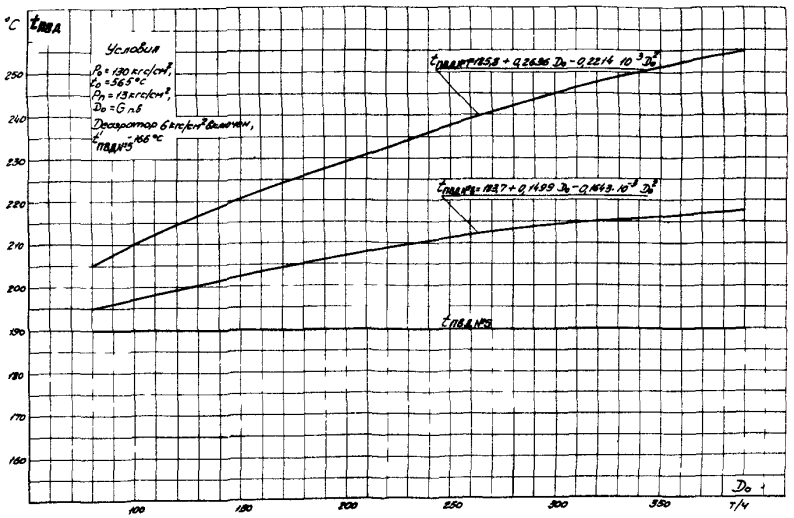


График Т-24. Температура питательной воды за ПВД при включенном регуляторе давления производственного отбора ($t'_{ПВД№5}$ - температура перед ПВД № 5)

