

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

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



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

Составлено отделением общей энергетики ВТИ им. Ф.Э.Дзержинского
и цехом топливоспользования ОРГЭС

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

Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ получена путем обобщения результатов тепловых испытаний, проведенных трестом ОРГЭС на ТЭЦ-16 Мосэнерго, ЮО ОРГЭС на Ярославской ТЭЦ-3, ДО ОРГЭС на Тольяттинской ТЭЦ, УО ОРГЭС 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-Г) и принятых исходных условиях.

Обработка результатов испытаний (аппроксимация исходных зависимостей, расчет обобщенных энергетических характеристик и диаграмм режимов) выполнена с помощью ЭЦМ 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
IV. Условия применения нормативных характеристик	7
V. Примеры определения нормативного удельного расхода тепла брутто на производство электроэнергии при различных режимах работы турбоагрегата	7
Принятые основные условные обозначения	10
Перечень графического материала	11

Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ
Издание Специализированного центра научно-технической информации ОРГЭС

Ответственный редактор Н.А.Натансон

Редактор Р.Н.Лейтман

Техн. редактор Н.А.Малькова

Корректор Л.Ф.Петрухина

2,5 уч.-изд.л.
Л 28921

Цена 25 коп.
Подписано к печати 15/IV 1975 г.

(169/75) Заказ № 404/74
Тираж 1500 экз.

Ротапринт СЦНТИ ОРГЭС

109432, 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 $P_0 = 130 \text{ кгс/см}^2$;
- номинальная температура свежего пара перед стопорным клапаном $t_0 = 565^\circ\text{C}$;
- давление пара в камере производственного отбора $P_n = 13 \text{ кгс/см}^2$;
- давление пара в камере теплофикационного отбора $P_T = 1,2 \text{ кгс/см}^2$;
- давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД (график Т-6);
- давление отработавшего пара в конденсаторе: для характеристик при постоянном давлении $P_2 = 0,04 \text{ кгс/см}^2$; для характеристик при постоянных расходе ($8000 \text{ м}^3/\text{ч}$) и температуре (20°C) 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, 1968).

С целью использования обобщенных характеристик для расчетов на ЭЦМ 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 $P_2 = 0,04 \text{ кгс/см}^2$ (график Т-2)

$$Q_3 = 8,2 + 2,043 N_T \text{ Ткал/ч;} \quad (I)$$

t_7^6 - при постоянных расходе ($W_{охл} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$) и температуре ($t_7^6 = 20^\circ\text{C}$) охлаждающей воды (график Т-3)

$$Q_3 = 6,15 + 2,102 N_T \text{ Гкал/ч.} \quad (2)$$

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

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

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

$$D_{ЧНД}^{\delta x} = 0,8 D_0 - 2 \text{ т/ч.} \quad (4)$$

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°C температуры свежего пара - 0,25%;
- на 10°C 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 ($8000 \text{ м}^3/\text{ч}$) и температуре (20°C) 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 - $0,3\% Q_3$;
- 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.

Т а б л и ц а 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 $H = 10 \text{ м вод.ст.}$	313					
Мощность нетто турбоагрегата N_T , 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	$6,95 + 2,112 N_T^H$					
Поправка к удельному расходу тепла нетто на изменение напора насоса на I м вод.ст., % ...	0,34	0,16	0,10	0,08	0,06	0,05

III. РЕЖИМЫ РАБОТЫ С ОПУСКОМ 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 ($N_T, D_n, D_T, P_n, P_T, P_2$) расход пара и тепла на турбоагрегат. Используя вспомогательные графики, можно подсчитать также полный и удельный расход тепла на производство электроэнергии по формулам:

$$Q_2 = Q_0 - Q_n - Q_T \quad \text{Гкал/ч} \quad (5)$$

и

$$q_T = \frac{Q_2}{N_T} \cdot 10^3 \quad \text{ккал/(кВт·ч)}. \quad (6)$$

Отпуск тепла из производственного отбора

$$Q_n = D_n (i_n - 100) \cdot 10^{-3} \quad \text{Гкал/ч}. \quad (5a)$$

Отпуск тепла из теплофикационного отбора

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

Энтальпию пара производственного отбора i_n при определенных 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-12.

При отклонении давления пара в производственном отборе от 13 кгс/см² к энтальпии пара вносится поправка по графику Т-12 или уравнению

$$\Delta i_n = 3,83 P_n - 49,7 \text{ ккал/кг.} \quad (7)$$

Энтальпия пара теплофикационного отбора определяется по графику Т-14.

При отклонении давления пара в теплофикационном отборе от 1,2 кгс/см² к энтальпии пара вносится поправка по графику Т-14 или уравнению

$$\Delta i_T = -45,4 + 46,1 P_T - 6,83 P_T^2 \text{ ккал/кг.} \quad (8)$$

Нормативный расход тепла на производство электроэнергии можно определить 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 подчитывается по энергетическому уравнению

$$Q_3 = Q_3^{исх} + \Delta q_{тф} N_{тф} + \Delta q_{кн} N_{кн} \pm \delta Q_{эР} \pm \delta Q_{эП} \text{ Гкал/ч,} \quad (9)$$

где $Q_3^{исх}$ - исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии, учитываемая 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;

$$N_{тф} = (W_{тф}^T Q_T + W_{тф}^P Q_n) 10^{-3} \text{ МВт;} \quad (10)$$

$W_{тф}^T$ и $W_{тф}^P$ - 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;

$$N_{кн} = N_T - N_{тф} \text{ МВт;} \quad (11)$$

$\delta Q_{эР}, \delta Q_{эП}$ - 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.

Т а б л и ц а 2

Показатель	Обозначение	Режимы работы турбоагрегата		
		Режим ПТ	Режим П	Режим Т
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии	$Q_3^{исх}$	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	1,91	1,84

О к о н ч а н и е т а б л и ц ы 2

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

IV. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

1. Нормативные характеристики турбоагрегата действительны при расчетной тепловой схеме (график Т-1) 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 ха-

рактеристик по причинам, не зависящим от эксплуатационного персонала.

Поправки вводятся не:

- 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

1. Конденсационный режим с отключенными регуляторами давления пара производственного и теплофикационного отборов.
Исходные данные: $N_T = 50$ МВт, $P_2 = 0,055$ кгс/см².

Параметры свежего пара - номинальные.
В табл.3 приводится последовательность расчета.

Т а б л и ц а 3

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Расход тепла на выработку электроэнергии при $P_2 = 0,04 \text{ кгс/см}^2$	Q_3	Гкал/ч	Уравнение (1) или график Т-2	110,35
Расход свежего пара на турбоагрегат при $P_2 = 0,04 \text{ кгс/см}^2$	D_0	т/ч	$7,6+3,481 N_T$ или график Т-2	181,65
Расход пара на входе в ЧВД	$D_{ЧВД}^{вх}$	т/ч	Уравнение (4)	143
Поправка к мощности N_T на отклонение давления отработавшего пара от $0,04 \text{ кгс/см}^2$	ΔN_{P_2}	МВт	График Т-28	0,320
Поправка к расходу тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления отработавшего пара от $0,04 \text{ кгс/см}^2$	$\Delta Q_{эP_2}$	Гкал/ч	$2,043 \Delta N_{P_2}$	0,65
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	q_T	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_3 + \Delta Q_3}{N_T} \cdot 10^3$	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:
 $N_T = 60 \text{ МВт}$, $D_{П} = 180 \text{ т/ч}$, $P_{П} = 16 \text{ кгс/см}^2$,
 $D_T = 40 \text{ т/ч}$, $P_T = 2,0 \text{ кгс/см}^2$,
 $P_2 = 0,05 \text{ кгс/см}^2$.

Тепловая схема - расчетная, параметры свежего пара - номинальные.

В табл.4 приводится последовательность расчета.

Т а б л и ц а 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	$D_{ЧСД}^{ввых}$	т/ч	Приложение I	84
Расход пара на входе в ЧВД	$D_{ЧВД}^{вх}$	т/ч	$D_{ЧСД}^{ввых} - D_T$	14
Поправка к мощности N_T на отклонение $P_{П}$ от 13 кгс/см^2	$\Delta N_{P_{П}}$	МВт	Приложение 4, график III	3,2
Поправка к мощности N_T на отклонение P_T от $1,2 \text{ кгс/см}^2$	ΔN_{P_T}	МВт	Приложение 4, график IV	2,0
Поправка к мощности N_T на отклонение P_2 от $0,04 \text{ кгс/см}^2$	ΔN_{P_2}	МВт	График Т-28	0,4
циктивная мощность на зажимах генератора	N_T^{Φ}	МВт	$N_T + \Delta N_{P_{П}} + \Delta N_{P_T} + \Delta N_{P_2}$	65,6
Расход пара на турбоагрегат при исходных данных	D_0	т/ч	Приложение I (по N_T^{Φ})	378
Расход пара на выходе из ЧСД при исходных данных	$D_{ЧСД}^{ввых}$	т/ч	Приложение I (по N_T^{Φ})	96
Расход пара на входе в ЧСД	$D_{ЧСД}^{вх}$	т/ч	$D_{ЧСД}^{ввых} - 4,08$	105,5
			0,871	
			<u>I-й способ</u>	
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора	$W_{ТФ}^{\Pi}$	кВт·ч/Гкал	График Т-13	267

Продолжение таблицы 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора при заданном P_T	$W_{TФ}$	кВт·ч/Гкал	График Т-1Б ($W_{TФ}^I + \Delta W_{TФ}^I$)	479
Энтальпия пара производственного отбора при заданном P_n	i_n	ккал/кг	График Т-12 ($i_n + \Delta i_n$)	727
Энтальпия пара теплофикационного отбора при заданном P_T	i_T	ккал/кг	График Т-14 ($i_T + \Delta i_T$)	657
Отпуск тепла из производственного отбора	Q_n	Гкал/ч	Уравнение (5а)	112,9
Отпуск тепла из теплофикационного отбора	Q_T	Гкал/ч	Уравнение (5б)	22,3
Мощность турбины, развиваемая по теплофикационному циклу	$N_{TФ}$	МВт	Уравнение (10)	40,8
Мощность турбины, развиваемая по конденсационному циклу	N_{KH}	МВт	$N_T - N_{TФ}$	19,2
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии	$Q_3^{исх}$	Гкал/ч	График Т-30	7,7
Поправка к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления P_T от 1,2 кгс/см ²	$\delta Q_{эpT}$	Гкал/ч	График Т-30	1,8
Поправка к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления P_n от 13 кгс/см ²	$\delta Q_{эpн}$	Гкал/ч	График Т-30	1,5

Окончание таблицы 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по конденсационному циклу	Δq_{KH}	Гкал/(МВт·ч)	График Т-30	1,882
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по теплофикационному циклу	$\Delta q_{TФ}$	Гкал/(МВт·ч)	Таблица 2	0,873
Расход тепла на выработку электроэнергии	Q_3	Гкал/ч	Уравнение (9)	82,73
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	q_T	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_3}{N_T} \cdot 10^3$	1379
2-й способ				
Энтальпия питательной воды при $D_0 = 378$ т/ч и $P_n = 16$ 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	217,1
Расход тепла на выработку электроэнергии	Q_3	Гкал/ч	$Q_0 - Q_n - Q_T$	81,9
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	q_T	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_3}{N_T} \cdot 10^3$	1365

Примечание. Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии рекомендуется определять по 1-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 $\pm 2,5\%$.

