

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

**ТИПОВАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА
К-100-90-6 (ВК-100-6) ЛМЗ**



СОУЗТЕХЭНЕРГО
МОСКВА 1978

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
Главтехуправления
В.ГОРИН
6 июля 1977 г.

**ТИПОВАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА
К-100-90-6 (ВК-100-6) ЛМЗ**

Настоящая Типовая энергетическая характеристика разработана
(инженеры Г.В.РУЦАКОВ, С.В.РЫБАЧКОВ) Средазтехэнерго

Ответственный редактор М.Г.Полоновская
Технический редактор Е.И.Сапожникова
Корректор Л.Ф.Петрухина

Л 79432	Подписано к печати 3/III 1978 г.	Формат 60x84 1/8
Печ.л. 3,0 (усл.печ.л. 2,8)	Уч.-изд.л. 1,9	Тираж 1500 экз.
Заказ № 99/78	Издат. № 220/77	Цена 29 коп.

Производственная служба передового опыта и информации Средазтехэнерго
109432, Москва, Л-432, 2-й Кожуховский проезд, д. 29, корп. 6

Учесток оперативной полиграфии СПО Средазтехэнерго
117292, Москва, В-292, ул. Ивана Бабужкина, д. 23, корп. 2

Даты:	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕТТО ТУРБОАГРЕГАТА	Тип К-100-90-6 (БК-100-6) ЛМЗ
изготовления ...		
установки ...		
характеристики...		

УСЛОВИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

1. Параметры и тепловая схема - график Т-2
2. Напор циркуляционных насосов 15 м вод.ст.

Мощность на выводах генератора, МВт	30	40	50	60	70	75,14	80	90	100	110
Мощность, затрачиваемая на собственные нужды турбоагрегата, МВт	1,124	1,13	1,14	1,147	1,155	1,16	1,17	1,19	1,215	1,235
В том числе на циркуляционные насосы, МВт	0,945									
Расход тепла на выработку электроэнергии, Гкал/ч	77,55	96,80	116,05	135,30	154,55	164,44	174,58	195,44	216,30	237,16
Мощность нетто турбоагрегата, МВт	28,876	38,87	48,86	58,853	68,845	73,98	78,83	88,81	98,785	108,765
Расход тепла на собственные нужды, Гкал/ч	0,43									
Расход тепла на выработку электроэнергии, включая расход тепла на собственные нужды, Гкал/ч	77,98	97,23	116,48	135,73	154,98	164,87	175,01	195,87	216,73	237,59
Уравнение расхода тепла по мощности нетто	$Q'_g = 22,35 + 1,9265 N_T'' + 0,164 (N_T'' - 73,98)$									

ПОПРАВКИ (%) К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛА
НЕТТО НА ИЗМЕНЕНИЕ НАПОРА ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ НАСОСОВ

Напор насосов, м вод.ст.	Мощность нетто, МВт								
	30	40	50	60	70	80	90	100	110
5	-1,51	-1,22	-1,02	-0,88	-0,77	-0,74	-0,66	-0,60	-0,55
10	-0,76	-0,61	-0,51	-0,44	-0,39	-0,37	-0,33	-0,30	-0,28
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	+0,76	+0,61	+0,51	+0,44	0,39	+0,37	+0,33	+0,30	+0,28
25	+1,51	+1,22	+1,02	+0,88	+0,77	+0,74	+0,66	+0,60	+0,55

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА. СВОДКА НОРМ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ						Тип К-100-90-6 (ВК-100-6) ЛМЗ	
Наименование норм	Типовой график	По расходу пара			По расходу тепла		
		Единица измерения	До излома	После излома	Единица измерения	До излома	После излома
I. Характеристика при постоянном давлении (вакууме) в конденсаторе							
1. Часовой расход холодного хода (условный)	T-2	т/ч	15,6	-	Гкал/ч	19,80	-
2. Дополнительный удельный расход (приrost)		т/(МВт·ч)	3,385	3,771	Гкал/(МВт·ч)	1,925	2,086
3. Излом характеристики		т/ч	270,0		Гкал/ч	164,44	
		МВт	75,14		МВт	75,14	
4. Условия характеристики:							
а) Давление свежего пара и по ступеням	T-4а, T-4б	кгс/см ²	90		кгс/см ²	90	
б) Температура свежего пара		°C	535		°C	535	
в) Давление отработавшего пара в конденсаторе		кгс/см ²	0,035		кгс/см ²	0,035	
г) Температура питательной воды и конденсата	T-5						
д) Расход питательной воды			$G_{п.в} = D_0$			$G_{п.в} = D_0$	
II. Характеристика при постоянном расходе и температуре охлаждающей воды (для конденсатора типа 100-ККС-4ЛМЗ; W = 16000 м³/ч; t_в = 10°C) и параметрах п.4, а, б, г, д							
1. Часовой расход холодного хода (условный)	T-I	т/ч	7,79	-	Гкал/ч	15,2	-
2. Дополнительный удельный расход (приrost)		т/(МВт·ч)	3,465	3,854	Гкал/(МВт·ч)	1,971	2,131
3. Излом характеристики		т/ч	270		Гкал/ч	164,44	
		МВт	75,66		МВт	75,66	
4. Давление отработавшего пара в конденсаторе	T-7а						
III. Поправки к расходу пара и тепла на отклонение параметров от номинальных значений							
а) Давления свежего пара		Увеличение	%	График Т-9б, п. а	%	График Т-9а, п. а	
		Уменьшение					
б) Температуры свежего пара		Увеличение	%	График Т-9б, п. б	%	График Т-9а, п. б	
		Уменьшение					
в) Расхода питательной воды		Увеличение	%	График Т-9б, п. в	%	График Т-9а, п. в	
		Уменьшение					
г) На недогрев основного конденсата и питательной воды			%	График Т-9б, п. д, е	%	График Т-9а, п. д, е	
д) На изменение давления в конденсаторе			%	График Т-9б, п. в	%	График Т-9а, п. в	
е) На изменение температуры охлаждающей воды			%	График Т-9б, п. г	%	График Т-9а, п. г	

Даты:	Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата	Тип
изготовления...		K-100-90-6
установки ...		(BK-100-6)
характеристики		ЛМЗ