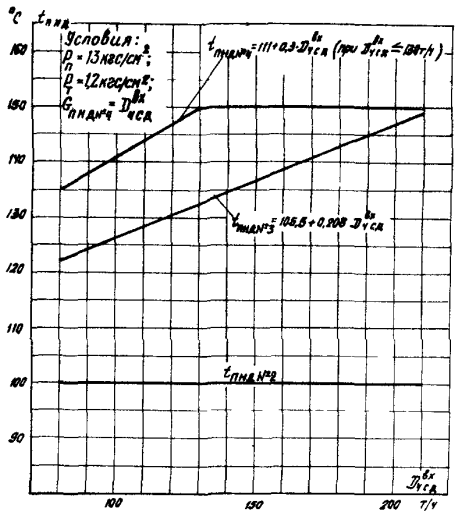


График Т-25. Температура конденсата за ПНД части среднего давления

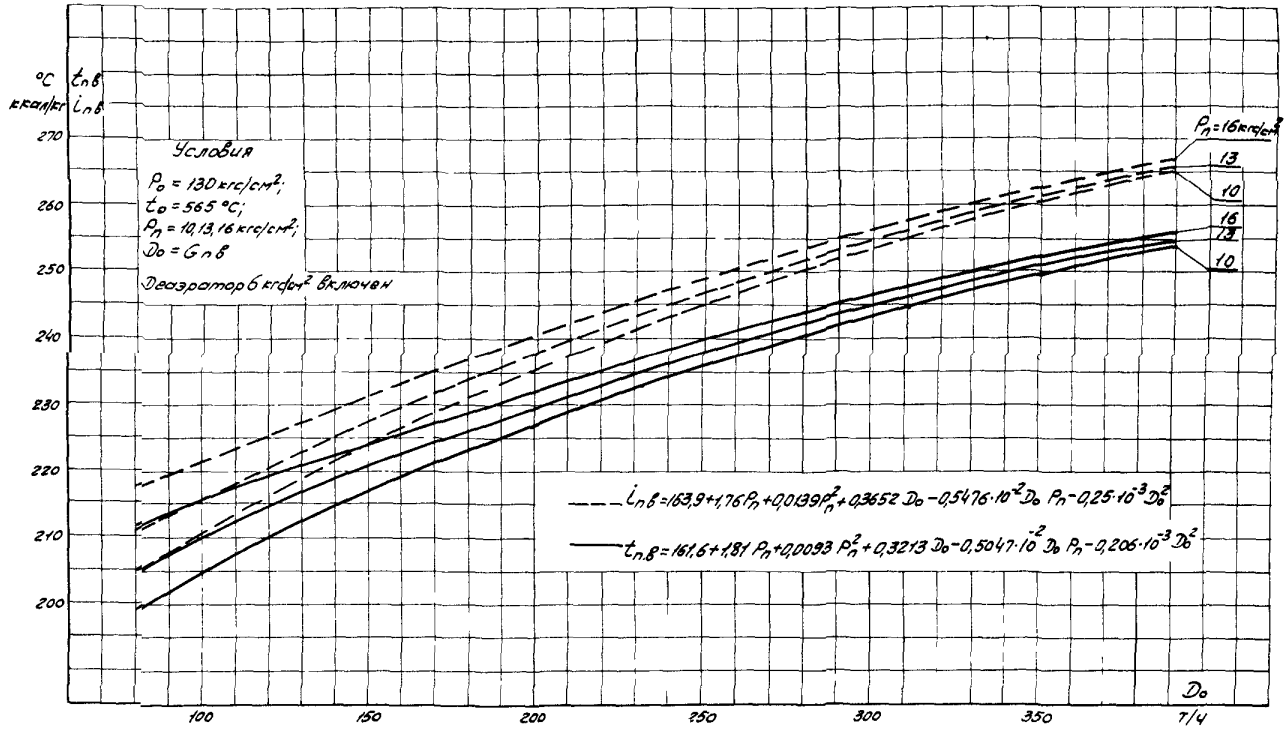
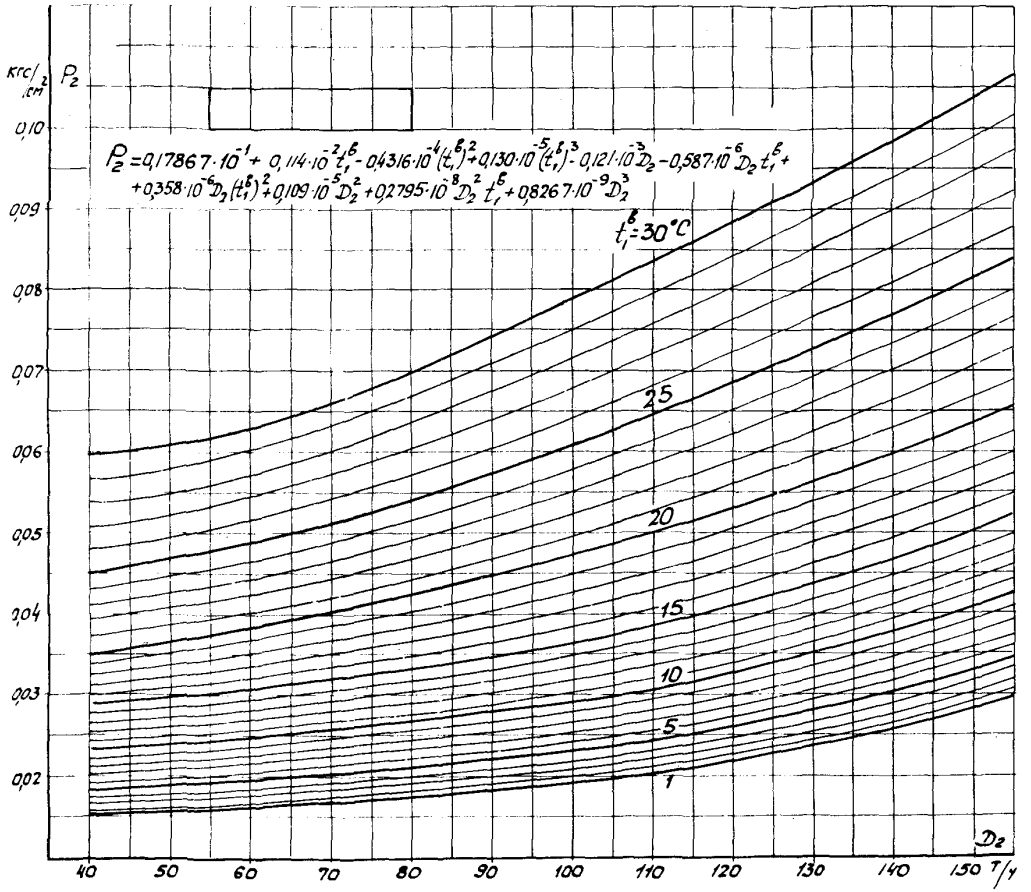
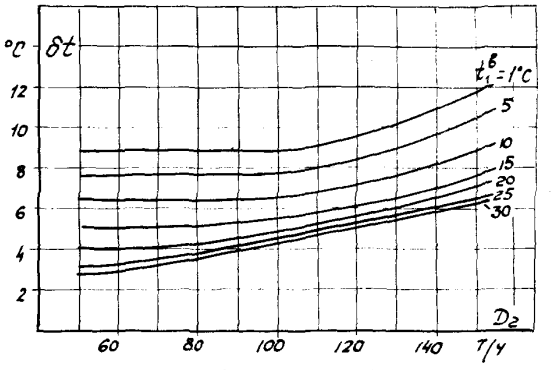