ПРИНЯТЫЕ ОСНОВНЫЕ
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Показатель	Обозначение
Мощность, МВт:	
- на валках генератора	N_T
- внутренняя турбины	N_I
- внутренняя цилиндра высокого давления	$N_i^{ЧВД}$
- 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_T
- на выходе из цилиндра высокого давления	$D_{ЧВД}^{вых}$
- на входе в часть среднего давления	$D_{ЧСД}^{вх}$
- на выходе из части среднего давления	$D_{ЧСД}^{вых}$

Показатель	Обозначение
- 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	$D_{п.у.ЧВД}, D_{з.у.ЧВД}$
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_{IV}, P_V
- в камере производственного отбора	$P_{п}$
- в камере теплофикационного отбора	P_T
- 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_T
- 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	$t_{рег}^n, i_{рег}^n; t_{рег}, i_{рег}$

Показатель	Обозначение
- температурный напор	δt
- охлаждающей воды на входе в конденсатор и выходе из него	$t_1^{\theta}, t_2^{\theta}$
- нагрев охлаждающей воды в конденсаторе	Δt^{θ}
Расход тепла, Гкал/ч:	
- на турбину	Q_0
- на выработку электроэнергии	Q_3
- на собственные нужды турбоагрегата	Q_T^{CH}
- на выработку электроэнергии, включая расход тепла на собственные нужды	Q_3'
Отпуск тепла из производственного отбора, Гкал/ч	$Q_{п}$
Отпуск тепла из теплофикационного отбора, Гкал/ч	Q_T
Удельный расход тепла брутто турбиной на выработку электроэнергии, ккал/(кВт·ч)	q_T
Удельный расход тепла нетто турбоагрегатом на отпуск электроэнергии, ккал/(кВт·ч)	q_T^H
Электрохимический КПД, %	$\eta_{ЭМ}$
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу при отпуске тепла соответственно из теплофикационного и производственного отборов, кВт·ч/Гкал	$W_{ТФ}^T, W_{ТФ}^H$
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии, Гкал/ч	$Q_{ЭСХ}$
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по конденсационному и теплофикационному циклам, Гкал/(кВт·ч)	$\Delta q_{KH}, \Delta q_{ТФ}$

ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

- График Т-1. Принципиальная расчетная тепловая схема турбоагрегата ПТ-60-130/13 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/см².
- 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°C.
- 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-10. Расход пара на ЦВД.
- График Т-11. Расход пара на выходе из ЦВД, ЧСД и отработавшего пара в конденсатор в зависимости от расхода на входе.
- График Т-12. 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-17. Внутренняя мощность ЧНД.
- График Т-18. Поправка к внутренней мощности ЦВД ($\Delta N_{i_{увд}}$) на изменение давления в производственном отборе.
- График Т-19. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N_{i_{чсд}}^n$) на изменение давления в производственном отборе.
- График Т-20. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N_{i_{чсд}}^T$) на изменение давления в теплофикационном отборе.
- График Т-21. Поправочный коэффициент (α_T) к внутренней мощности ЧНД ($N_{i_{(1,2)}}^{чнд}$) 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 ПВД 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 $W_{охл} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$.
- График Т-28. Поправка (ΔN_{p_2}) к мощности N_T 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 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).
- Приложение 4. Поправки к мощности на изменение исходных условий от принятых при построении диаграмм режимов.

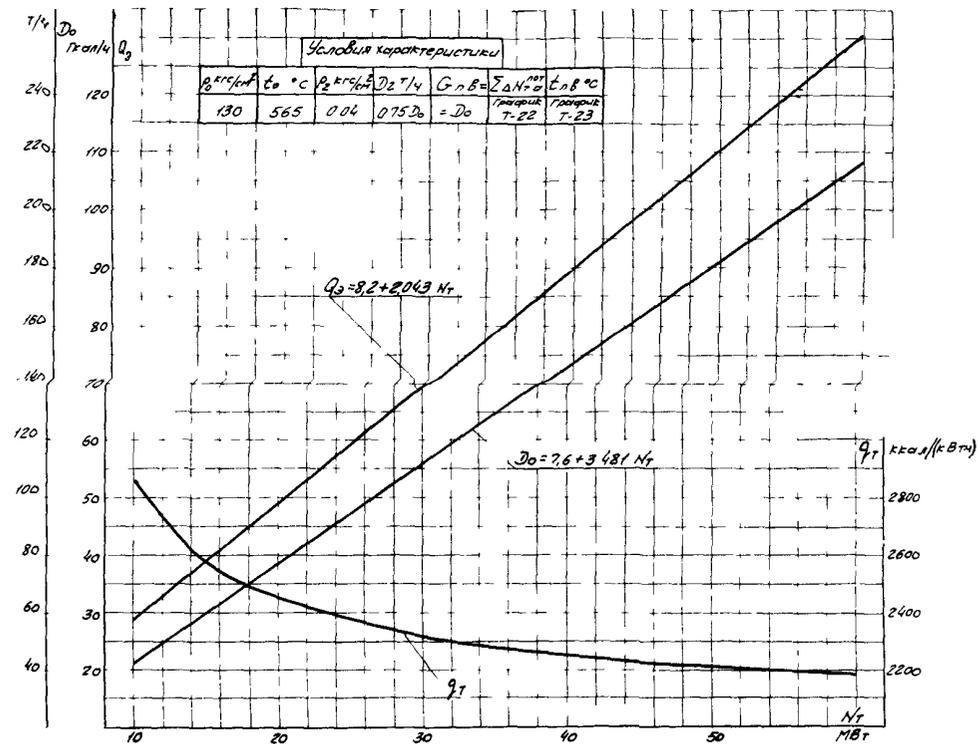


График Т-2. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления, при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,04 кгс/см²

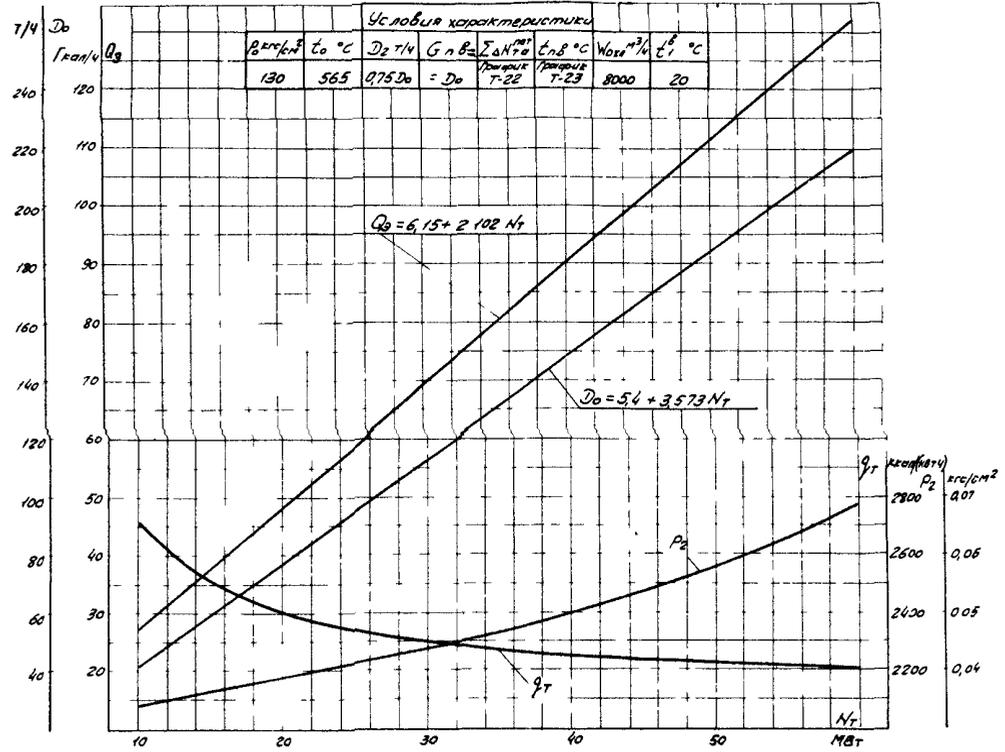


График Т-3. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном расходе охлаждающей воды 8000 м³/ч и ее температуре 20°С

