МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА К-100-90-6 (ВК-100-6) ЛМЗ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ С УСТРОЙСТВОМ РЕГУЛИРУЕМОГО ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО ОТБОРА

СОЮЗТЕХЭНЕРГО
МОСКВА 1980

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
Главтехуправления
В.И.ГОРИН
13 апреля 1979 г.

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА К-100-90-6 (ВК-100-6) ЛМЗ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ С УСТРОЙСТВОМ РЕГУЛИРУЕМОГО ТЕПЛОФИКАЦИОННОГО ОТБОРА

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО
МОСКВА 1980

УДК 621.165-186.5.001.43(083.75)

Составлено Средазтехэнерго с участием Московского головного предприятия "Союзтехэнерго"

С о с т а в и т е л и инженеры Г.В.РУПАКОВ, С.В.РЫБАЧКОВ с участием инж.В.С.ЦВЕТКОВА

© СПО Союзтехэнерго, 1979.

Ответственный редактор Л.С.Моргулис
Литературный редактор З.И.Игнаткова
Технический редактор Н.Т.Леонтьева
Корректор Е.В.Крюкова

Л 77978	Подписано к печати 17/XII 1979 г.	Формат 60x84 1/8
Печ.л. 4,0 (усл.печ.л. 3,72)	Уч.-изд.л. 3,0	Тираж 1500 экз.
Заказ № 401/79	Издат. № 148/78	Цена 45 коп.

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

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
117292,Москва,ул.Ивана Бабушкина,д.23,корп.2

Типовая энергетическая характеристика составлена для турбоагрегатов К-100-90-6 (ВК-100-6) ЛМЗ, прошедших реконструкцию по проекту Харьковского филиала ЦКБ Главэнергоремонта в целях организации регулируемого теплофикационного отбора пара давлением 2,3-2,7 кгс/см^2, а также для тех турбоагрегатов этого типа, которые могут быть в дальнейшем реконструированы по согласованию с Главтехуправлением Минэнерго СССР по названному проекту.

Настоящая Типовая энергетическая характеристика распространяется на следующие электростанции и турбоагрегаты:

Электростанция	Станционный номер турбоагрегата	Электростанция	Станционный номер турбоагрегата
Ангренская ГРЭС	7;8	Прибалтийская ГРЭС	3;4
Дунанбинская ТЭЦ	7	Томь-Усинская ГРЭС	4;5
Кировская ГРЭС	7;8	ТЭЦ г.Фрунзе	4;6
Красноярская ТЭЦ-I	I0	Улан-Удэнская ТЭЦ	7
Карагандинская ГРЭС-2	7;8	Читинская ГРЭС	4;5;6
Петропавловская ТЭЦ-2	6;7		

Даты: изготовления ..... установки ..... характеристики ...	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕТТО ТУРБОАГРЕГАТА	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

Условия характеристики:

I. Параметры и тепловая схема - график Т-2

2. Напор циркуляционных насосов I5 м вод.ст.

Мощность на выводах генератора, МВт	30	40	50	60	70	74,05	80	90	I00	II0
Мощность, затрачиваемая на собственные нужды турбоагрегата, МВт	I,I24	I,I3	I,I4	I,I47	I,I55	I,I54	I,I7	I,I9	I,2I5	I,235
В том числе на циркуляционные насосы, МВт	0,945									
Расход тепла на выработку электроэнергии, Гкал/ч	78,00	97,64	II7,28	I36,92	I56,56	I64,5I	I76,9I	I97,75	2I8,59	239,43
Мощность нетто турбоагрегата, МВт	28,876	38,87	48,86	58,853	68,845	72,896	78,83	88,8I	98,785	I08,765
Расход тепла на собственные нужды, Гкал/ч	0,43									
Расход тепла на выработку электроэнергии, включая расход тепла на собственные нужды, Гкал/ч	78,43	98,07	II7,7I	I37,35	I55,99	I64,94	I77,34	I98,I8	2I9,02	239,86
Уравнение расхода тепла по мощности нетто	$Q_э' = 2I,70 + I,965N_T'' + 0,I24\ (N_T'' - 72,896)$									

Поправки (%) к полному и удельному расходам тепла нетто на изменение напора циркуляционных насосов