График Т-26. Температура и энтальпия питательной воды за последним ПВД (режимы с включенным регулятором производственного отбора)

Давление отработавшего пара в конденсаторе



Температурный напор конденсатора



$$\delta t = 0{,}10995\cdot10^{2} - 0{,}39361\,t_1^{в} + 0{,}5232\cdot10^{-2}(t_1^{в})^2 - 0{,}52003\cdot10^{-1}D_2 + 0{,}546\cdot10^{-3}D_2\cdot t_1^{в} + 0{,}36224\cdot10^{-3}D_2^2$$

Нагрев охлаждающей воды в конденсаторе

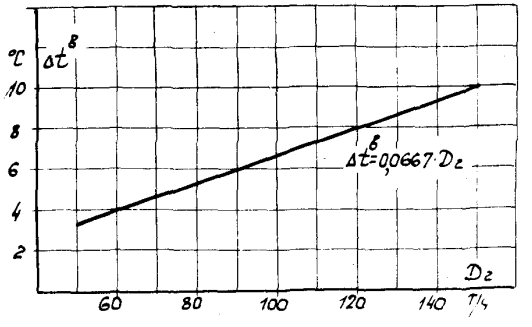


График Т-27. Характеристика конденсатора типа 50-КЦС-4 при $W_{охл}$= 8000 м³/ч

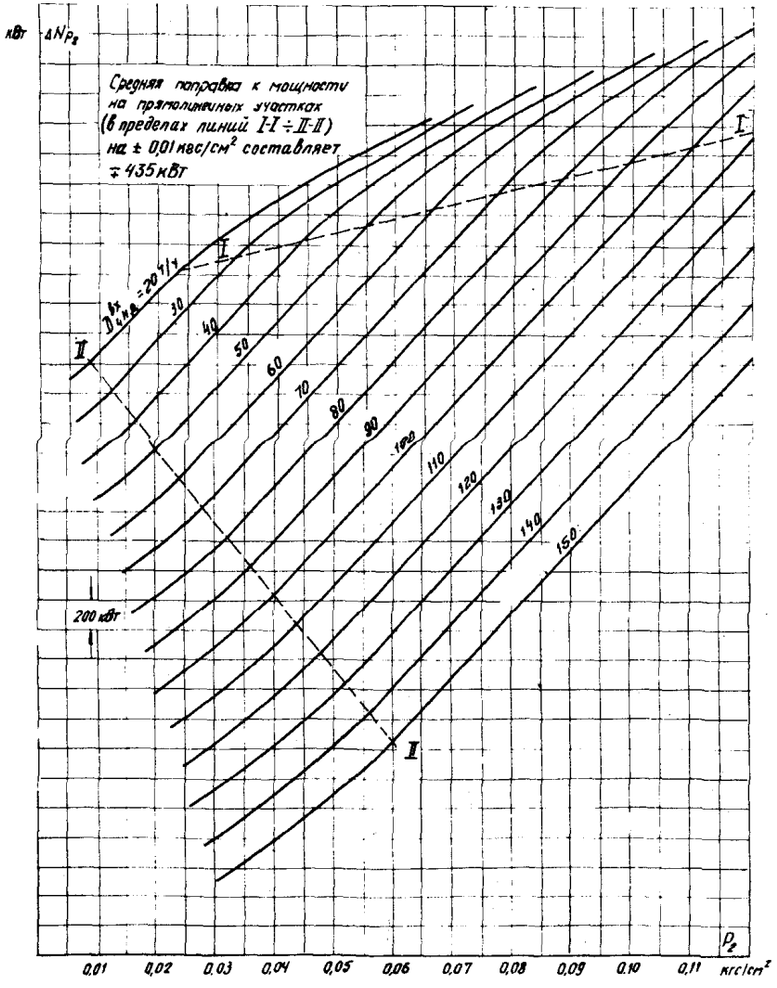


График Т-28. Поправка (ΔN_{P_2}) к мощности N_T на изменение давления отработавшего пара в конденсаторе