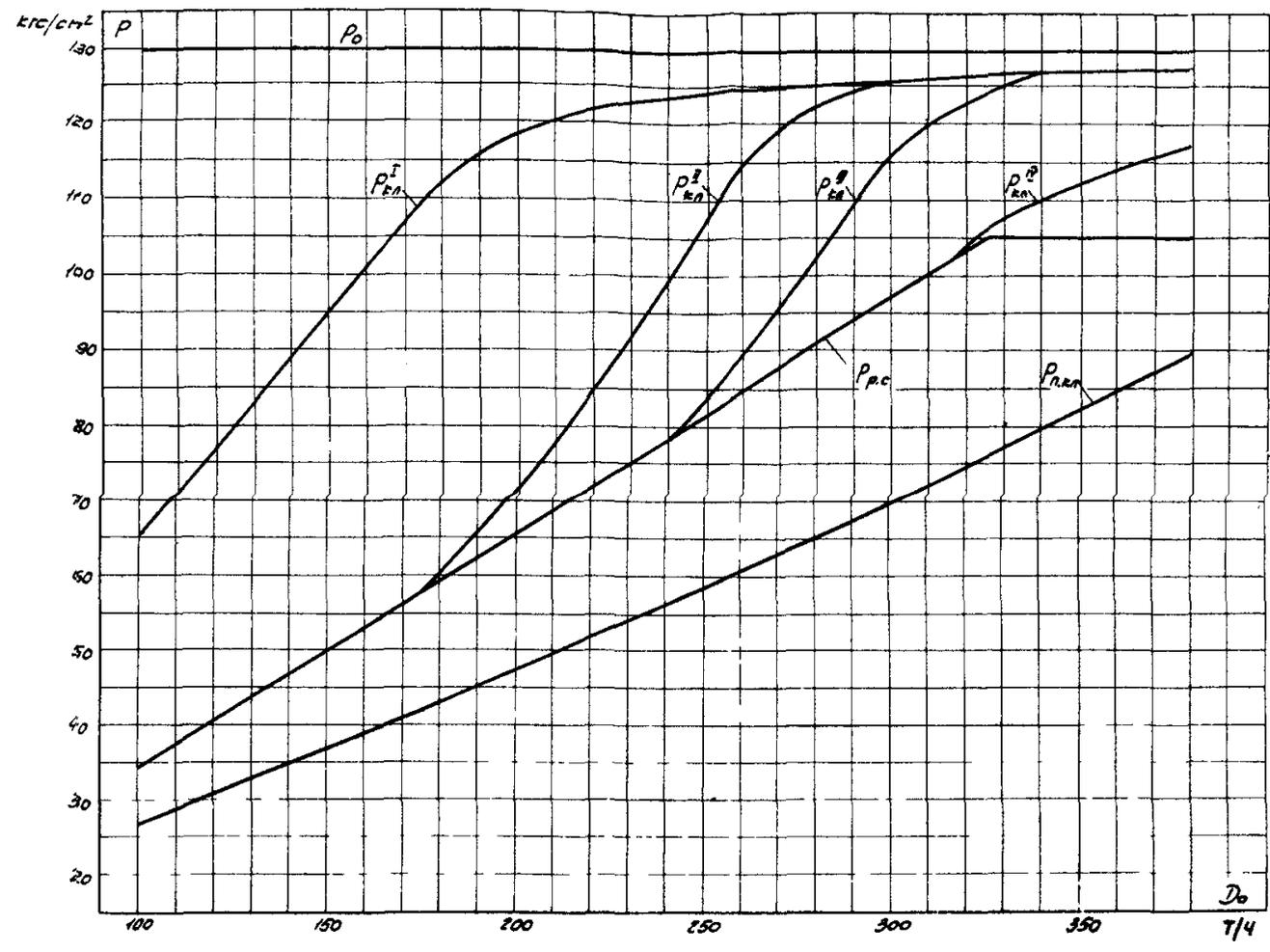


График Т-4. Диаграмма парораспределения ЦВД

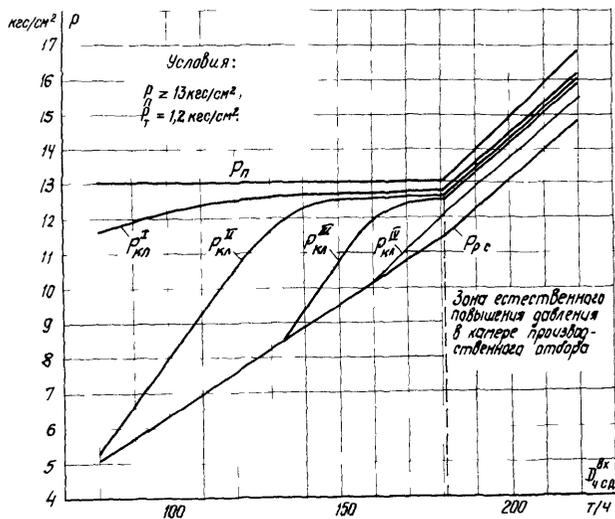


График Т-5. Диаграмма парораспределения ЧСД

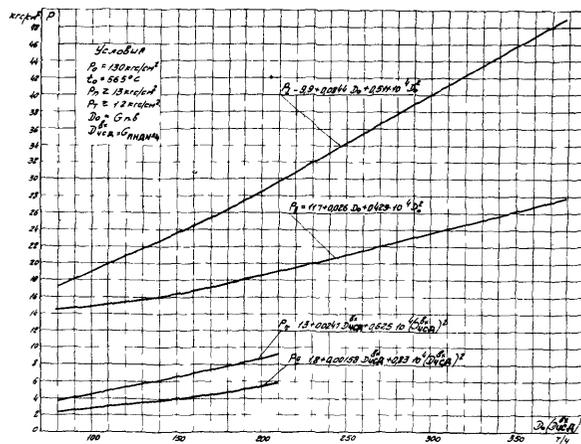


График Т-6. Давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД

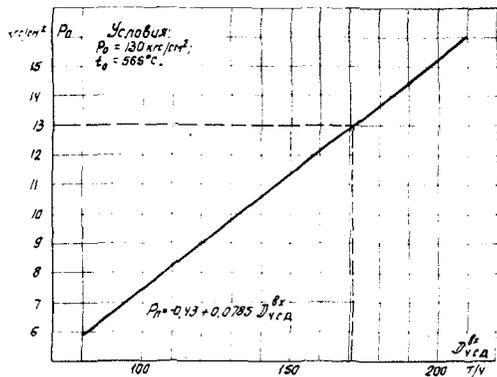


График Т-7. Давление пара в камере производственного отбора при отключенном регуляторе давления

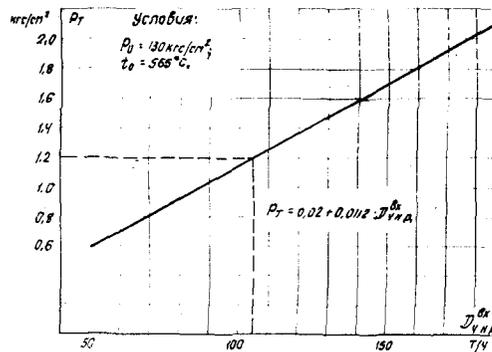


График Т-8. Давление пара в камере теплофикационного отбора при отключенном регуляторе давления

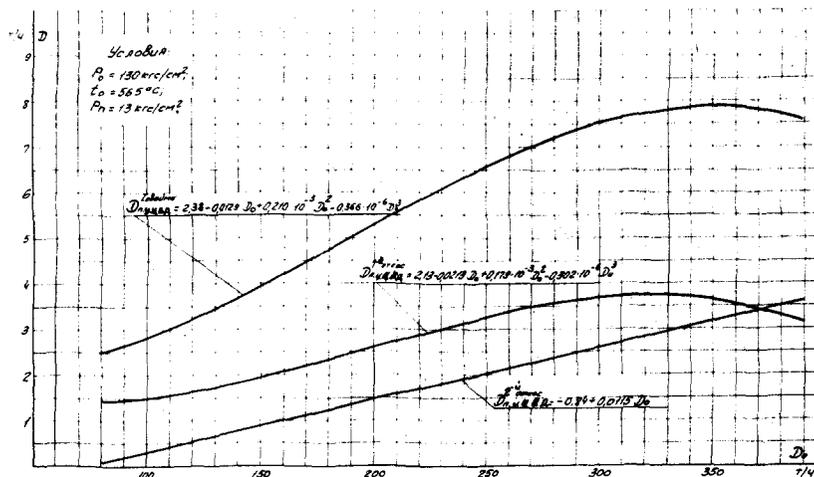


График Т-9. Протечки и отсосы пара из переднего уплотнения ЦВД

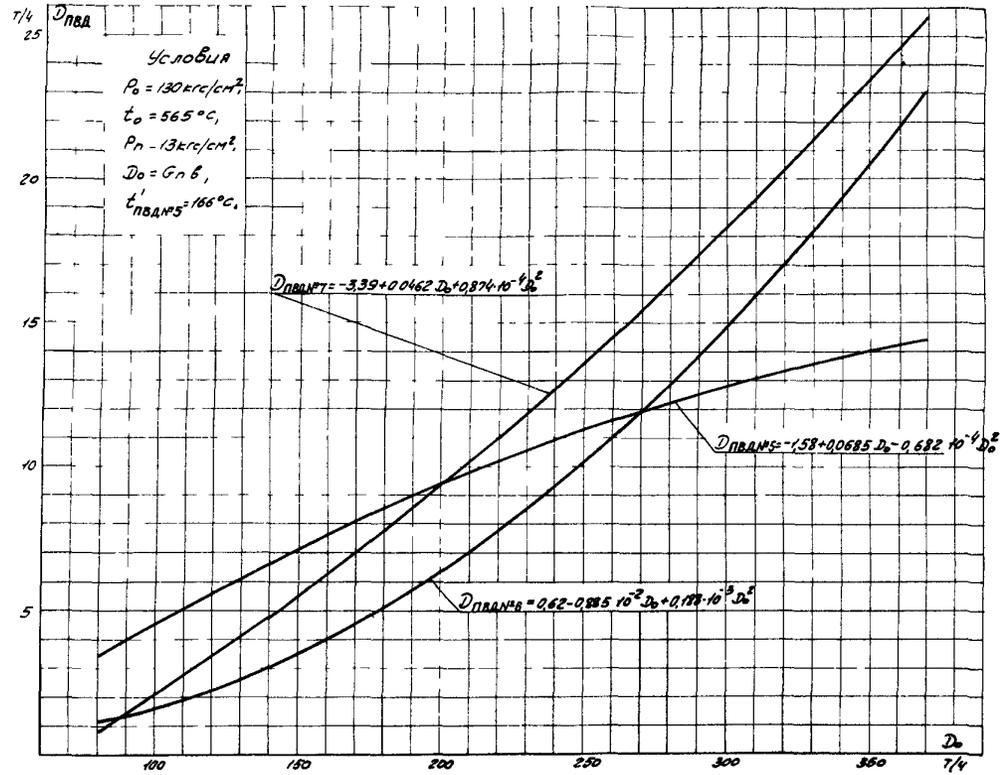


График 1-Ю. Расход пара на ПВД
($t'_{\text{пвд}\#5}$ - температура перед ПВД № 5)