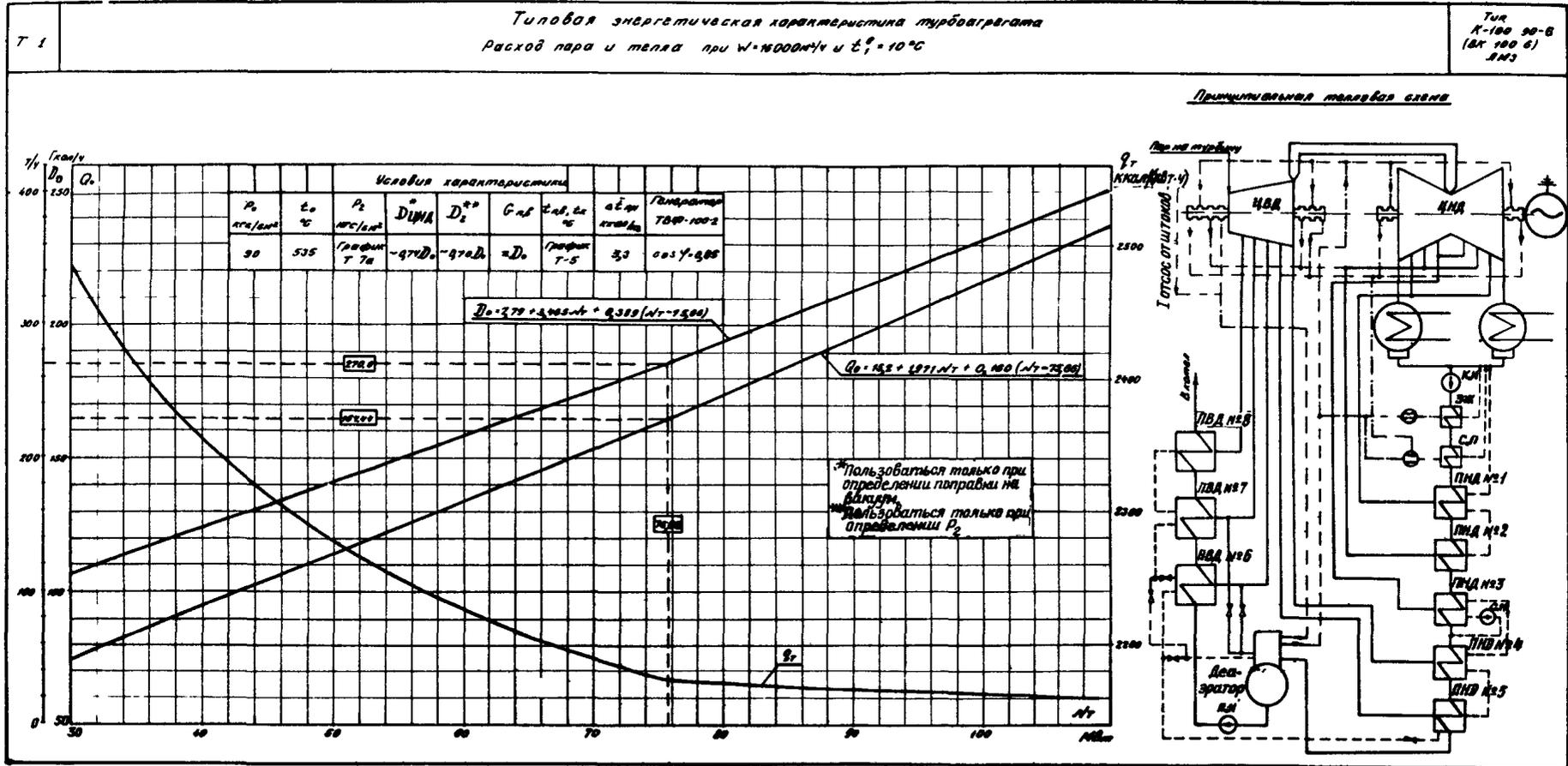
Основные заводские данные турбоагрегата

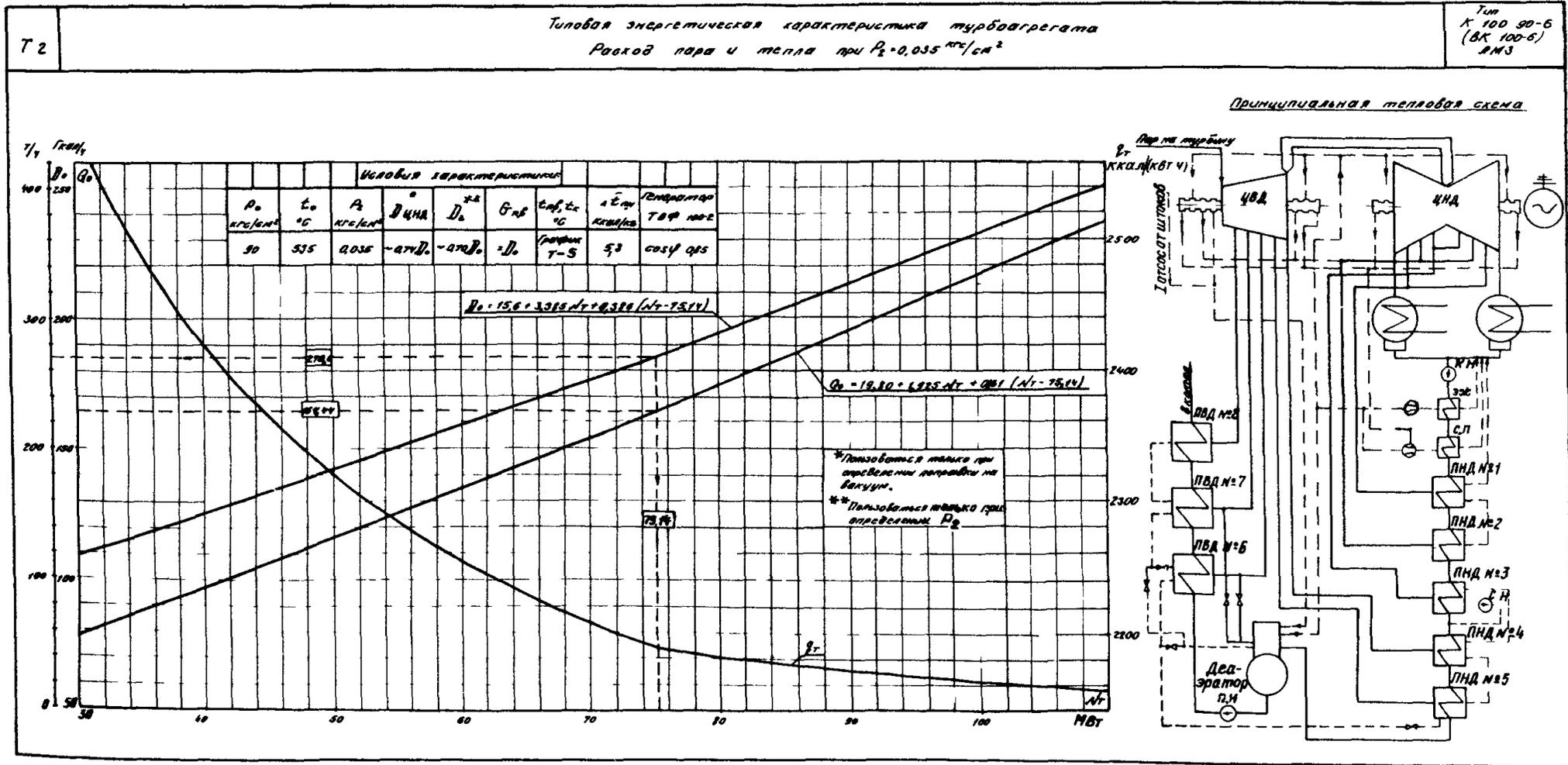
$N_T^{ном}$	$N_T^{макс}$	$D_0^{ном}$	$D_0^{макс}$	ρ_0	t_0	t_1^{δ}	W	Поверхность конденсатора
МВт	МВт	т/ч	т/ч	кгс/см ²	°C	°C	м ³ /ч	$F, м^2$
100	110	363	400	90	535	10	16000	2x3000

Сравнение результатов испытаний с гарантийными данными

(при номинальных значениях $\rho_0, t_0, t_1^{\delta}, W, F$)

Показатель		Нагрузка, МВт			
		110	100	80	60
Расход свежего пара $D_0, т/ч$	По гарантиям	400	363	284	212
	По испытаниям	402,3	363,8	286,7	215,7
Температура питательной воды $t_{п.в}, °C$	По гарантиям	227	222	209	193
	По испытаниям	233	229,4	219,4	205
Удельный расход пара $d, кг/(кВт·ч)$	По гарантиям	3,636	3,630	3,550	3,533
	По испытаниям	3,657	3,638	3,584	3,595
Удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии $q_T, ккал/(кВт·ч)$	По гарантиям	2170	2170	2190	2255
	По испытаниям	2159	2162	2170	2224
Отклонение удельного расхода тепла от гарантийного $\alpha_{q_T}, \%$		-0,51	-0,37	-0,91	-1,37
		Среднее -0,79			