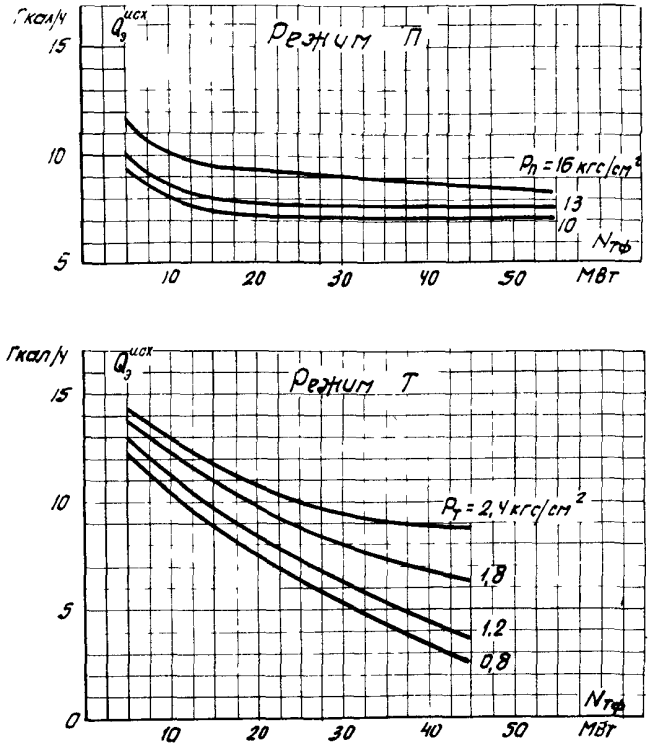


График Т-29. Параметры энергетического уравнения (9) для режимов П и Т

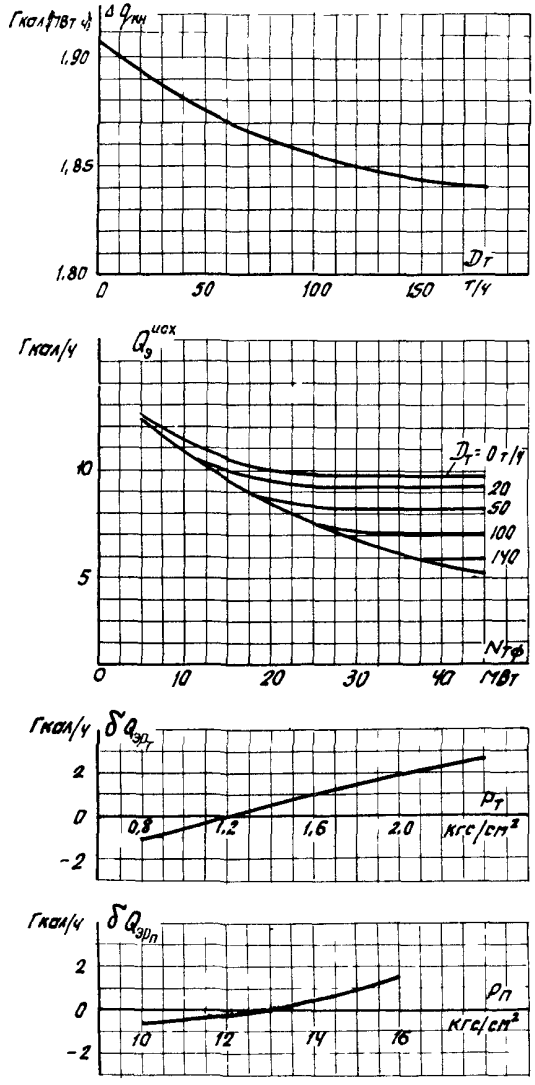
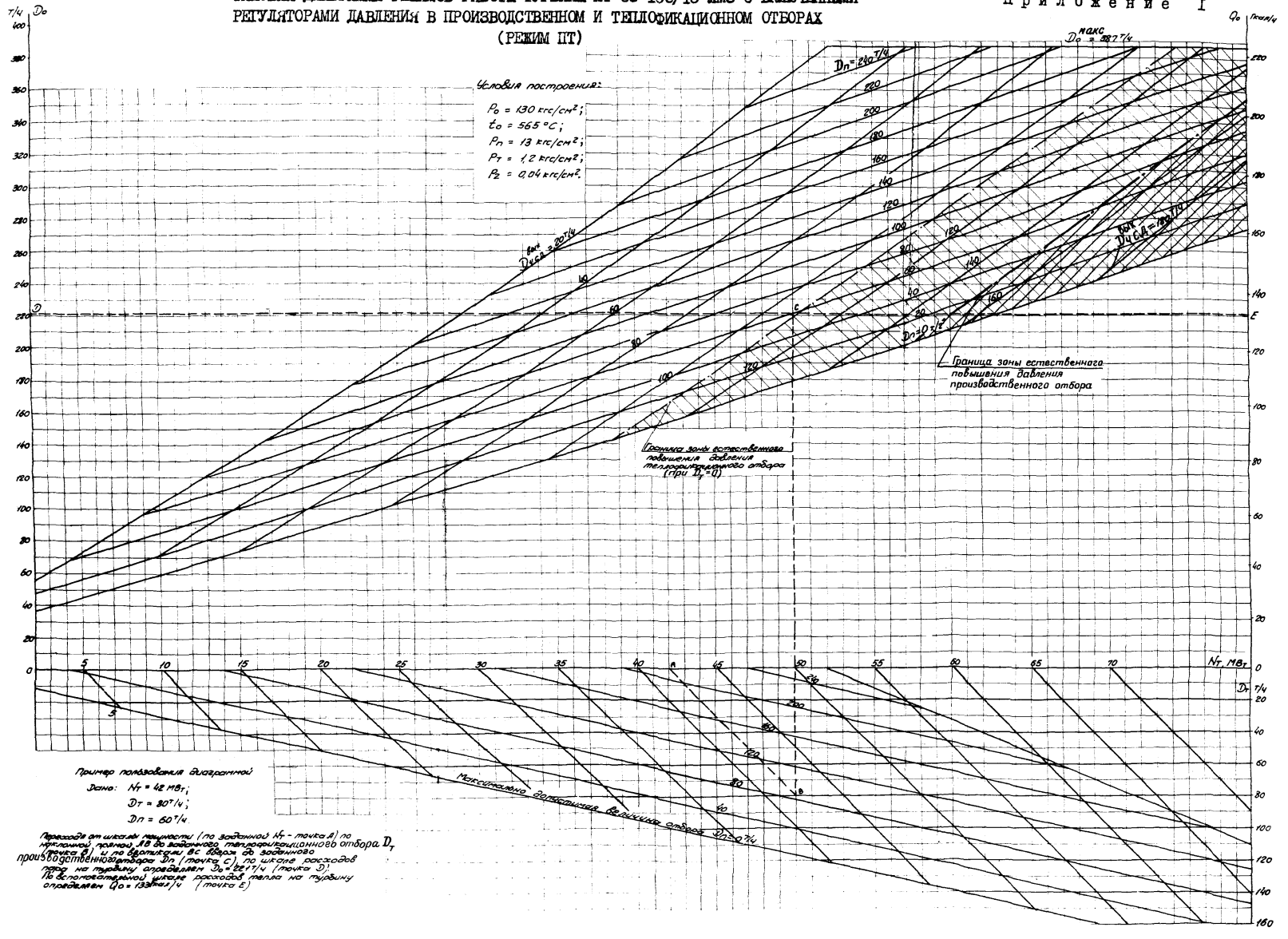


График Т-30. Параметры энергетического уравнения (9) для режима ПТ

Приложение I

ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ПТ-60-130/13 ЛМЗ С ВКЛЮЧЕННЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ ДАВЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ И ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРАХ

(РЕЖИМ ПТ)



ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ПТ-60-130/13 ЛМЗ С ВКЛЮЧЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОТБОРЕ (РЕЖИМ П)