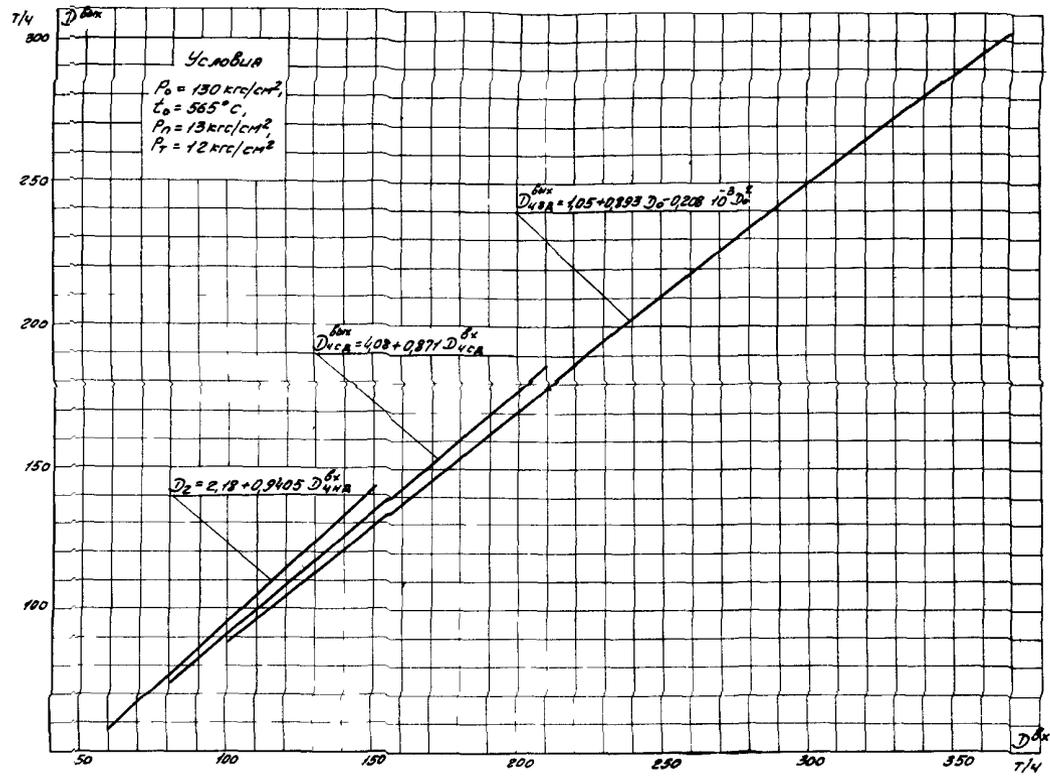


График Т-II. Расход пара на входе из ЦВД, ЧСД и отработавшего пара в конденсатор в зависимости от расхода на входе

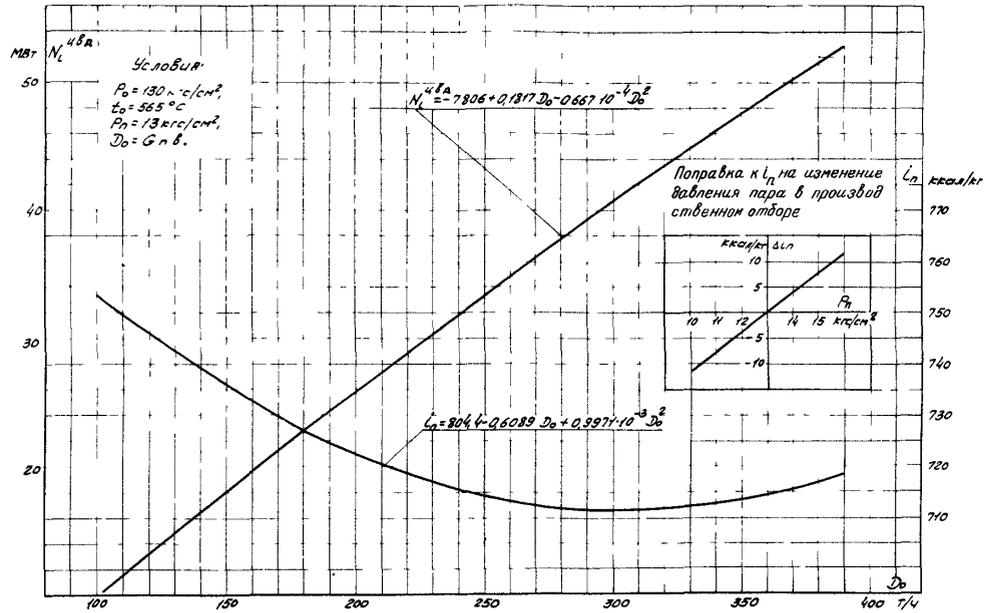


График Т-12. Характеристика ЦВД

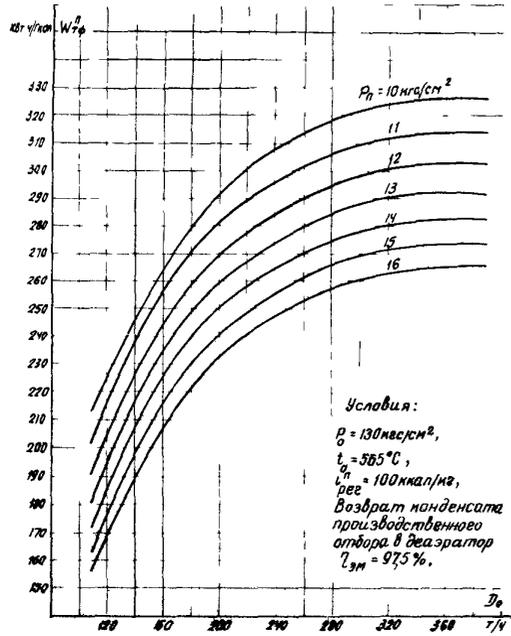


График Т-13. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора (режимы П и ПТ)

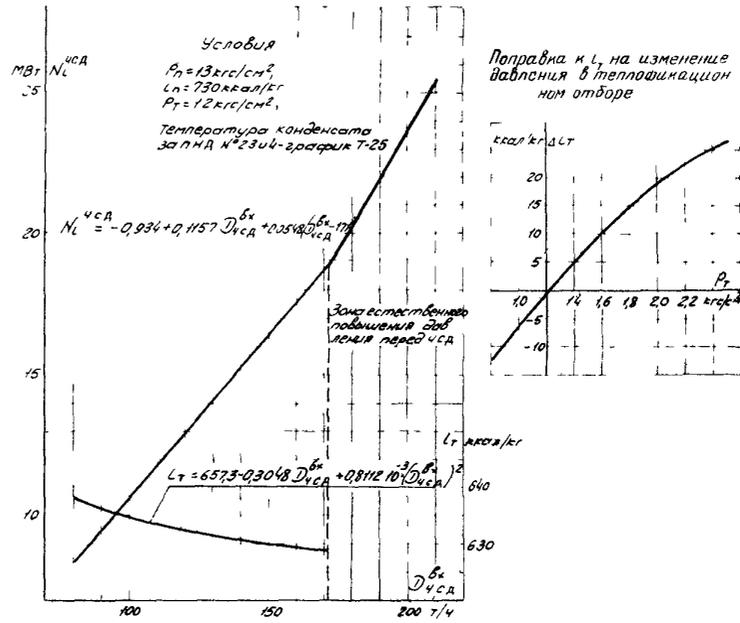


График Т-14. Характеристика ЧСД

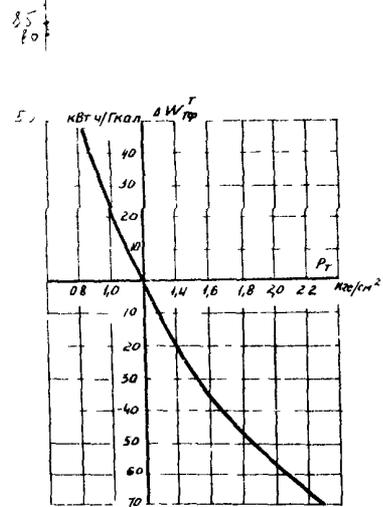
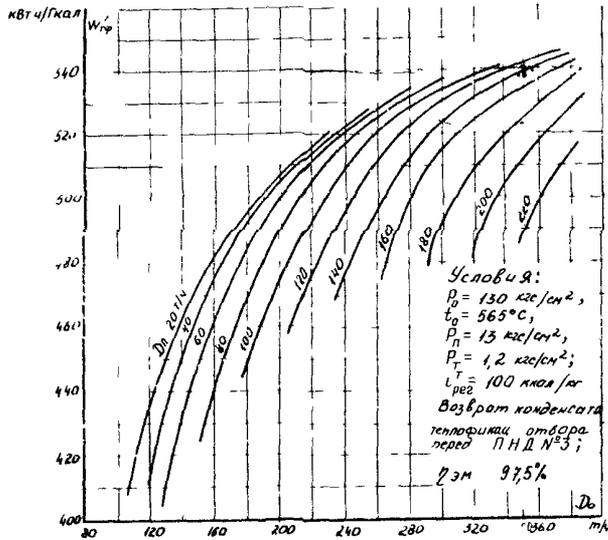


График Т-15. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора включен - режим ПТ)

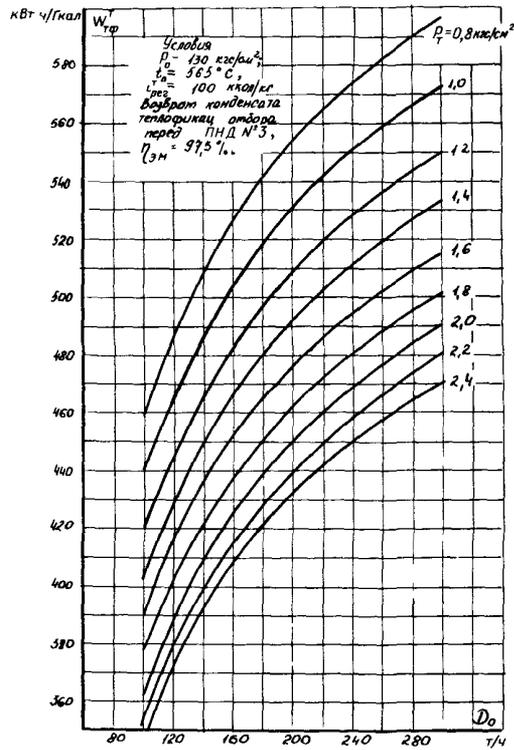


График Т-16. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора отключен - режим Т)