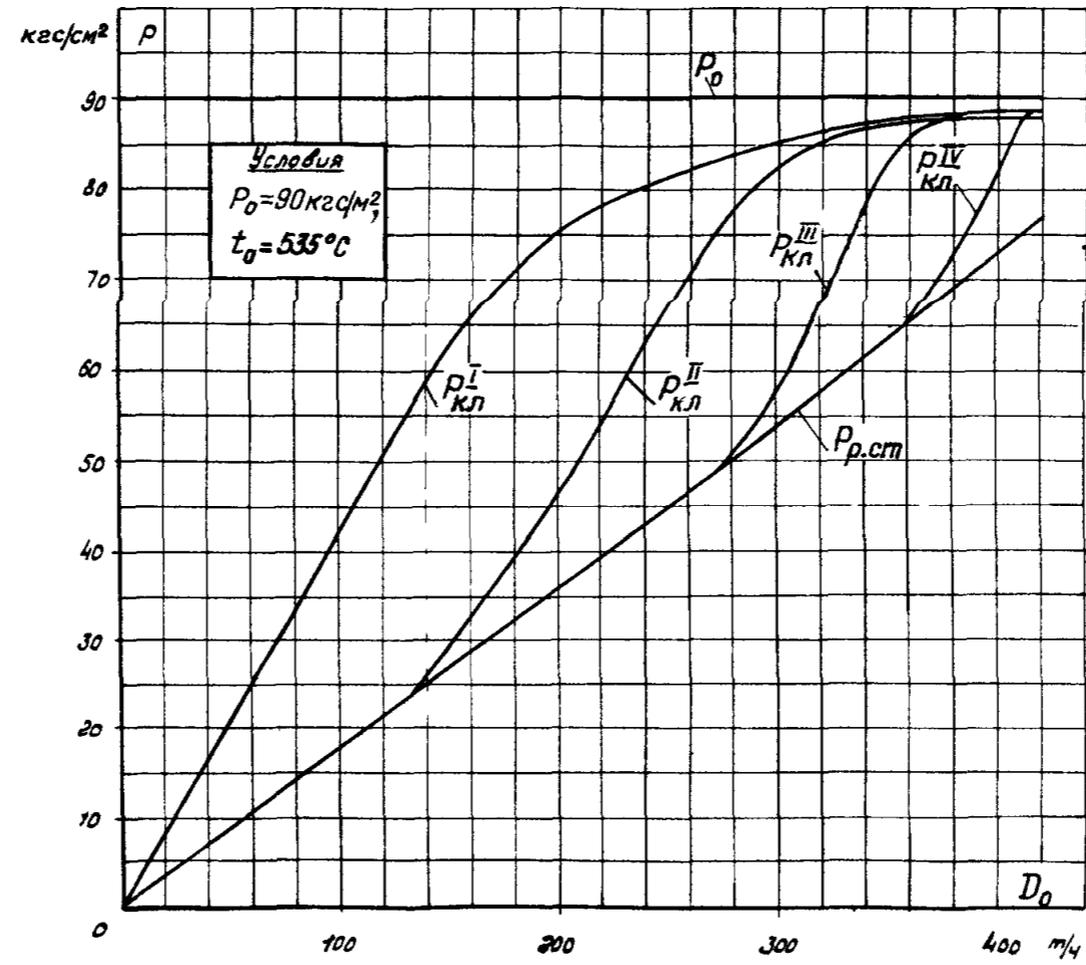


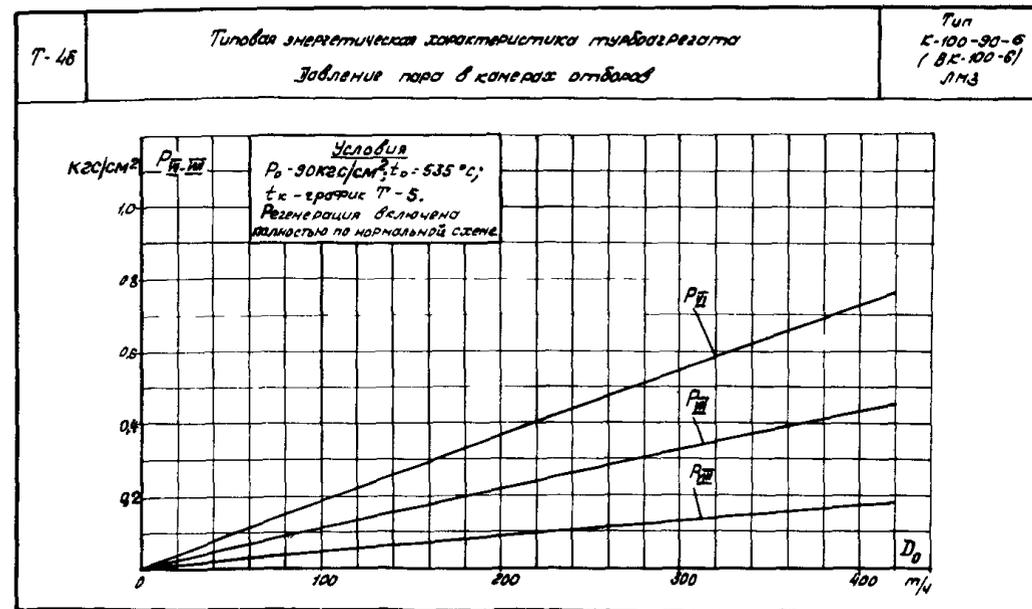
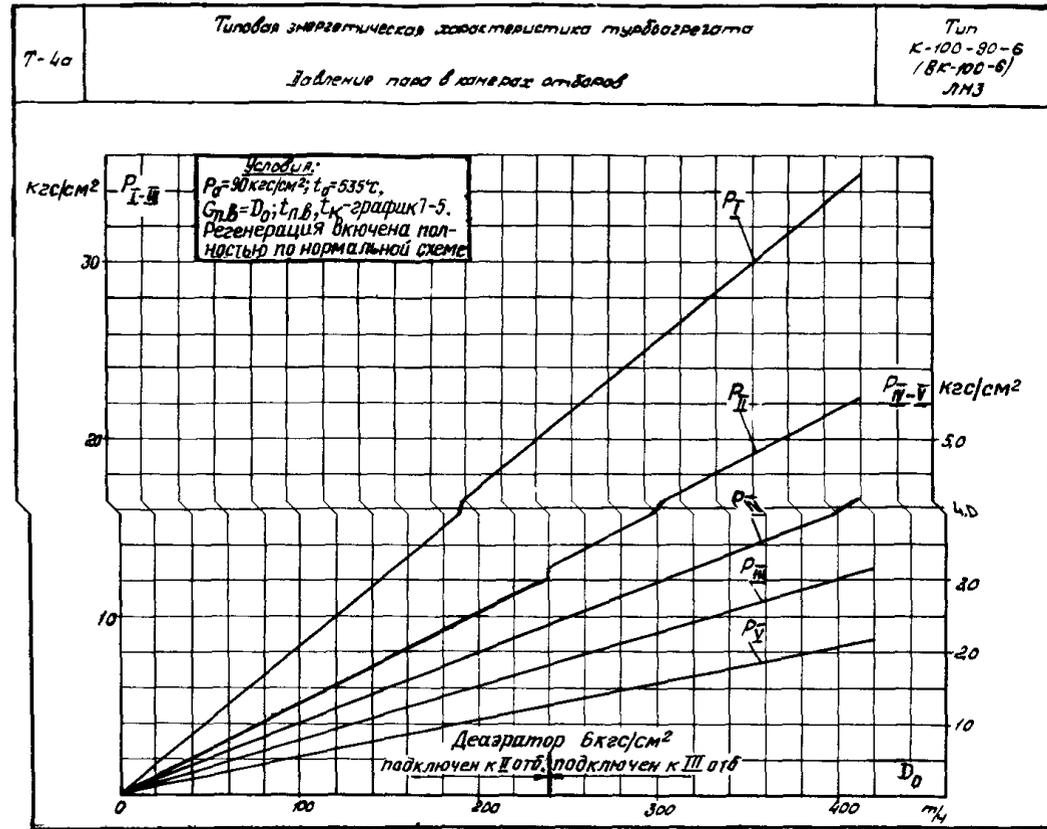


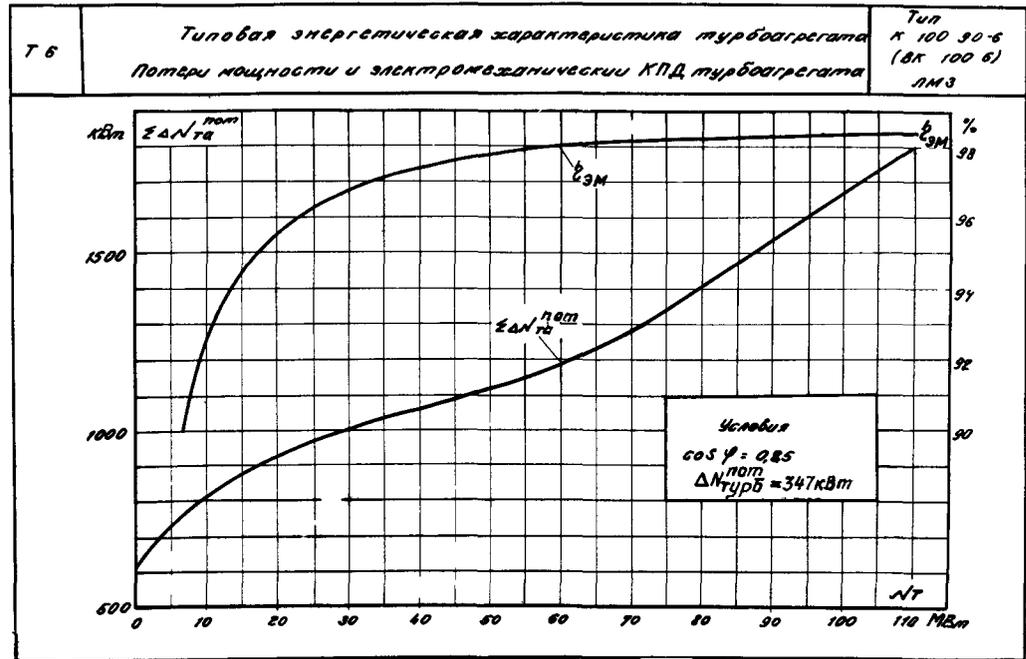
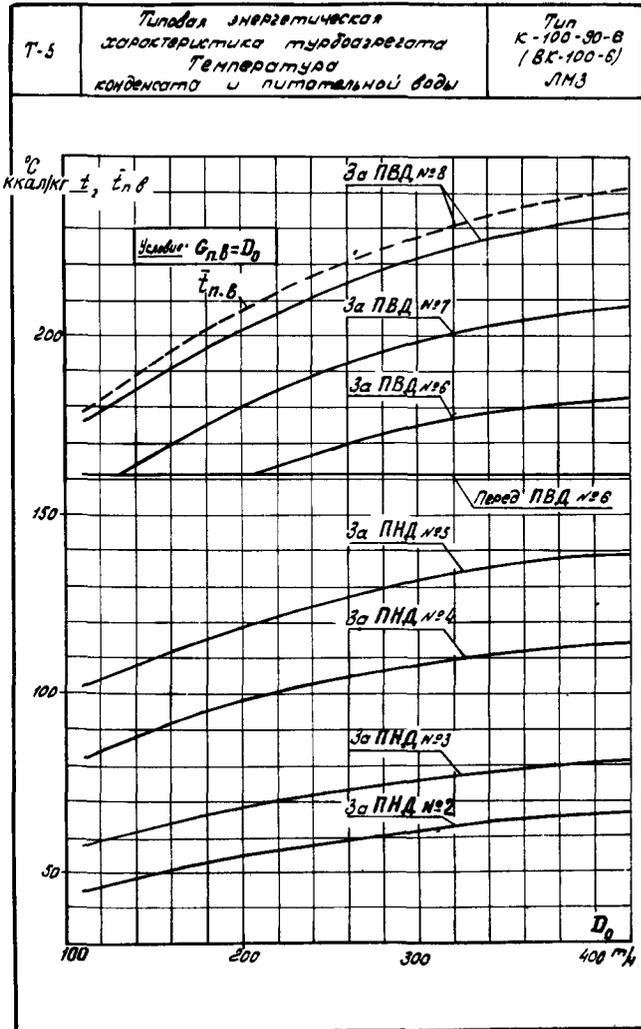
Т-3

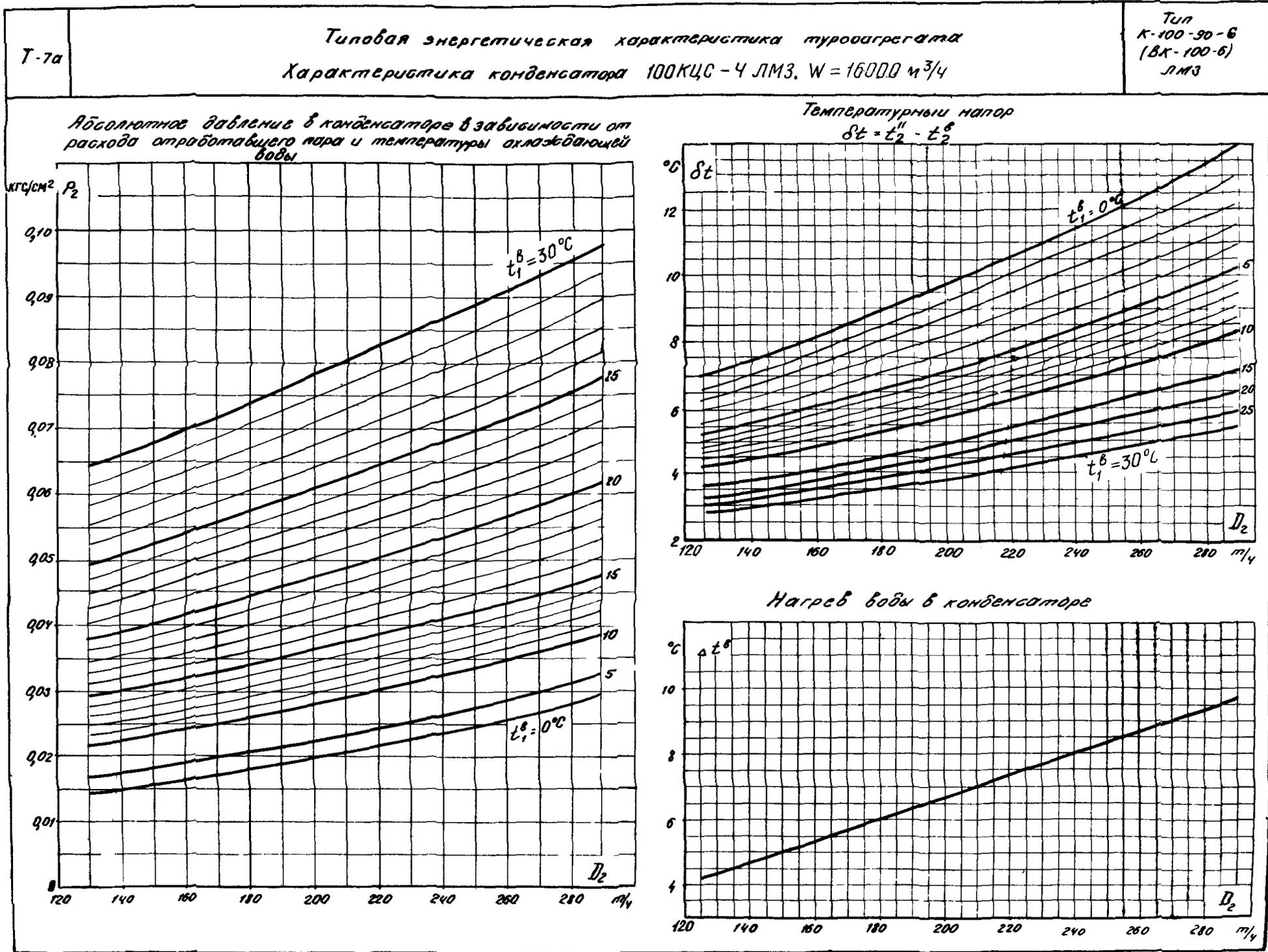
Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата
Диаграмма парораспределения ЦВД