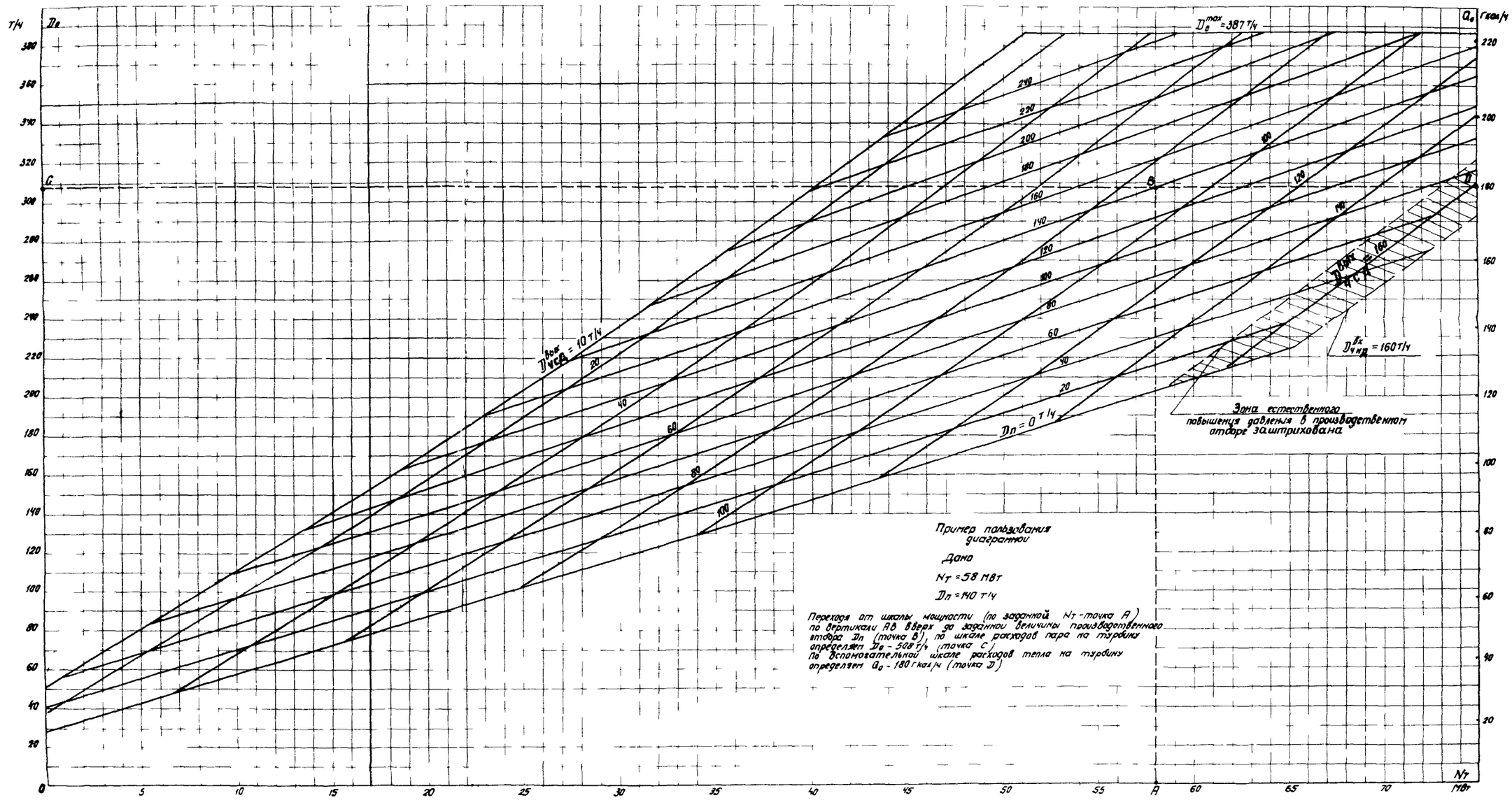
Условия построения

$P_0 = 130$ кгс/см^2;

$t_0 = 565$ °С;