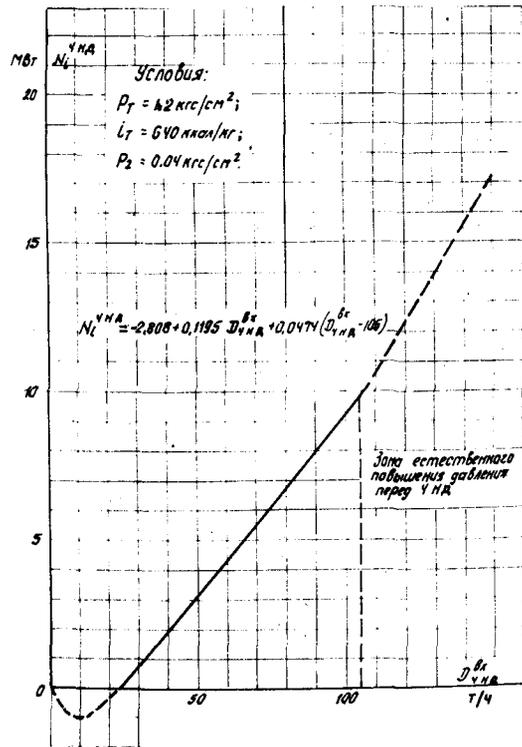


График Т-17. Внутренняя мощность ЧНД

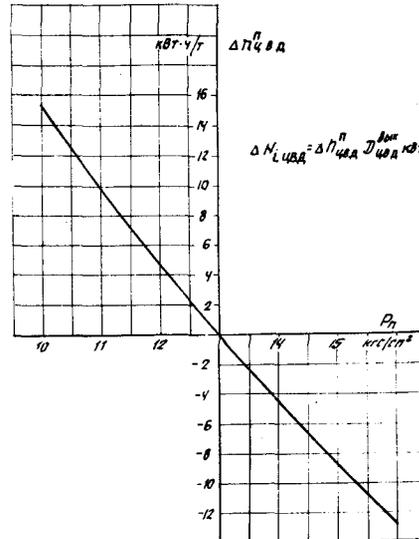


График Т-18. Поправка к внутренней мощности ЧВД ($\Delta N_{i, \text{ч.в.д.}}^{\text{н}}$) на изменение давления в производственном отборе

$\Delta N_{i, \text{ч.в.д.}}^{\text{н}}$ - промежуточная расчетная величина

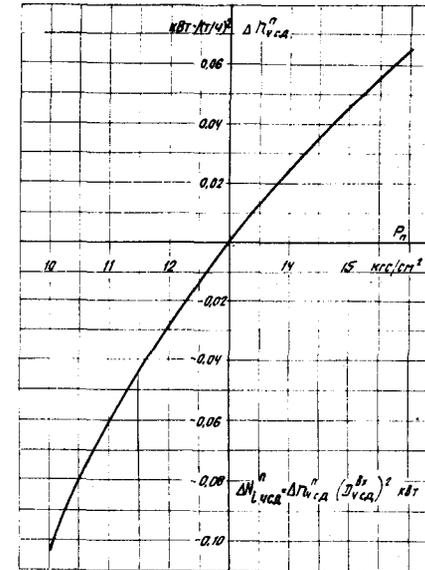


График Т-19. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N_{i, \text{ч.с.д.}}^{\text{н}}$) на изменение давления в производственном отборе

$\Delta N_{i, \text{ч.с.д.}}^{\text{н}}$ - промежуточная расчетная величина

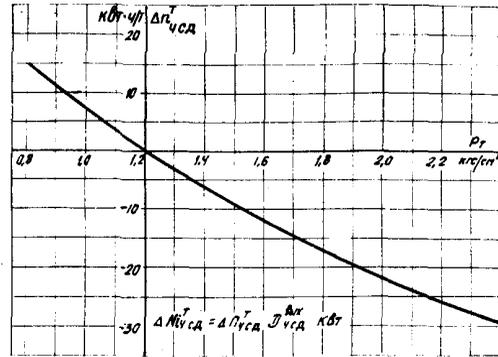


График Т-20. Поправка к внутренней мощности ЧСД ($\Delta N_{ЧСД}^T$) на изменение давления в теплофикационном отборе
 $\Delta P_{ЧСД}^T$ - промежуточная расчетная величина

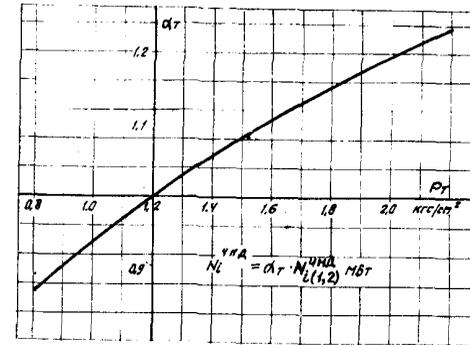


График Т-21. Поправочный коэффициент (α_T) к внутренней мощности ЧД ($N_{ЧД}^{H.A}$) на изменение давления в теплофикационном отборе

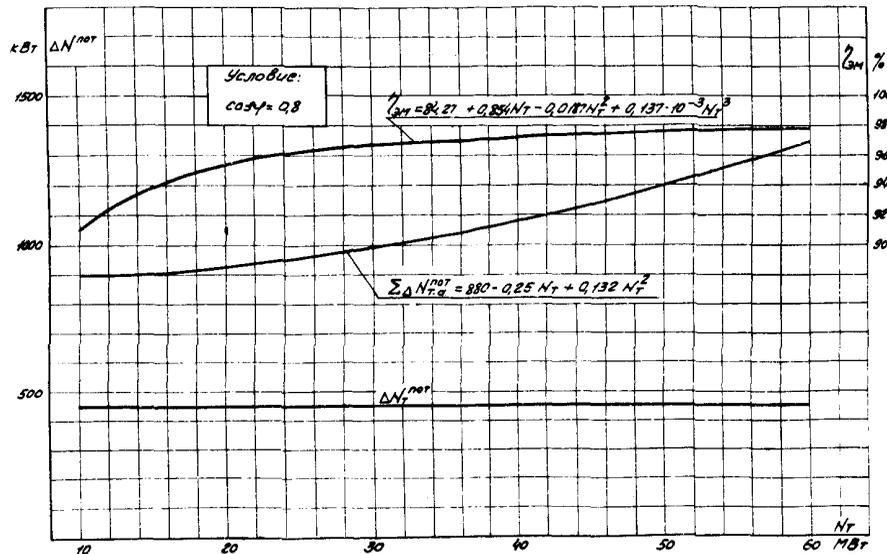


График Т-22. Потери мощности и электромеханический КПД турбоагрегата

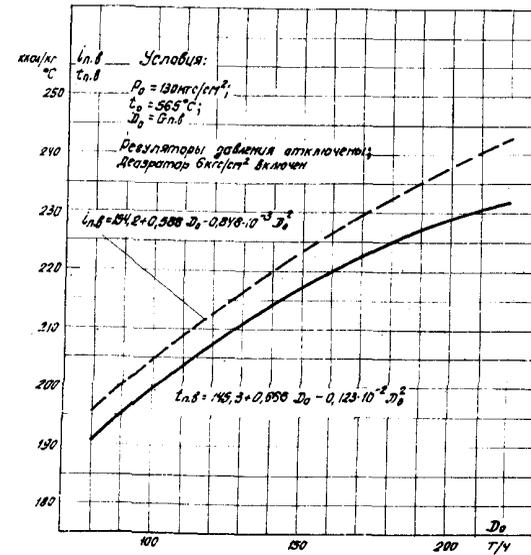


График Т-23. Температура и энтальпия питательной воды за последним ЦВД (конденсационный режим)

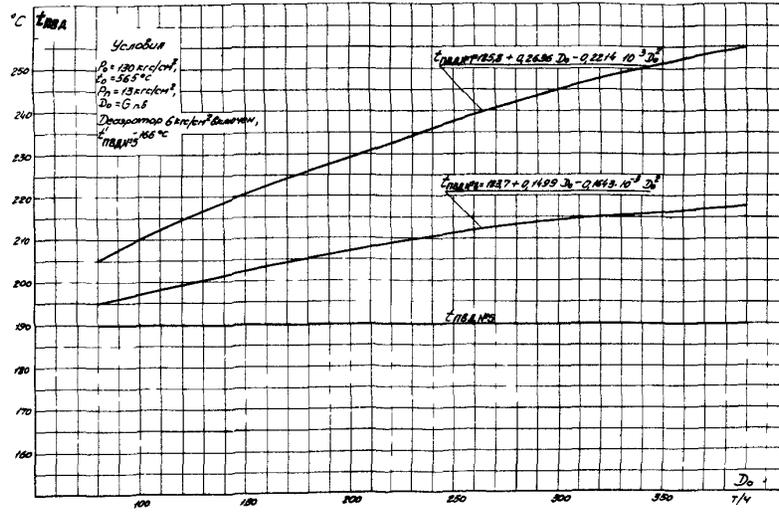


График Т-24. Температура питательной воды за ПВД при включенном регуляторе давления производственного отбора ($t_{\text{пвдн}^5}$ - температура перед ПВД № 5)