Тип
К-100-90-6
(БК-100-6)
ЛНЗ







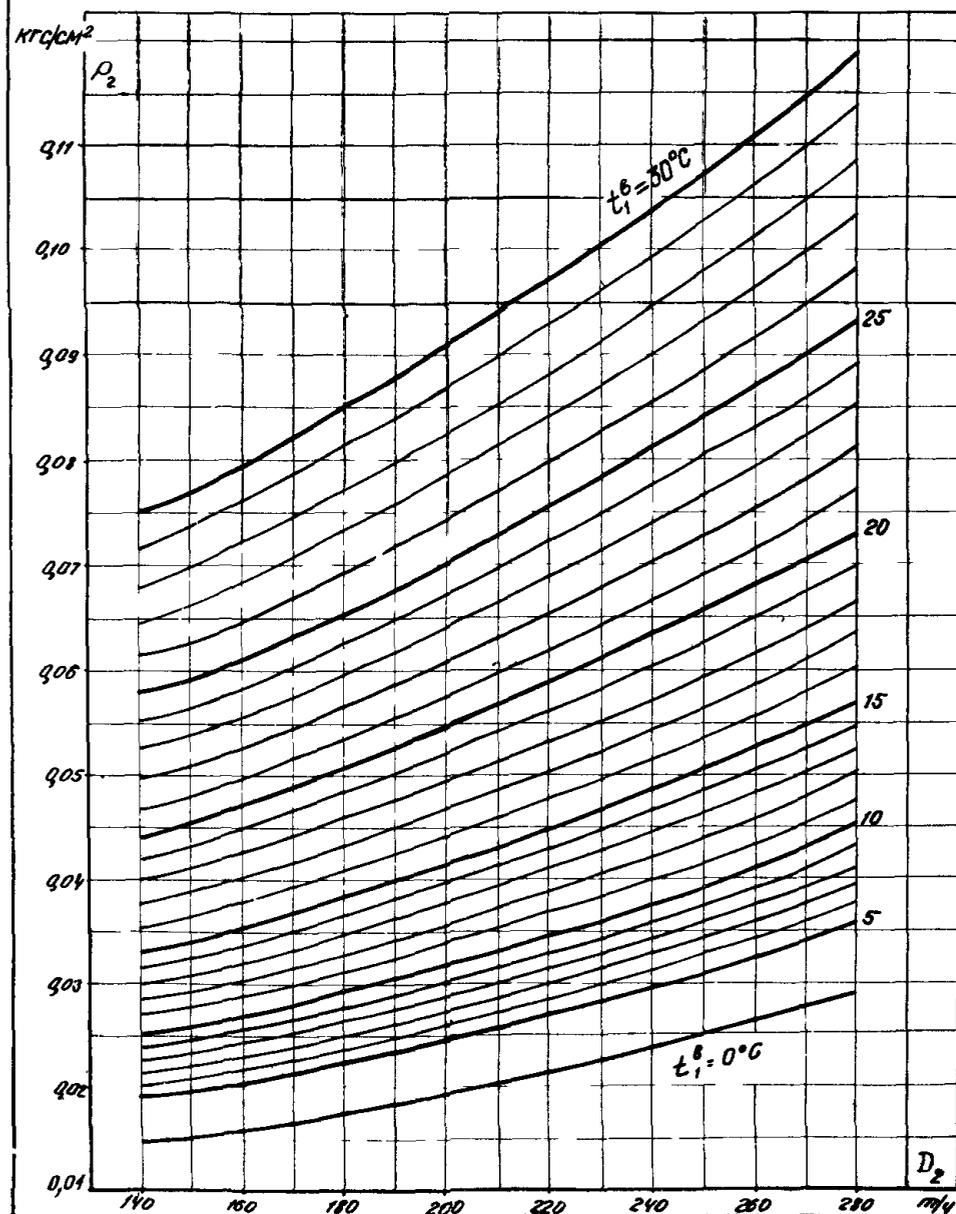


Т 78

Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата
Характеристика конденсатора 100-КЦС-4 ЛМЗ $W=11200 \text{ м}^3/\text{ч}$

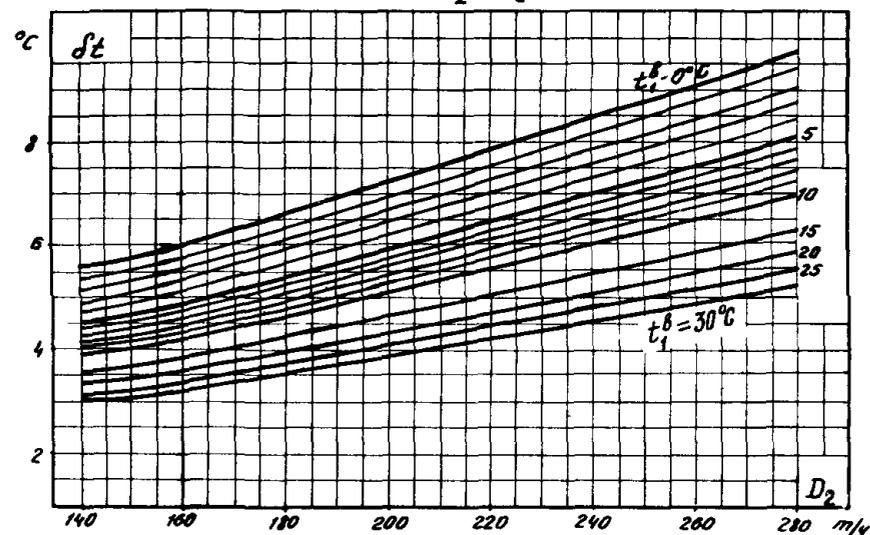
Тип
К-100 90-6
(БК-100 6)
ЛМЗ

Абсолютное давление в конденсаторе в зависимости от расхода отработавшего пара и температуры охлаждающей воды