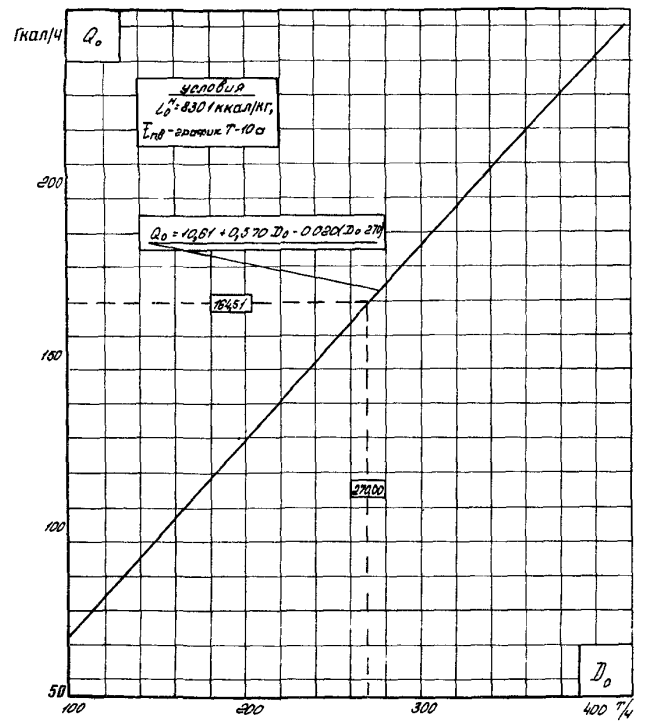
Напор насосов, м вод.ст.	Мощность нетто, МВт								
	30	40	50	60	70	80	90	I00	II0
5	-I,53	-I,23	-I,03	-0,89	-0,78	-0,73	-0,66	-0,59	-0,54
I0	-0,77	-0,62	-0,52	-0,44	-0,39	-0,37	-0,33	-0,30	-0,27
I5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	+0,77	+0,62	+0,52	+0,44	+0,39	+0,37	+0,33	+0,30	+0,27
25	+I,53	+I,23	+I,03	+0,89	+0,78	+0,73	+0,66	+0,59	+0,54

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА. СВОДКА НОРМ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА КОНДЕНСАЦИОННОМ РЕЖИМЕ С ОТКЛЮЧЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ В ОТБОРЕ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