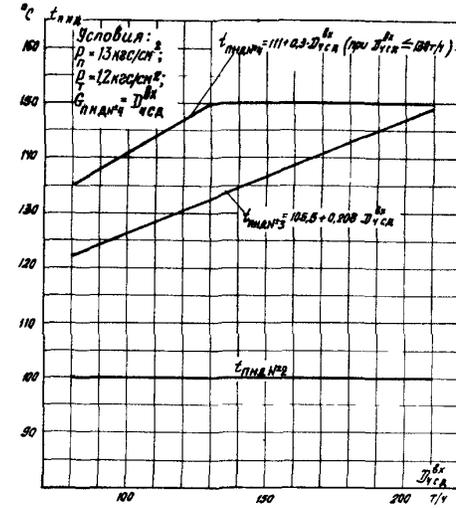


График Т-25. Температура конденсата за ПВД части среднего давления

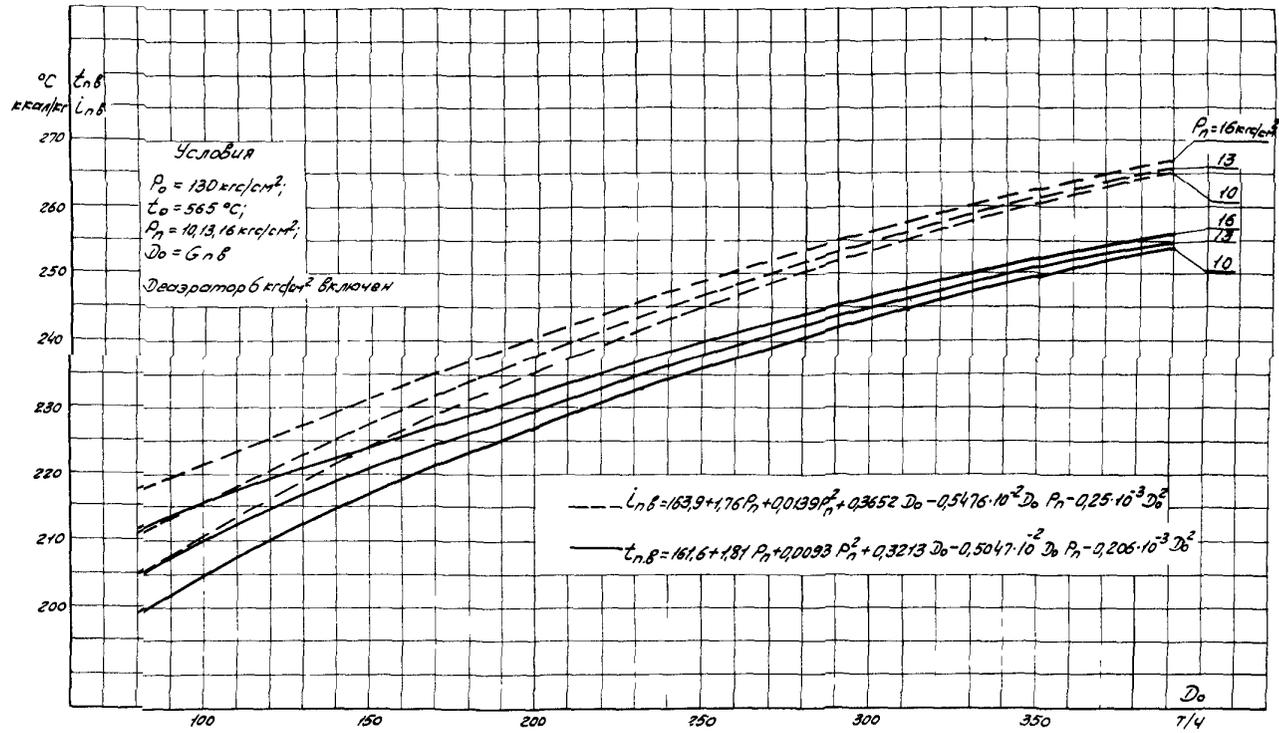


График Т-26. Температура и энтальпия питательной воды за последним ПВД (режимы с включенным регулятором производственного отбора)

Давление отработавшего пара в конденсаторе

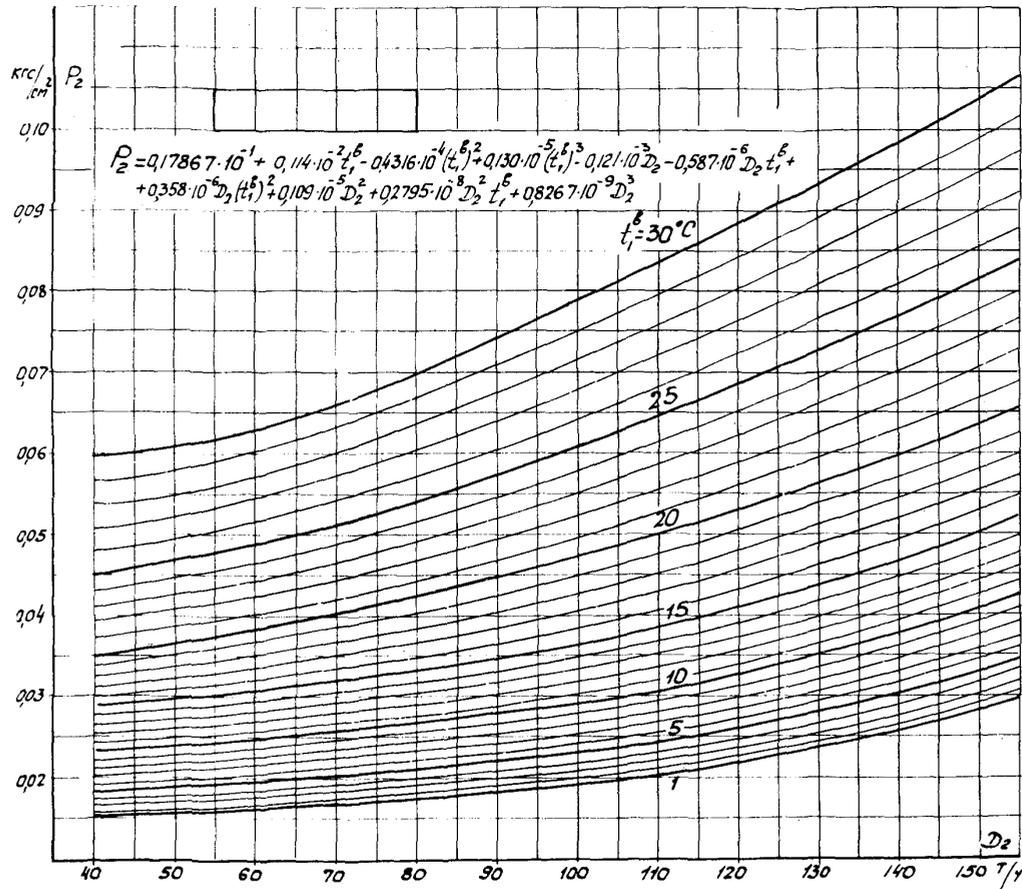
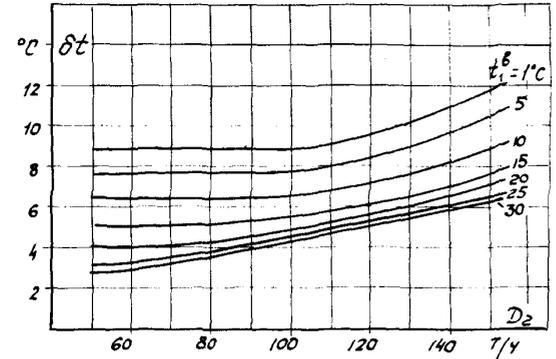


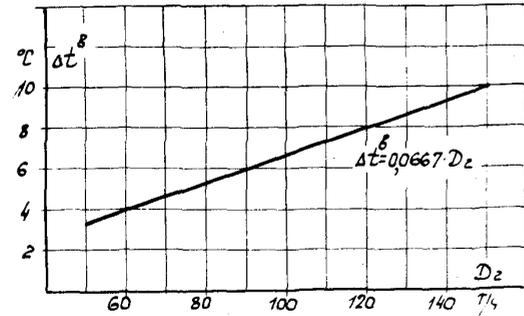
График Т-27. Характеристика конденсатора типа 50-КЦС-4 при $W_{\text{охл}} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$

Температурный напор конденсатора



$$\delta t = 0,10995 \cdot 10^{-2} - 0,39361 t_1^b + 0,5232 \cdot 10^{-2} (t_1^b)^2 - 0,52003 \cdot 10^{-1} D_2 + 0,546 \cdot 10^{-3} D_2 \cdot t_1^b + 0,36224 \cdot 10^{-3} D_2^2$$

Нагрев охлаждающей воды в конденсаторе



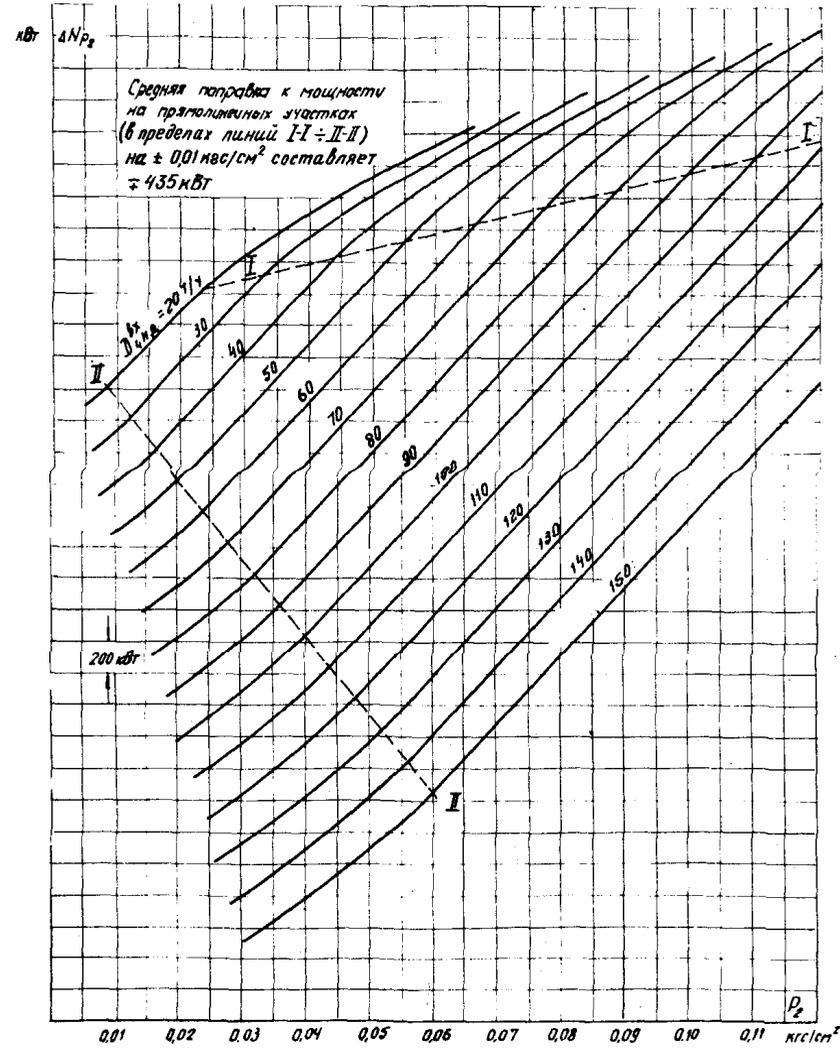


График Т-28. Поправка (ΔN_{p_2}) к мощности N_T на изменение давления отработавшего пара в конденсаторе