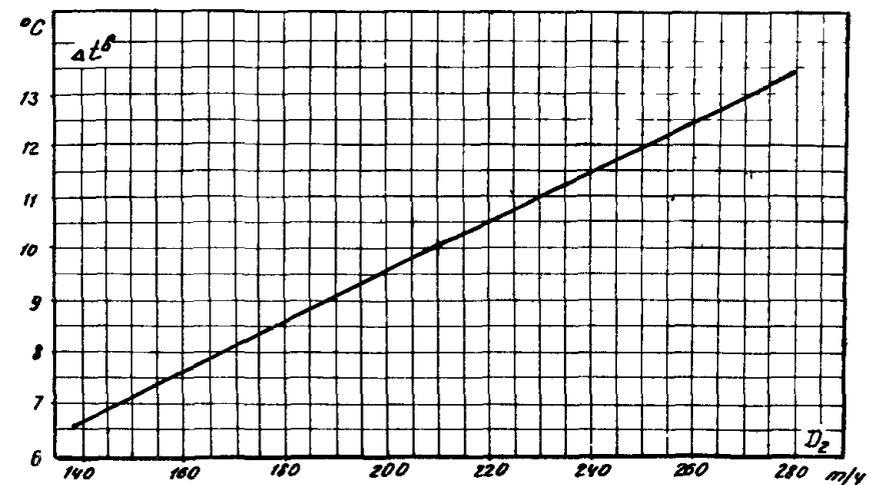


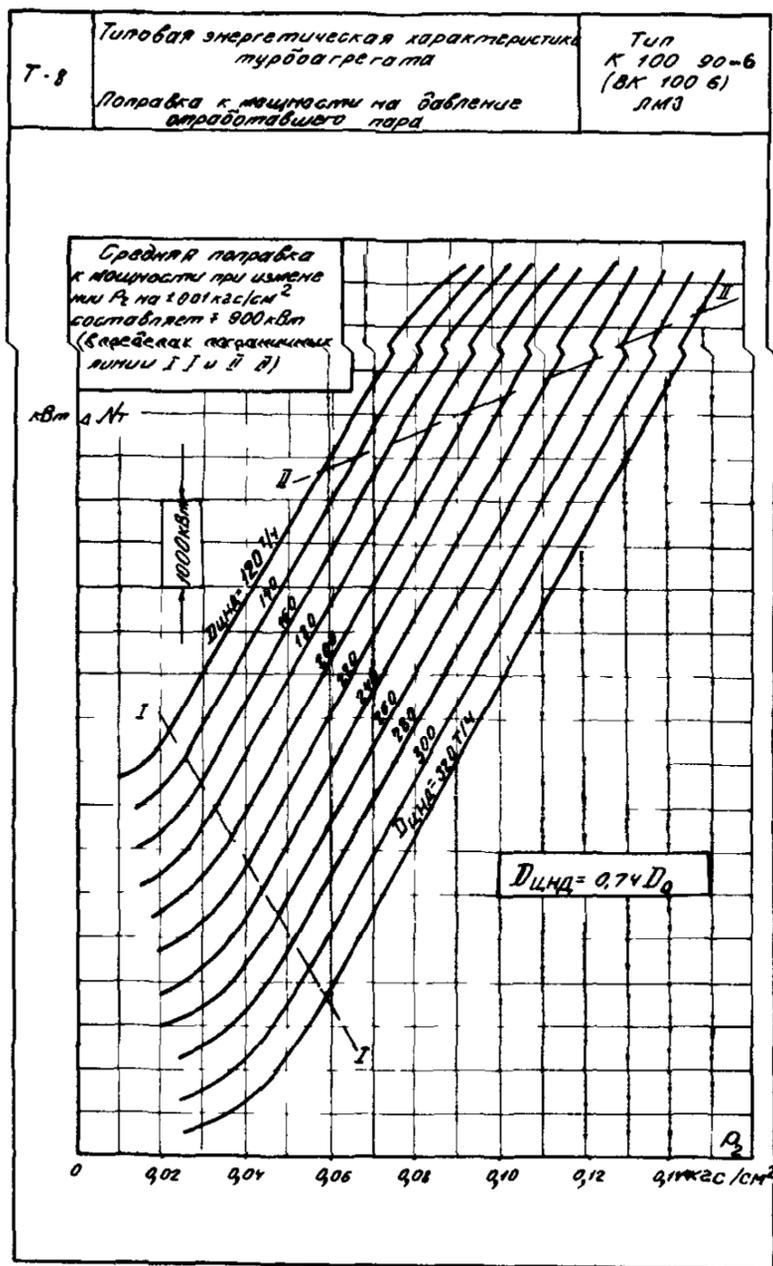
Температурный напор

$$\delta t = t_2^o - t_1^o$$



Нагрев воды в конденсаторе



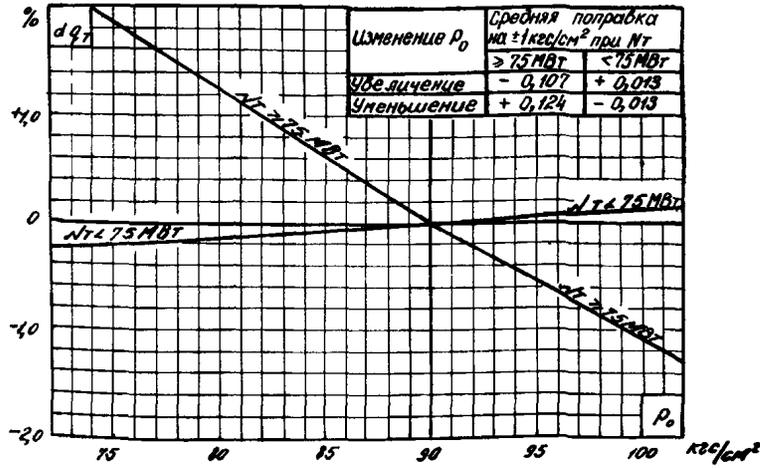


T-9a

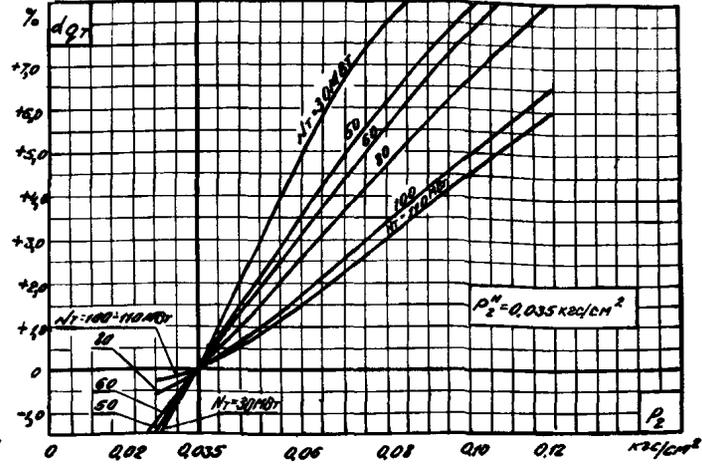
Тиловая энергетическая характеристика турбоагрегата
 Поправки к полному и удельному расходу топлива

Тип
 К-100-90 Б
 (БК-100-Б)
 ЯМЗ

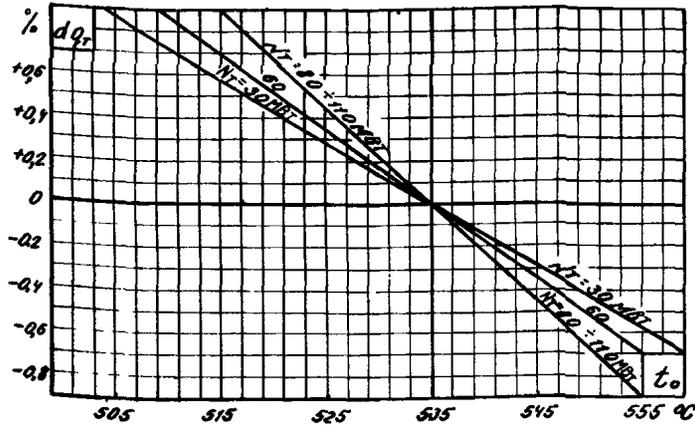
а) На отклонение давления свежего пара от номинального



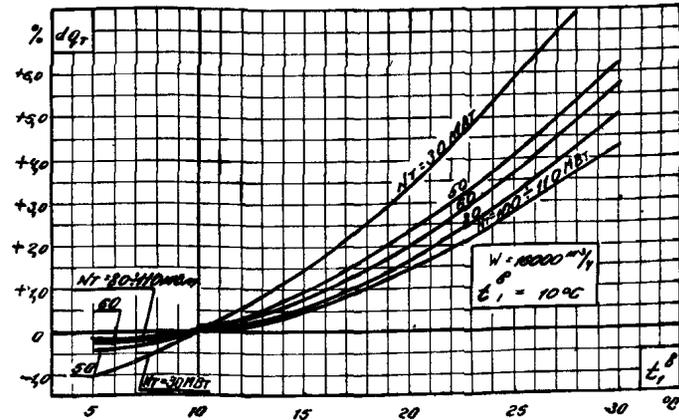
б) На отклонение давления отработавшего пара в конденсаторе турбины от номинального



в) На отклонение температуры свежего пара от номинальной



г) На отклонение температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор турбины от номинальной

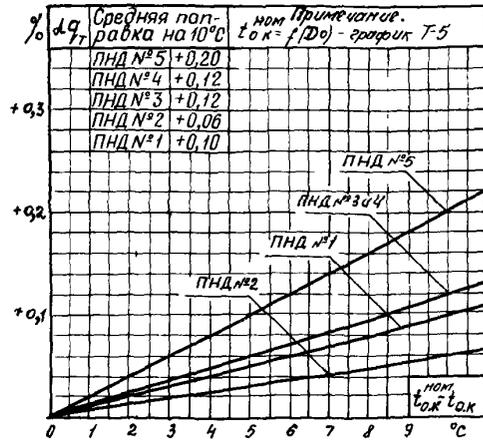


Т-9а

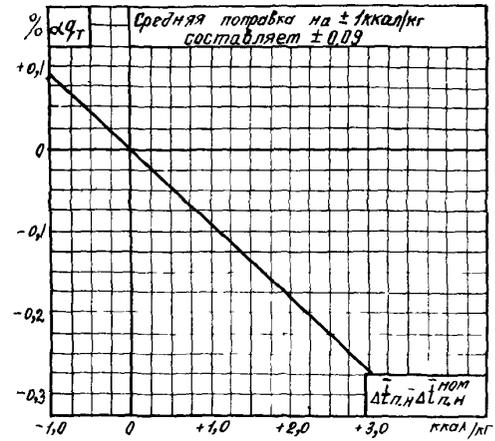
Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата
Поправки к полному и удельному расходу тепла

Тип
К=100-90-6
(БК-100-6)
ЛМЗ

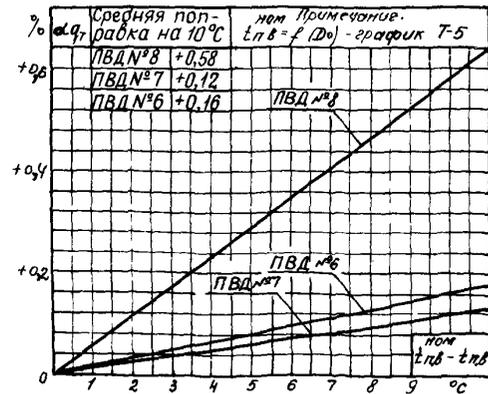
д) На подогрев основного конденсата в подогревателях низкого давления



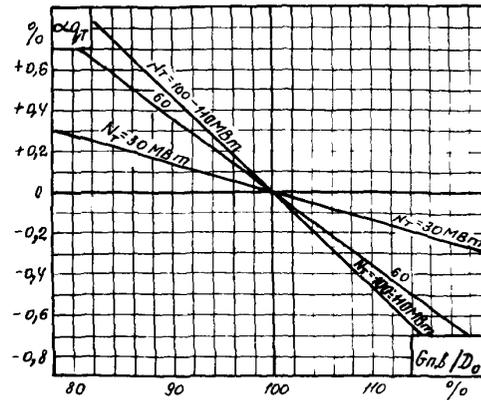
ж) На изменение нагрева воды в питательном насосе