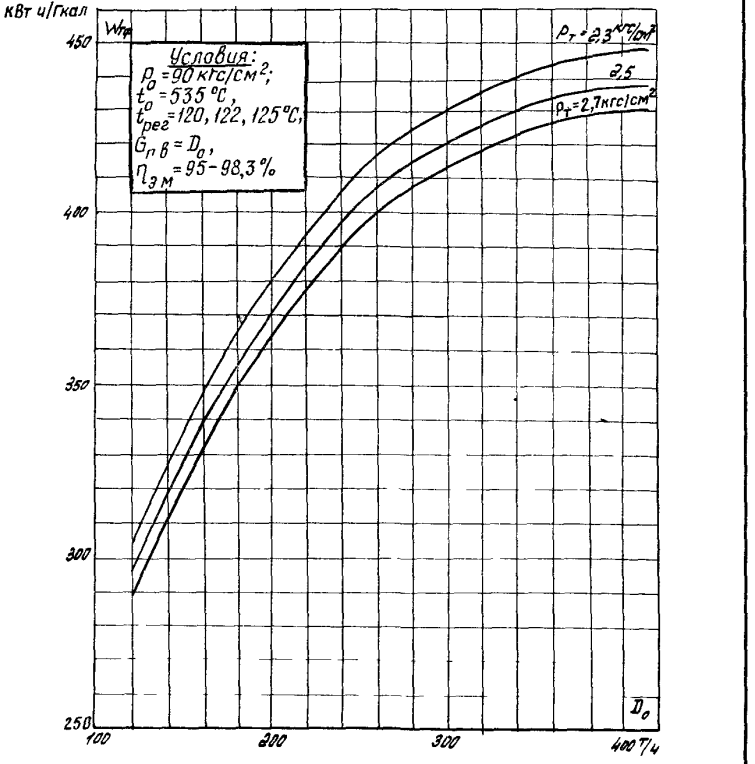
Наименование норм		Типовой график	По расходу пара			По расходу тепла		
			Единица измерения	До излома	После излома	Единица измерения	До излома	После излома
I. Характеристика при постоянном давлении (вакууме) в конденсаторе		Т-2						
1. Часовой расход холостого хода (условный)			т/ч	14,89	–	Гкал/ч	19,08	–
2. Дополнительный удельный расход (прирост)			т/(МВт·ч)	3,445	3,789	Гкал/(МВт·ч)	1,964	2,084
3. Излом характеристики			т/ч	270,0		Гкал/ч	164,51	
			МВт	74,05		МВт	74,05	
4. Условия характеристики: а) Давление свежего пара и по ступеням		Т-9а, Т-9б, Т-9в	кгс/см^2	90		кгс/см^2	90	
б) Температура свежего пара			^{0}С	535		^{0}С	535	
в) Давление отработавшего пара в конденсаторе			кгс/см^2	0,035		кгс/см^2	0,035	
г) Температура питательной воды и конденсата		Т-10а, Т-10б						
д) Расход питательной воды				$G_{пв}=D_0$			$G_{пв}=D_0$	
II. Характеристика при постоянных расходе и температуре охлаждающей воды (для конденсатора 100-КЦС-4ЛМЗ: W = 16000 м^3/ч; t_1^0 = 10^{0}С) и параметрах п.4а, б, в, г		Т-1						
5. Часовой расход холостого хода (условный)			т/ч	6,46	–	Гкал/ч	14,29	–
6. Дополнительный удельный расход (прирост)			т/(МВт·ч)	3,535	3,865	Гкал/(МВт·ч)	2,015	2,126
7. Излом характеристики			т/ч	270		Гкал/ч	164,51	
8. Давление отработавшего пара в конденсаторе			МВт	74,55		МВт	74,55	
		Т-14а						
III. Поправки к расходу пара и тепла на отклонение параметров от номинальных значений:								
а) Давления свежего пара	Увеличение Уменьшение		%	График Т-17б, п.а		%	График Т-17а, п.а	
б) Температуры свежего пара	Увеличение Уменьшение		%	График Т-17б, п.б		%	График Т-17а, п.б	
в) Расхода питательной воды	Увеличение Уменьшение		%	График Т-17б, п.в		%	График Т-17а, п.в	
г) На недогрев основного конденсата и питательной воды			%	График Т-17б, п.д,е		%	График Т-17а, п.д,е	
д) На изменение давления в конденсаторе			%	График Т-17б, п.в		%	График Т-17а, п.в	
е) На изменение температуры охлаждающей воды			%	График Т-17б, п.г		%	График Т-17а, п.г	

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА. СВОДКА НОРМ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ С ВКЛЮЧЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ И ОТБОРОМ ПАРА НА ТЕПЛОФИКАЦИЮ					Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором		
Наименование норм	Типовой график	По расходу пара			По расходу тепла		
		Единица измерения	До излома	После излома	Единица измерения	До излома	После излома
I. Характеристика конденсационного режима при постоянном давлении (вакууме) в конденсаторе	Т-3						
1. Часовой расход холостого хода (условный)		т/ч	28,17	-	Гкал/ч	26,71	-
2. Дополнительный удельный расход (прирост)		т/(МВт·ч)	3,410	3,565	Гкал/(МВт·ч)	1,943	1,961
		т/ч	27,0		Гкал/ч	164,51	
3. Излом характеристики		МВт	70,92		МВт	70,92	
4. Условия характеристики: а) Давление свежего пара и по ступеням	Т-9а, Т-9с, Т-9в	кгс/см^2	90		кгс/см^2	90	
б) Температура свежего пара		^{0}C	535		^{0}C	535	
в) Давление отработавшего пара в конденсаторе		кгс/см^2	0,035		кгс/см^2	0,035	
г) Регулируемое давление пара в теплофикационном отборе		кгс/см^2	2,3		кгс/см^2	2,3	
д) Температура питательной воды и конденсата	Т-10а, Т-10б						
е) Расход питательной воды			$G_{п.в}=D_0$			$G_{п.в}=D_0$	
II. Диаграмма режимов при параметрах п.4			График Т-4			График Т-5	
5. Возврат конденсата регулируемого отбора		%	100		%	100	
6. Температура конденсата регулируемого отбора		^{0}C	120		^{0}C	120	
7. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу	Т-7						
8. Энтальпия пара регулируемого отбора	Т-11						
III. Поправки к мощности на отклонение параметров от номинальных значений:							
а) Давления свежего пара					График Т-18, п.а		
б) Температуры свежего пара					График Т-18, п.б		
в) Давления пара в регулируемом отборе					График Т-18, п.в		
г) На изменение давления в конденсаторе					График Т-16		
д) Расхода питательной воды					График Т-18, п.г		