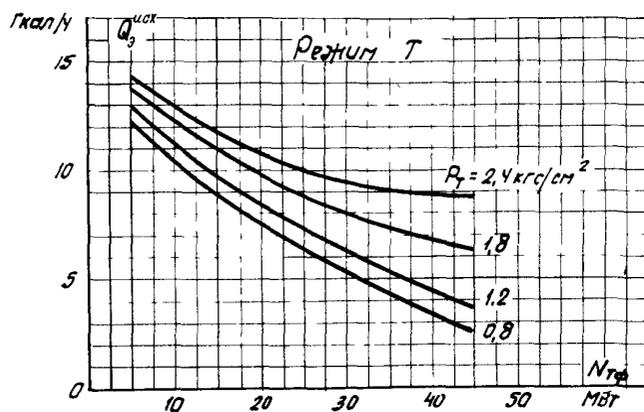
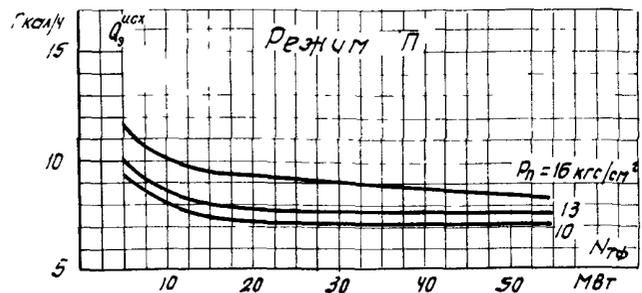


График 1-29. Параметры энергетического уравнения (9) для режимов II и T

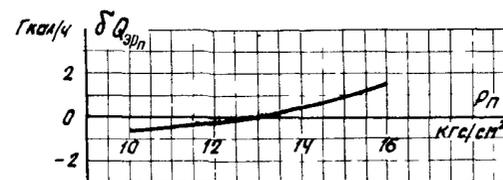
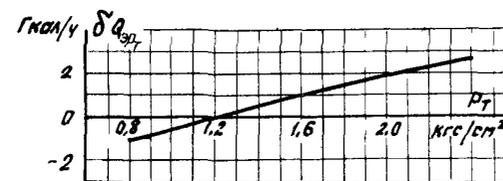
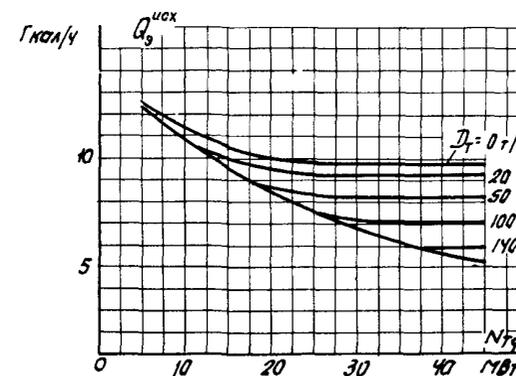
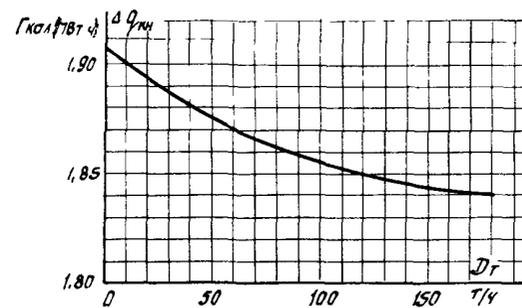
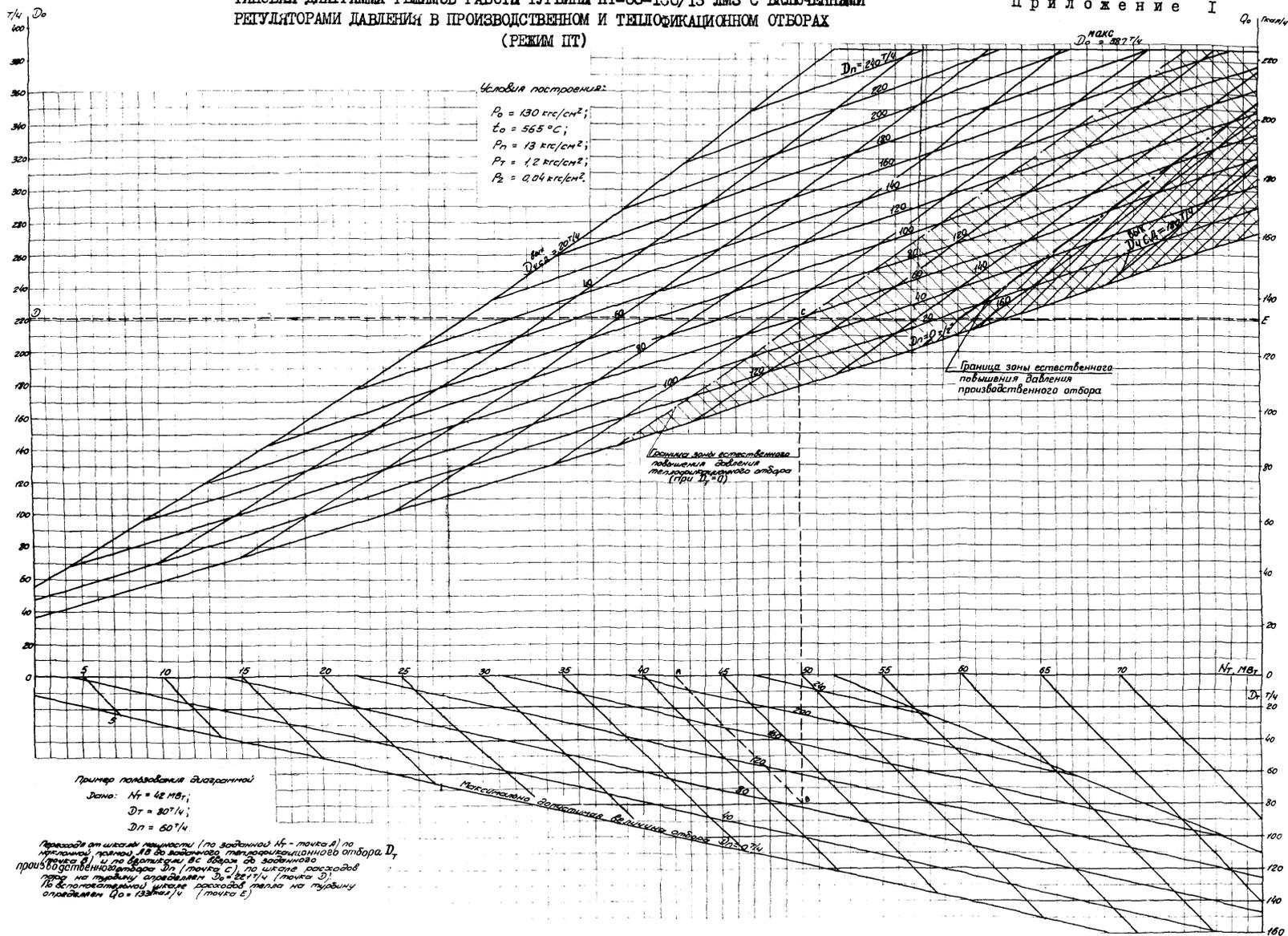


График 1-30. Параметры энергетического уравнения (9) для режима III

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

Приложение I



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

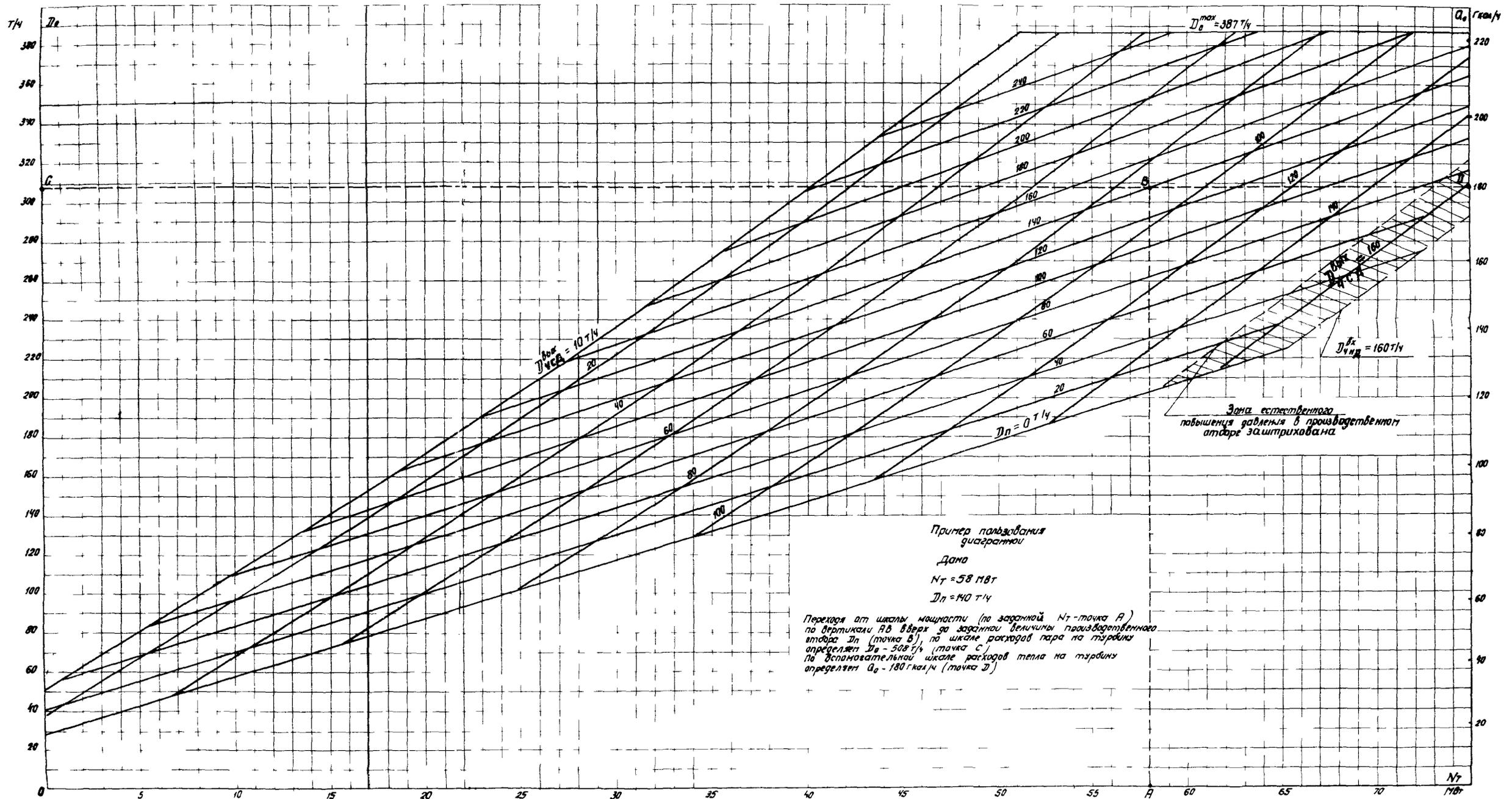
Условия построения

$P_0 = 130 \text{ кгс/см}^2$;