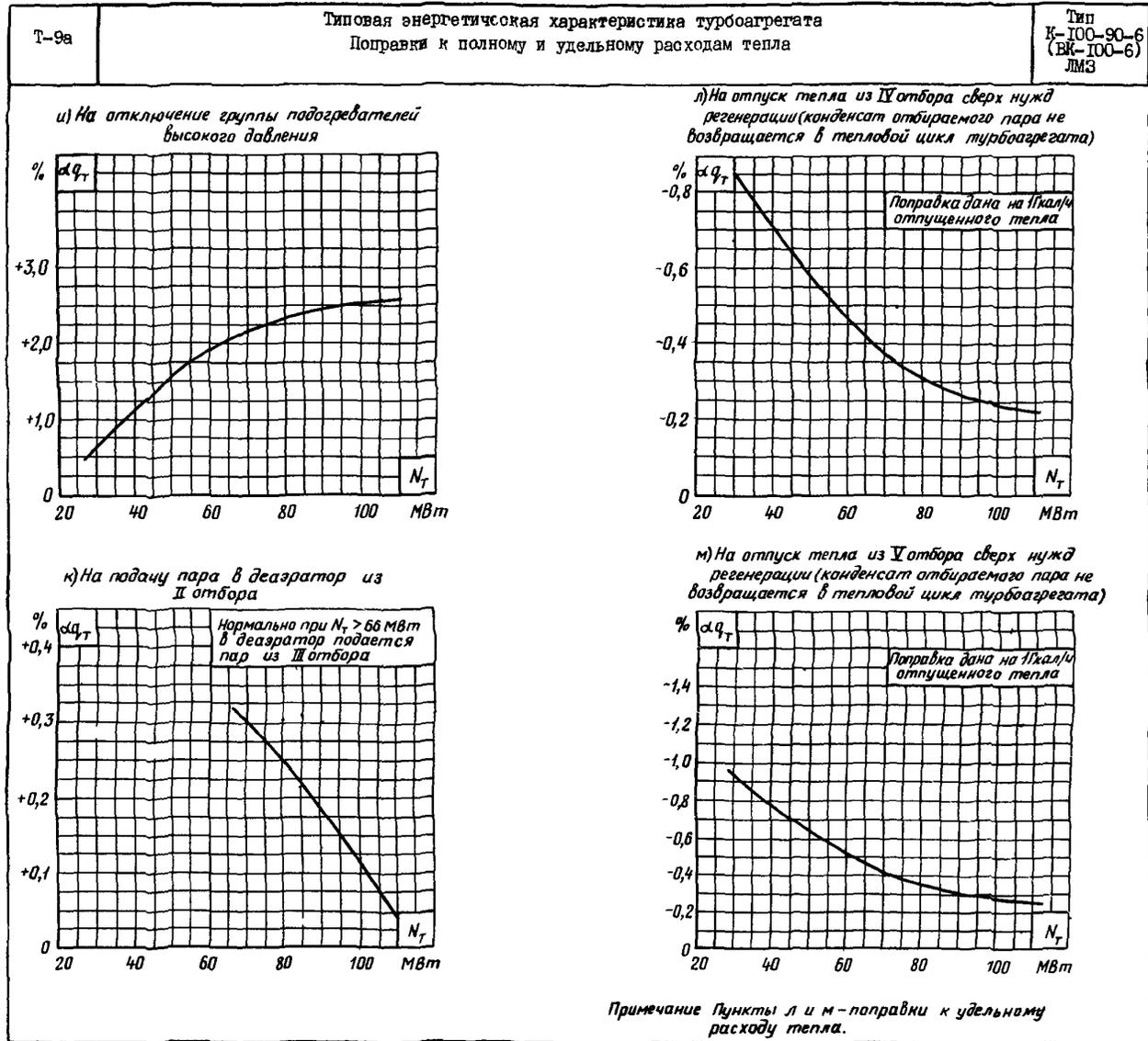


е) На подогрев питательной воды в подогревателях высокого давления



з) На отклонение расхода питательной воды от расхода свежего пара



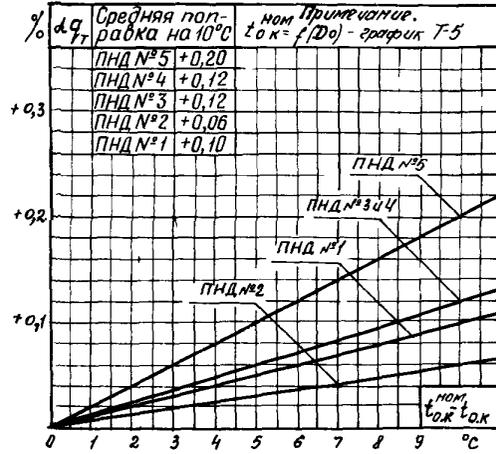


T-9a

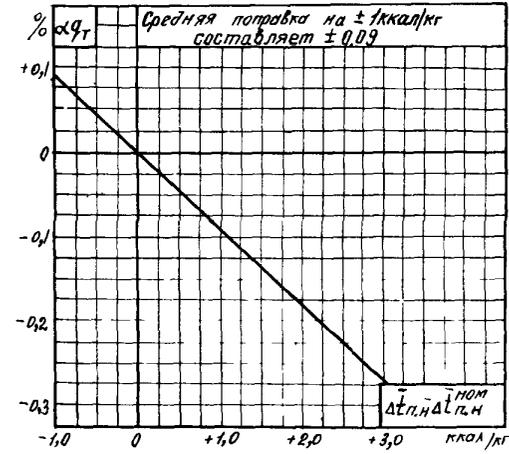
Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата
 Поправки к полному и удельному расходу тепла

Тип
 К-100-90-6
 (БК-100-6)
 ЛМЗ

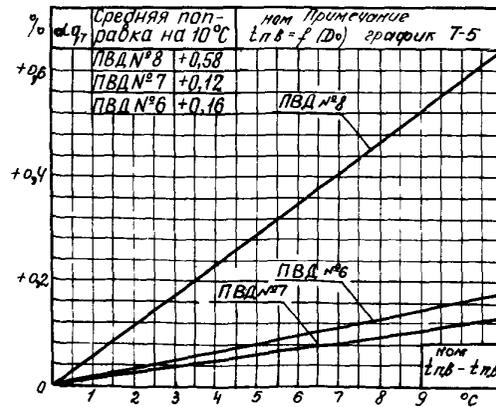
в) На недогрев основного конденсата в подогревателях низкого давления



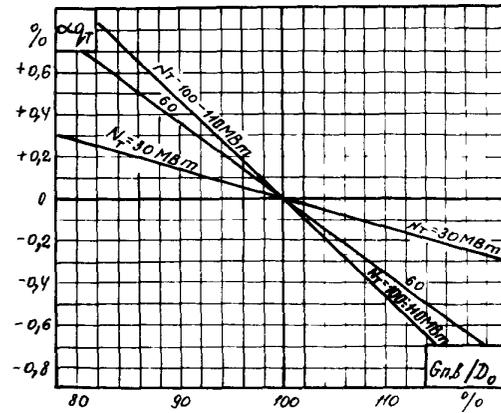
ж) На изменение нагрева воды в питательном насосе