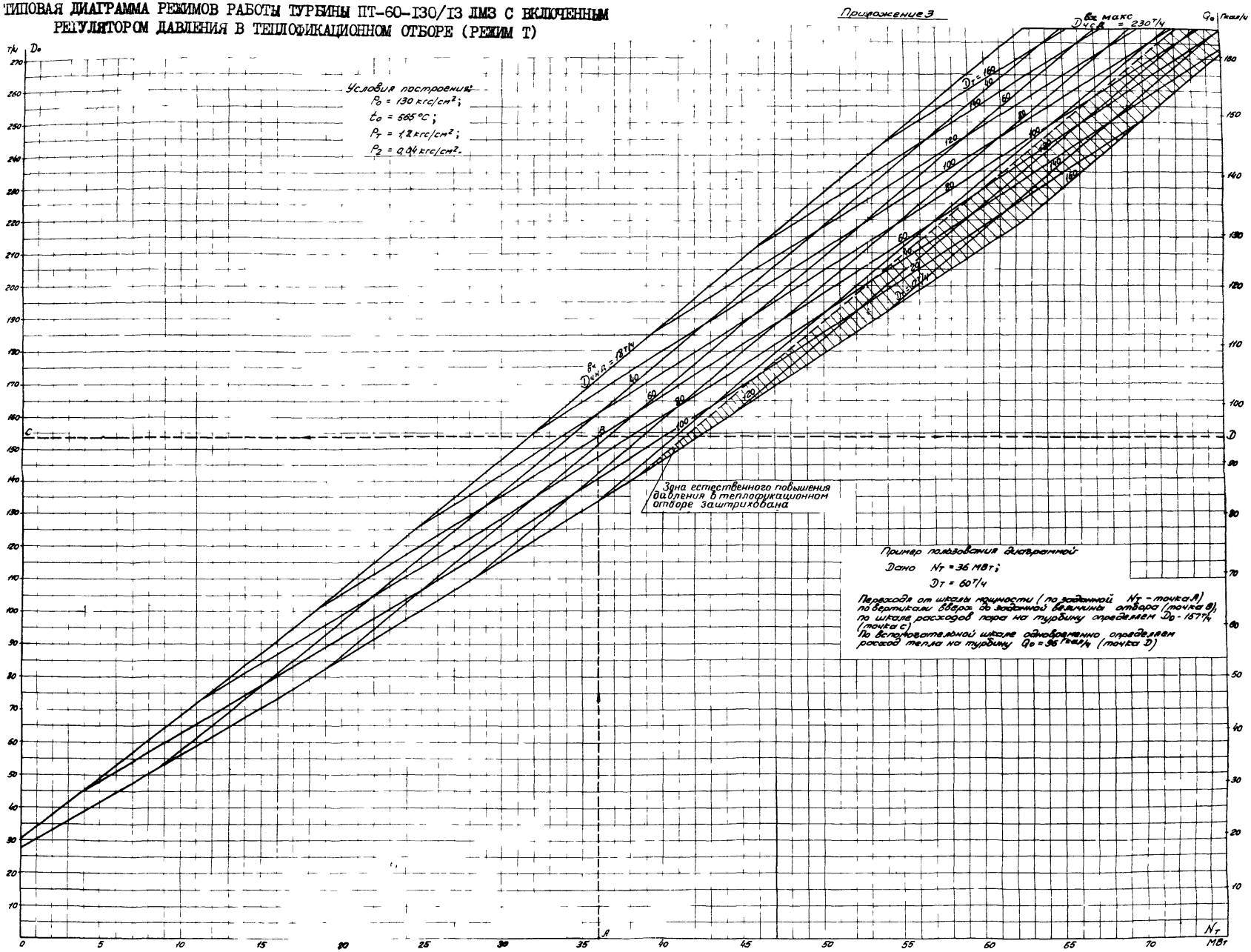
$P_п = 13$ кгс/см^2;

$P_к = 0{,}04$ кгс/см^2.



ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ПТ-60-130/13 ЛМЗ С ВКЛЮЧЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ В ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРЕ (РЕЖИМ Т)

Приложение 3



Пример пользования диаграммой

Дано $N_т$ = 36 МВт;

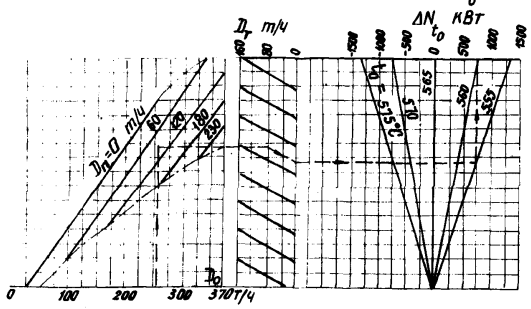
$D_т$ = 60 т/ч

Переходя от шкалы мощности (по заданной $N_т$ - точка A) по вертикали вверх до заданной величины отбора (точка B), по шкале расходов пара на турбину определяем D_0 - 187 т/ч (точка C)

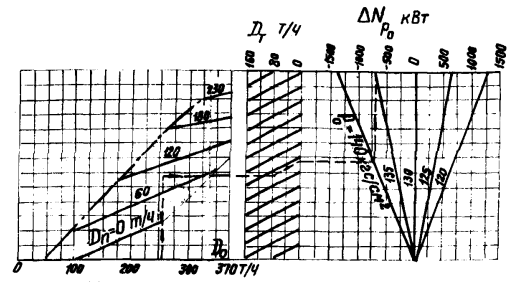
По вспомогательной шкале одновременно определяем расход тепла на турбину Q_0 = 95 Гкал/ч (точка D)

ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ N_T НА ИЗМЕНЕНИЕ ИСХОДНЫХ УСЛОВИЙ ОТ ПРИНЯТЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ДИАГРАММ РЕЖИМОВ