$t_0 = 565^\circ\text{C}$;

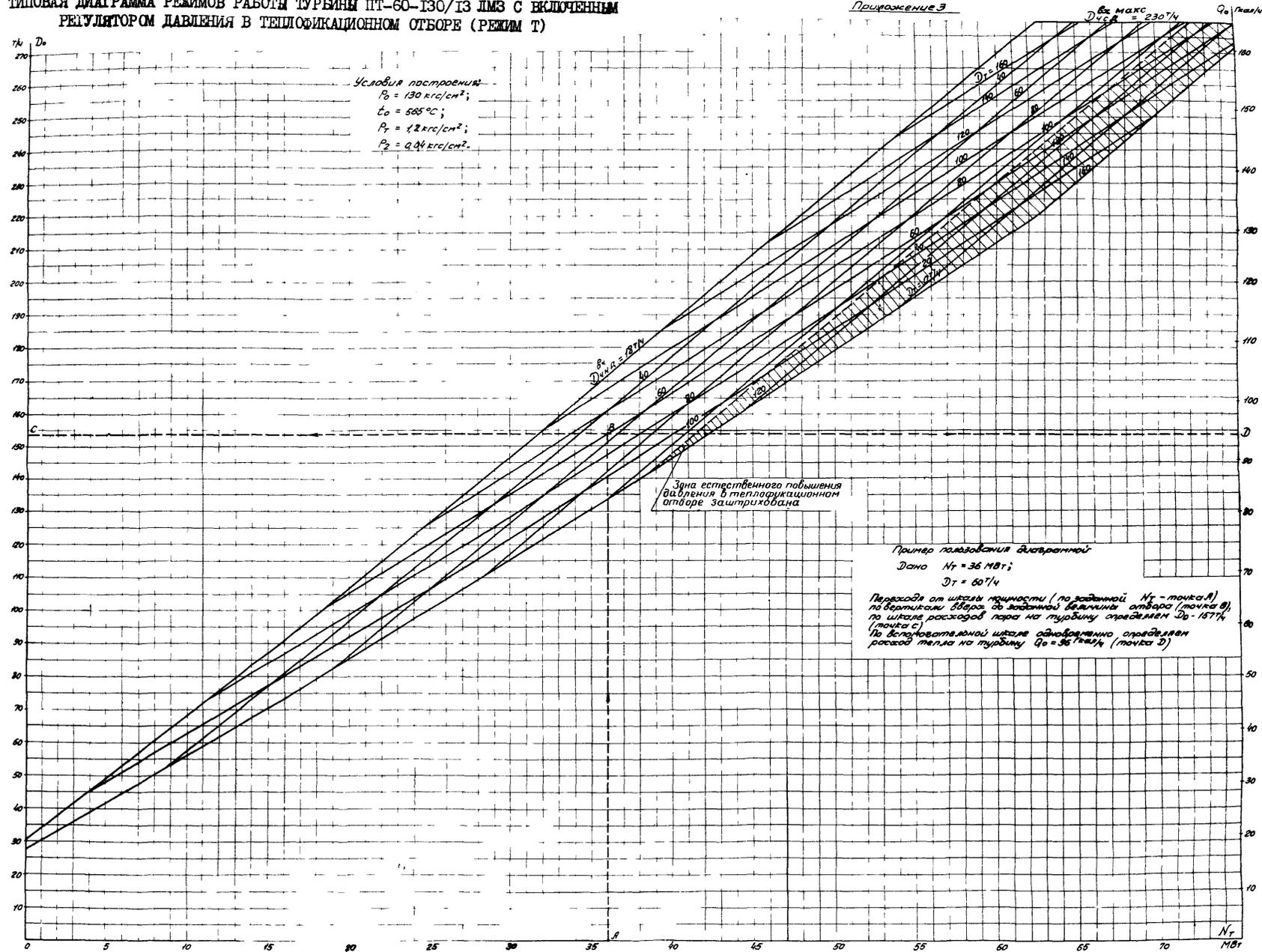
$P_n = 13 \text{ кгс/см}^2$;

$P_2 = 0.04 \text{ кгс/см}^2$;



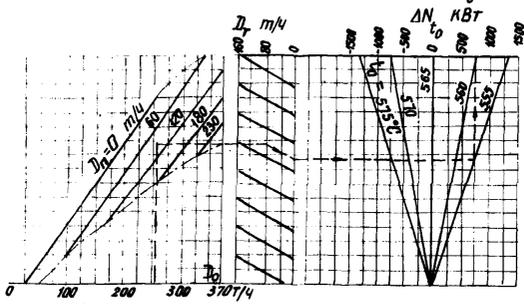
ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ПТ-60-130/13 ЛМЗ С ВКЛЮЧЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ В ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРЕ (РЕЖИМ Т)

Приложение 3

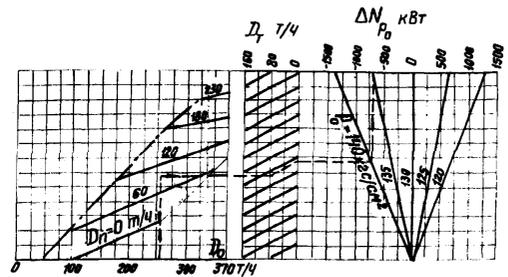


ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ N_T НА ИЗМЕНЕНИЕ ИСХОДНЫХ УСЛОВИЙ ОТ ПРИНЯТЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ДИАГРАММ РЕЖИМОВ

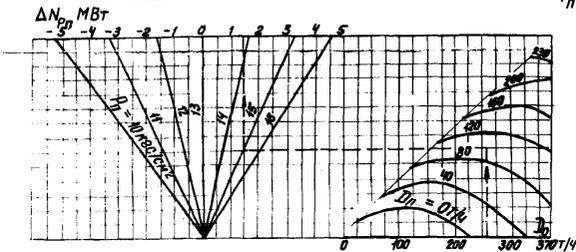
I. Поправка на температуру свежего пара ΔN_{ρ_0}



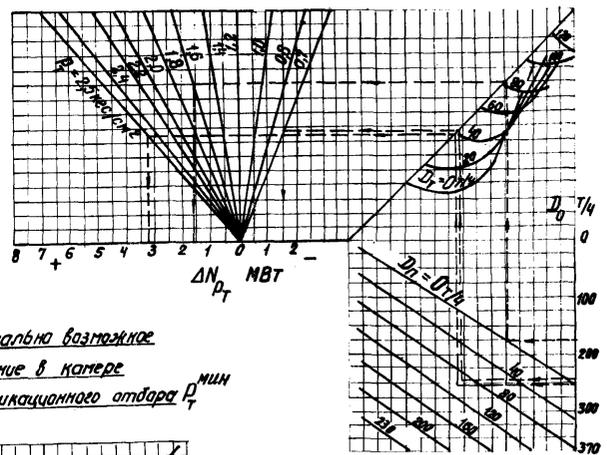
II. Поправка на давление свежего пара ΔN_{ρ_0}



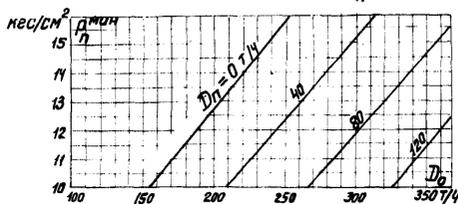
III. Поправка на давление производственного отбора ΔN_{p_n}



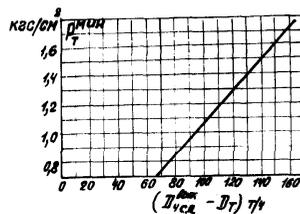
IV. Поправка на давление теплофикационного отбора ΔN_{p_T}



V. Минимально возможное давление в камере производственного отбора $p_{n \text{ мин}}$



VI. Минимально возможное давление в камере теплофикационного отбора $p_{T \text{ мин}}$



Примечания к кривым III и V:

- Эти кривые необходимы лишь при пользовании диаграммой режимов при работе с включенными регуляторами давления в отборах.
- Если регулируемое давление производственного отбора p_n больше или меньше 13 кгс/см², то для каждого заданного расхода свежего пара и пара производственного отбора по кривым V определяется минимально возможное давление в камере отбора - $p_{n \text{ мин}}$. Если регулируемое давление $p_n > 13$ кгс/см², то:
 - При $p_{n \text{ мин}} < 13$ кгс/см² поправка ΔN_{p_n} (кривые III) определяется по давлению p_n .
 - При $p_{n \text{ мин}} > 13$ кгс/см²:
 - $p_n > p_{n \text{ мин}}$. Поправка ΔN_{p_n} определяется как разность поправок, взятых при p_n и $p_{n \text{ мин}}$;
 - $p_n < p_{n \text{ мин}}$. Поправку вводить не надо.
- Если регулируемое давление $p_n < 13$ кгс/см², то:
 - При $p_{n \text{ мин}} < 13$ кгс/см² поправка ΔN_{p_n} определяется по наибольшему из давлений p_n или $p_{n \text{ мин}}$.
 - При $p_{n \text{ мин}} > 13$ кгс/см² поправку вводить не надо.

Примечание к кривым IV и VI.

Если регулируемое давление теплофикационного отбора больше или меньше 1,2 кгс/см², то для каждого заданного расхода свежего пара и заданных величин производственного и теплофикационного отборов по кривым VI 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 $p_{T \text{ мин}}$ в камере регулируемого отбора. Если $p_T > p_{T \text{ мин}}$, поправка к диаграмме режимов определяется по кривым IV для давления p_T . Если $p_T < p_{T \text{ мин}}$, поправка определяется по кривым VI для давления $p_{T \text{ мин}}$.