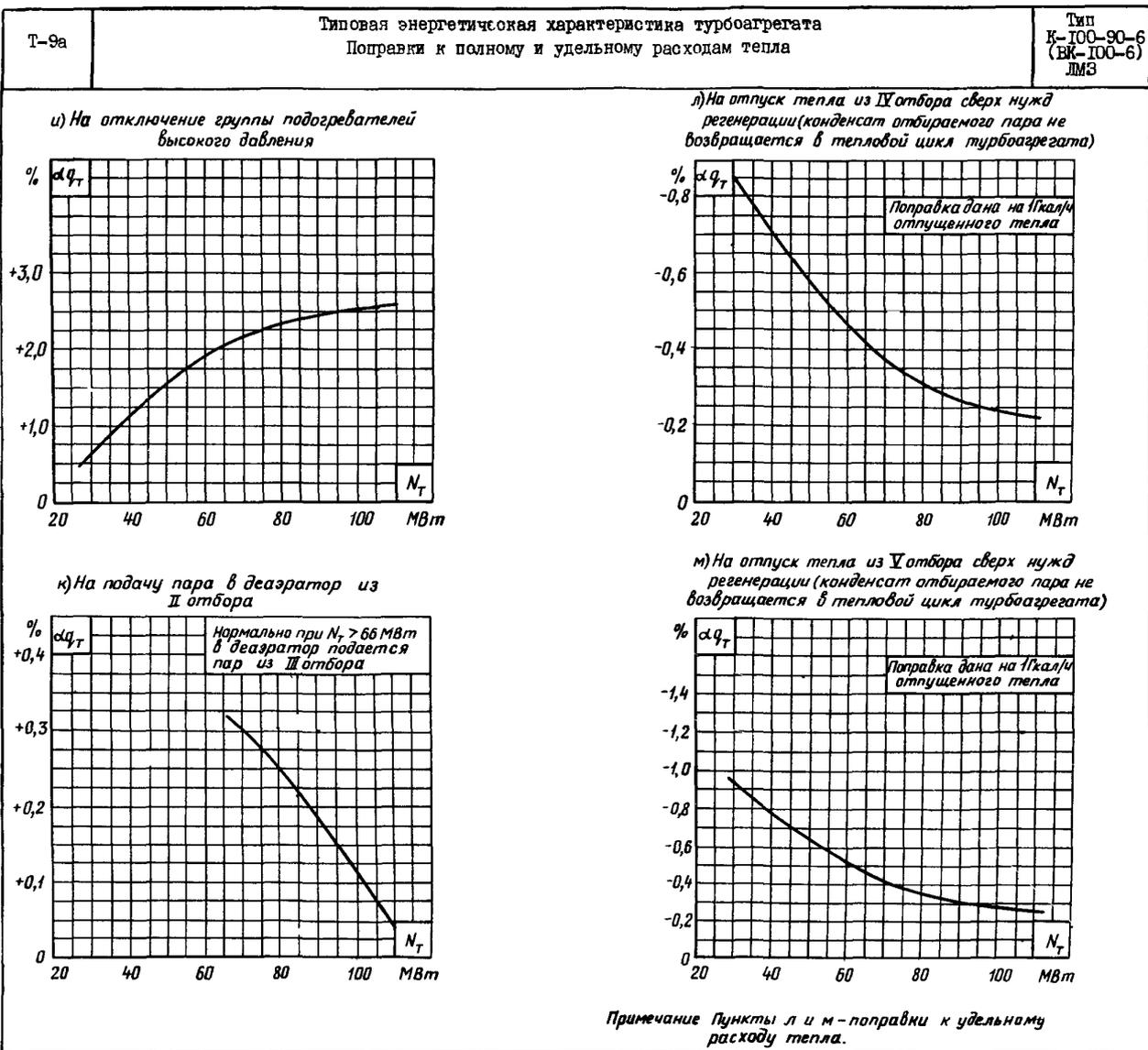


з) На недогрев питательной воды в подогревателях высокого давления



з) На отклонение расхода питательной воды от расхода свежего пара



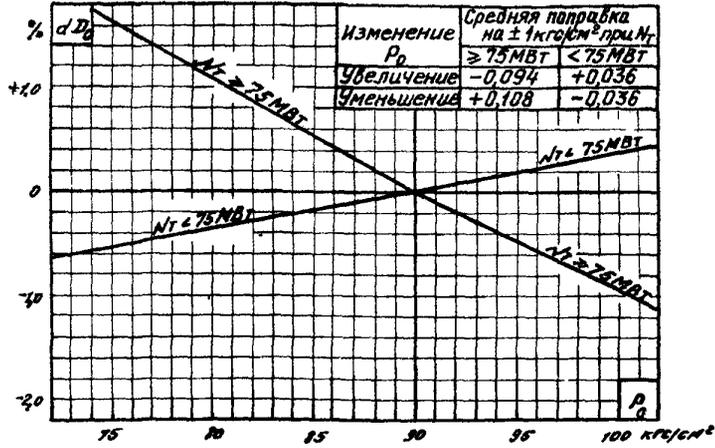


T-95

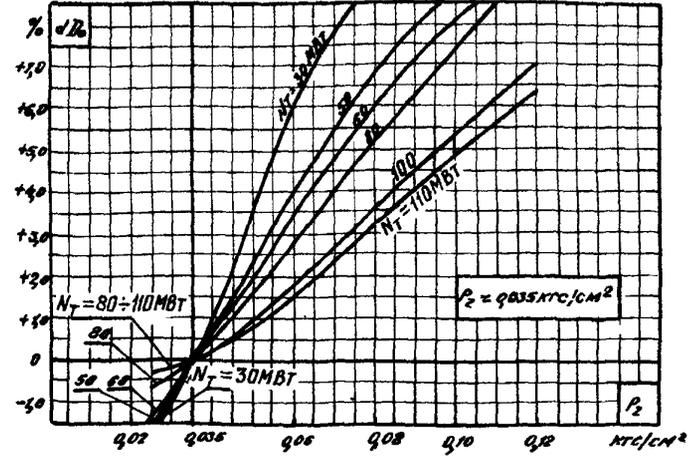
Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата
 Поправки к расходу свежего пара

Тур
 К-100-90-6
 (БК-100-6)
 ЯМЗ

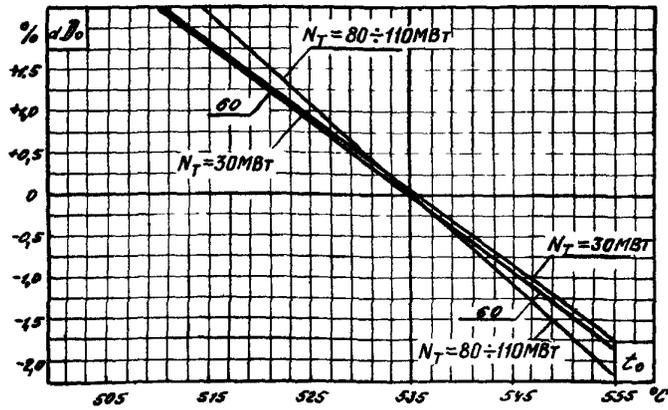
а) На отклонение давления свежего пара от номинального



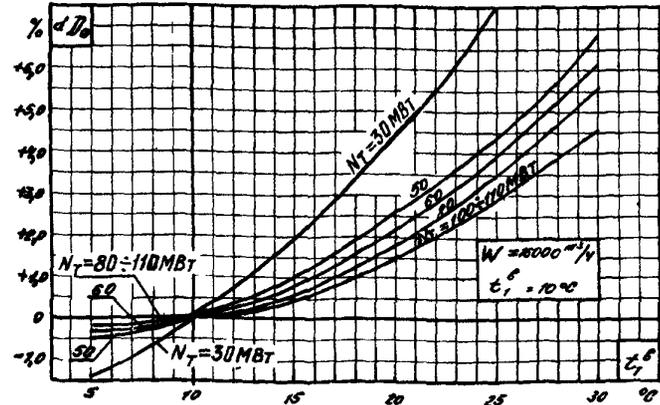
б) На отклонение давления обработанного пара в конденсаторе турбины от номинального



в) На отклонение температуры свежего пара от номинальной



г) На отклонение температуры влажebодящей воды на входе в конденсатор турбины от номинальной

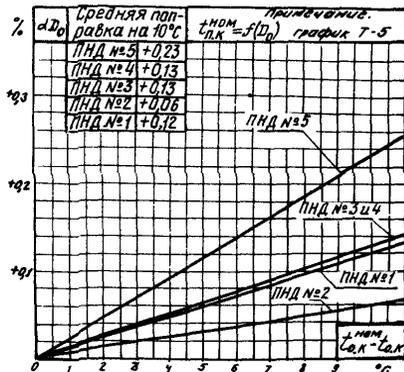


T-98

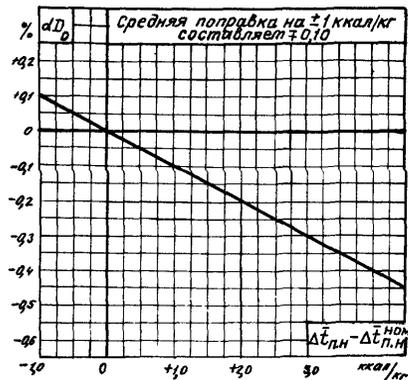
Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата
 Поправки к расходу свежего пара

Тип
 К-100-90-6
 (БК-100-6)
 ЛМЗ

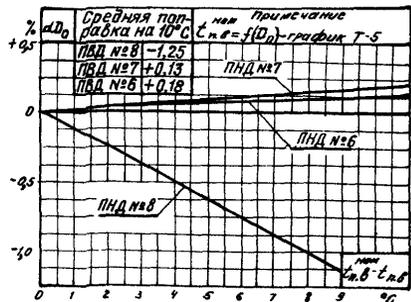
а) На подогрев основного конденсата в подогревателе низкого давления



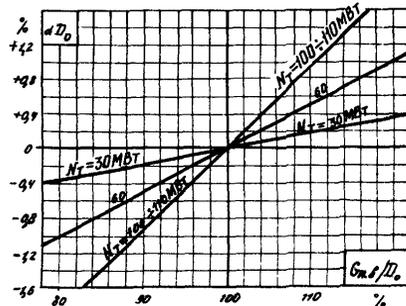
б) На изменение нагрева воды в питательном насосе

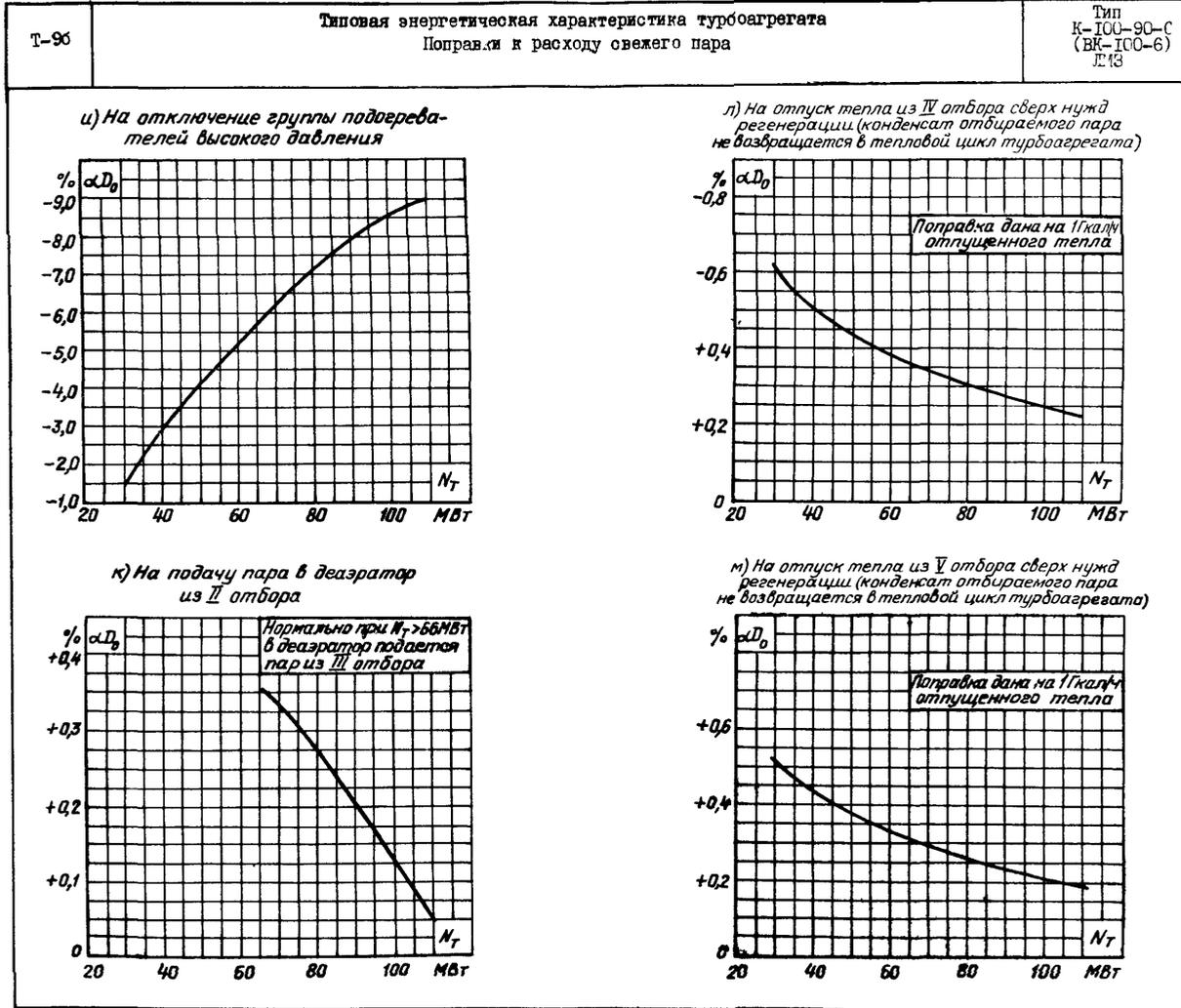


в) На подогрев питательной воды в подогревателе высокого давления



г) На отклонение расхода питательной воды от расхода свежего пара





П Р И Л О Ж Е Н И Е

1. Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-100-90-6(ВК-100-6) ЛМЗ получена путем обобщения результатов тепловых испытаний турбины № 1 Прибалтийской ГРЭС и турбины № 5 Добротворской ГРЭС.