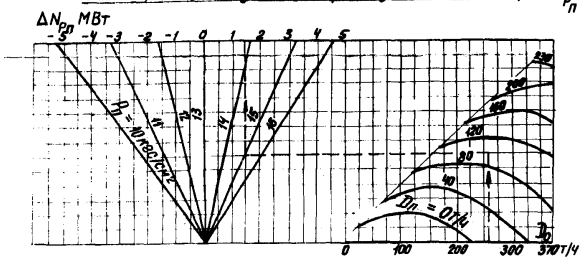
I. Поправка на температуру свежего пара ΔN_{t_0}



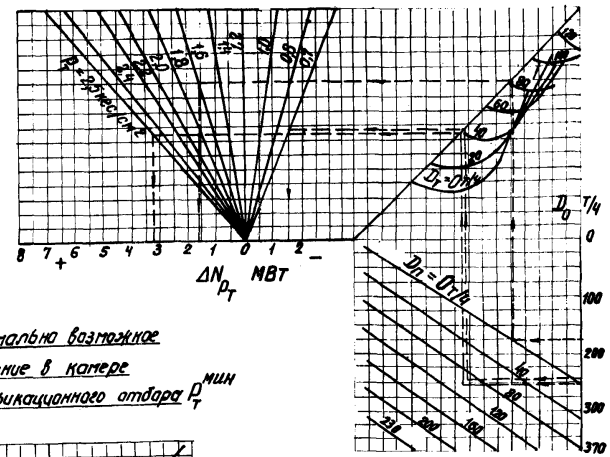
II. Поправка на давление свежего пара ΔN_{p_0}



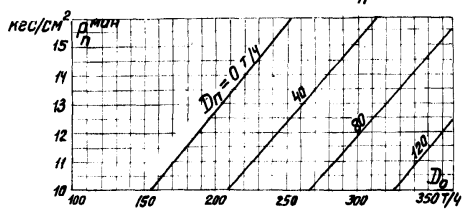
III. Поправка на давление производственного отбора ΔN_{p_n}



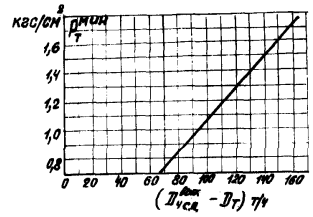
IV. Поправка на давление теплофикационного отбора ΔN_{p_T}



V. Минимально возможное давление в камере производственного отбора $P_n^{мин}$



VI. Минимально возможное давление в камере теплофикационного отбора $P_T^{мин}$



Примечания к кривым III и V:

1. Эти кривые необходимы лишь при пользовании диаграммой режимов при работе с включенными регуляторами давления в отборах.
2. Если регулируемое давление производственного отбора P_n больше или меньше 13 кгс/см^2, то для каждого заданного расхода свежего пара и пара производственного отбора по кривым V определяется минимально возможное давление в камере отбора – $P_n^{мин}$. Если регулируемое давление $P_n > 13$ кгс/см^2, то:
   - А. При $P_n^{мин} < 13$ кгс/см^2 поправка ΔN_{p_n} (кривые III) определяется по давлению P_n.
   - Б. При $P_n^{мин} > 13$ кгс/см^2:
     - а) $P_n > P_n^{мин}$. Поправка ΔN_{p_n} определяется как разность поправок, взятых при P_n и $P_n^{мин}$;
     - б) $P_n < P_n^{мин}$. Поправку вводить не надо.
3. Если регулируемое давление $P_n < 13$ кгс/см^2, то:
   - А. При $P_n^{мин} < 13$ кгс/см^2 поправка ΔN_{p_n} определяется по наибольшему из давлений P_n или $P_n^{мин}$.
   - Б. При $P_n^{мин} \geqslant 13$ кгс/см^2 поправку вводить не надо.

Примечание к кривым IV и VI.

Если регулируемое давление теплофикационного отбора больше или меньше 1,2 кгс/см^2, то для каждого заданного расхода свежего пара и заданных величин производственного и теплофикационного отборов по кривым IV определяется поправка к диаграмме режимов. При этом в зависимости от количества пара, выходящего из ЧСД, и величины теплофикационного отбора, по кривой VI должно быть определено минимально возможное давление $P_T^{мин}$ в камере регулируемого отбора. Если $P_T > P_T^{мин}$, поправка к диаграмме режимов определяется по кривым IV для давления P_T. Если $P_T < P_T^{мин}$, поправка определяется по кривым IV для давления $P_T^{мин}$.

gost.e-ecolog.ru