Характеристика распространяется на все турбины данного типа*. Характеристика отражает среднюю экономичность прошедшего капитальный ремонт турбоагрегата, работающего по расчетной тепловой схеме при следующих условиях (принятых в качестве номинальных):

- давление свежего пара перед стопорным клапаном турбины - 90 кгс/см² **;

- температура свежего пара перед стопорным клапаном турбины - 535°С;

- давление отработавшего пара: для характеристики при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,035 кгс/см² - график Т-2, для характеристики при постоянных расходе и температуре охлаждающей воды - график Т-1 в соответствии с характеристикой конденсатора 100-КЦ-4 ЛМЗ при $W = 16000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $t_1^6 = 10^\circ\text{C}$ (график Т-7а);

- подача пара на концевые уплотнения турбины и эжектор сальникового подогревателя, а также на основной эжектор осуществляется из деаэратора в количестве соответственно 2,5 и 0,8 т/ч;

- деаэратор 6 кгс/см² питается паром из III отбора, при расходе свежего пара менее 240 т/ч пар на деаэратор подается из II отбора;

- расход питательной воды равен расходу свежего пара;

- прирост энтальпии питательной воды в питательном насосе - 5,3 ккал/кг; ;

- суммарные потери мощности и электромеханический КПД турбоагрегата (график Т-6) приняты по данным заводов ЛМЗ и "Электросила";

* Не действительна для реконструированных турбин К-100-90-6(ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

** В тексте и на графиках приводится абсолютное давление.

- температура питательной воды и основного конденсата турбины за подогревателями - график Т-5;

- внешние потребители пара нерегулируемых отборов отключены.

Положенные в основу настоящей Типовой энергетической характеристики данные испытаний приведены в соответствии с "Таблицами теплофизических свойств воды и водяного пара" (Изд-во стандартов, 1969).

При составлении Типовой энергетической характеристики за основу принята заводская тепловая схема; характеристика конденсатора 100-КЦ-4 ЛМЗ (графики Т-7а и Т-7б) и сетка поправок к мощности на изменение давления отработавшего пара (график Т-8) взяты из "Нормативных характеристик конденсационных установок паровых турбин типа К" (СИТИ ОРГРЭС, 1974).

2. Полный расход тепла брутто и расход свежего пара в зависимости от мощности на выводах генератора аналитически выражаются следующими уравнениями:

- при постоянных расходе ($W = 16000 \text{ м}^3/\text{ч}$) и температуре ($t_1^6 = 10^\circ\text{C}$) охлаждающей воды (график Т-1)

$$Q_0 = 15,2 + 1,971 N_T + 0,160 (N_T - 75,66) \text{ Гкал/ч}, \quad (1)$$

$$D_0 = 7,79 + 3,465 N_T + 0,389 (N_T - 75,66) \text{ т/ч}; \quad (2)$$

- при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,035 кгс/см² (график Т-2)

$$Q_0 = 19,80 + 1,925 N_T + 0,161 (N_T - 75,14) \text{ Гкал/ч}, \quad (3)$$

$$D_0 = 15,6 + 3,385 N_T + 0,386 (N_T - 75,14) \text{ т/ч}. \quad (4)$$

Уравнения (1)-(4) справедливы в диапазоне нагрузок 30-110 МВт

3. Расходы тепла и пара для заданной в условиях эксплуатации мощности определяются по соответствующим зависимостям характеристики с последующим введением необходимых поправок (графики Т-9а и Т-9б). Поправочные кривые позволяют осуществлять планирование и нормирование работы турбоагрегата в условиях электростанции.

Знаки поправок соответствуют переходу от условий характеристики к эксплуатационным.

Поправки рассчитаны для условия поддержания постоянной мощности на выводах генератора. При наличии двух отклонений и более в условиях работы турбоагрегата от номинальных поправки алгебраически суммируются.

Пользование поправочными кривыми поясняется на следующем примере.

Дано: $N_T = 100$ МВт; $P_0 = 85$ кгс/см²;
 $P_2 = 0,05$ кгс/см²; остальные условия - номинальные.

Требуется определить удельный расход тепла брутто (q_T) и расход свежего пара (D_0) при заданных условиях. Ниже в таблице приводится последовательность расчета.

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученное значение
Расход тепла на турбоагрегат при номинальных условиях	$Q_{\text{н}}^{\text{ном}}$	Гкал/ч	График Т-2 или уравнение (3)	216,30
Расход свежего пара при номинальных условиях	$D_0^{\text{ном}}$	т/ч	График Т-2 или уравнение (4)	363,70
Удельный расход тепла при номинальных условиях	$q_T^{\text{ном}}$	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_{\text{н}}^{\text{ном}}}{N_T}$ или график Т-2	2163
Поправка к расходу тепла на отклонение P_0 от 90 кгс/см ²	$\alpha_{q_T}^{P_0}$	%	График Т-9а, п.а	+0,62
Поправка к расходу свежего пара на отклонение P_0 от 90 кгс/см ²	$\alpha_{D_0}^{P_0}$	%	График Т-9б, п.а	+0,54
Поправка к расходу тепла на отклонение P_2 от 0,035 кгс/см ²	$\alpha_{q_T}^{P_2}$	%	График Т-9а, п.в	+0,95
Поправка к расходу свежего пара на отклонение P_2 от 0,035 кгс/см ²	$\alpha_{D_0}^{P_2}$	%	График Т-9б, п.в	+0,95
Суммарная поправка к расходу тепла	$\Sigma \alpha_{q_T}$	%	$\alpha_{q_T}^{P_0} + \alpha_{q_T}^{P_2}$	+1,57
Суммарная поправка к расходу свежего пара	$\Sigma \alpha_{D_0}$	%	$\alpha_{D_0}^{P_0} + \alpha_{D_0}^{P_2}$	+1,49

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученное значение
Удельный расход тепла брутто при заданных условиях	q_T	ккал/(кВт·ч)	$q_T^{\text{ном}} \left(1 + \frac{\Sigma \alpha_{q_T}}{100}\right)$	2197
Расход свежего пара при заданных условиях	D_0	т/ч	$D_0^{\text{ном}} \left(1 + \frac{\Sigma \alpha_{D_0}}{100}\right)$	369,12

4. Типовая энергетическая характеристика нетто турбоагрегата К-100-90-6(КК-100-6) ЛМЗ рассчитана на основе характеристики брутто этого турбоагрегата при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,035 кгс/см² и соответствует следующим условиям его эксплуатации:

- параметры и тепловая схема установки - график Т-2;
- напор, развиваемый циркуляционными насосами, - 15 м вод.ст.
- КПД циркуляционного насоса - 80% и его электродвигателя - 95%;
- расход охлаждающей воды через конденсатор турбины - 16000 м³/ч, в целом на турбоагрегат - 17600 м³/ч;
- расход тепла на собственные нужды турбоагрегата составляет 0,43 Гкал/ч (0,2% расхода тепла турбоагрегатом при номинальной мощности);
- расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата включает расход энергии на работу циркуляционных, конденсатных и прочих насосов (дренажных, подъемного ПНД 3 и газоохладителей). Расход электроэнергии на прочие насосы принят в размере 0,1% номинальной мощности турбоагрегата.

Типовая энергетическая характеристика нетто по расходу тепла аналитически выражается уравнением

$$Q_3' = 22,35 + 1,9265 N_T^H + 0,164 (N_T^H - 73,98) \text{ Гкал/ч}, \quad (5)$$

Удельный расход тепла нетто на выработку электроэнергии определяется по выражению

$$q_T^H = \frac{Q_3'}{N_T^H} \cdot 10^3 \text{ ккал/(кВт·ч)}. \quad (6)$$

При отклонении напора, развиваемого циркуляционными насосами, от принятого в качестве номинального (15 м вод.ст.) к расходу тепла нетто, определенному по уравнению (5), вводится поправка.

Пользование характеристикой нетто и поправками к расходу тепла нетто на изменение напора циркуляционных насосов поясняется на следующем примере.

Определить полный (Q'_3) и удельный (q_T^H) расходы тепла нетто при мощности нетто турбоагрегата $N_T^H = 100$ МВт и напоре циркуляционных насосов $H_{ц.н} = 10$ м вод.ст.:

а) по уравнению (5) определяется расход тепла нетто при номинальном напоре ($H_{ц.н} = 15$ м вод.ст.) циркуляционных насосов

$$(Q'_3)^{НОМ} = 219,27 \text{ Гкал/ч};$$

б) определяется поправка к расходу тепла нетто

$$\alpha Q'_3 = -0,30\%;$$

в) искомый расход тепла нетто при $H_{ц.н} = 10$ м вод.ст. определяется как

$$Q'_3 = (Q'_3)^{НОМ} \left(1 + \frac{\alpha Q'_3}{100}\right) = 219,27 \left(1 + \frac{-0,30}{100}\right) = 218,61 \text{ Гкал/ч};$$

г) удельный расход тепла нетто при $H_{ц.н} = 10$ м вод.ст. составит

$$q_T^H = \frac{Q'_3}{N_T^H} \cdot 10^3 = \frac{218,61}{100} \cdot 10^3 = 2186 \text{ ккал/(кВт}\cdot\text{ч)},$$