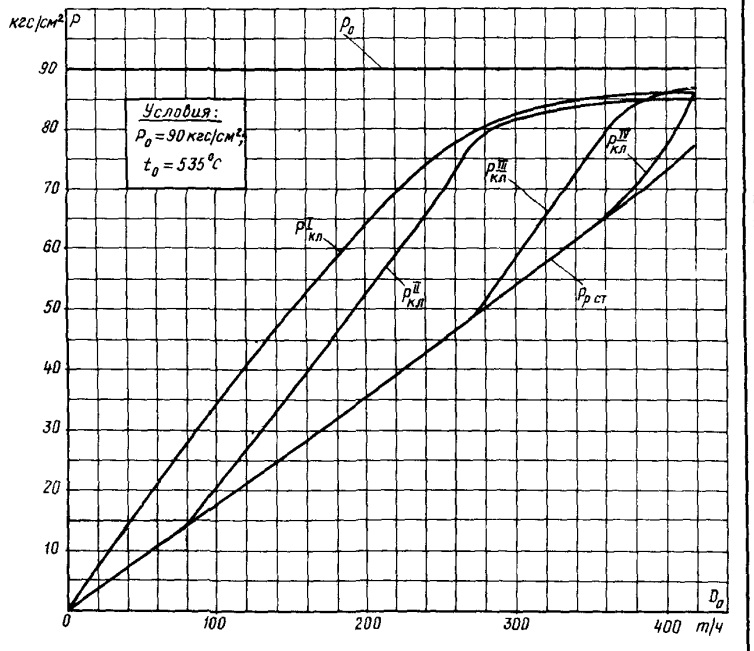
Т-6	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ТЕПЛА НА ТУРБОАГРЕГАТ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



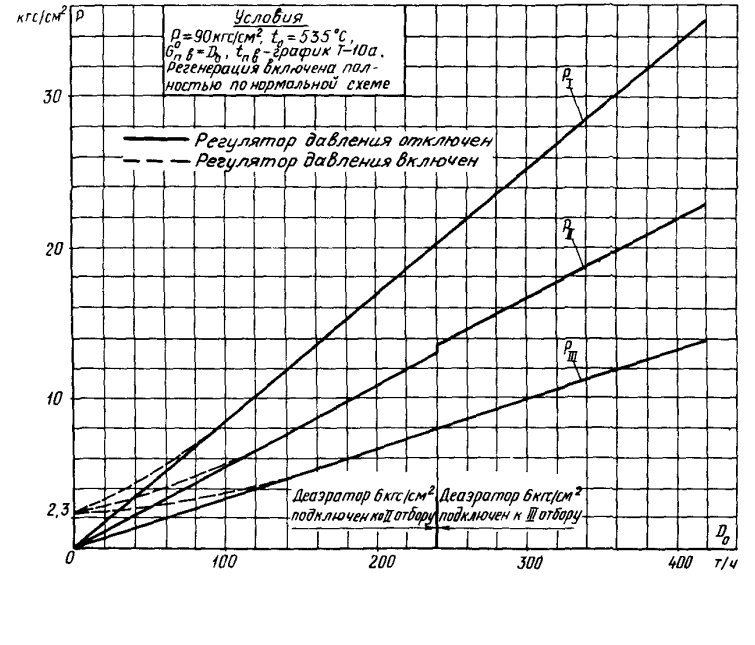
Т-7	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА УДЕЛЬНАЯ ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПО ТЕПЛОФИКАЦИОННОМУ ЦИКЛУ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



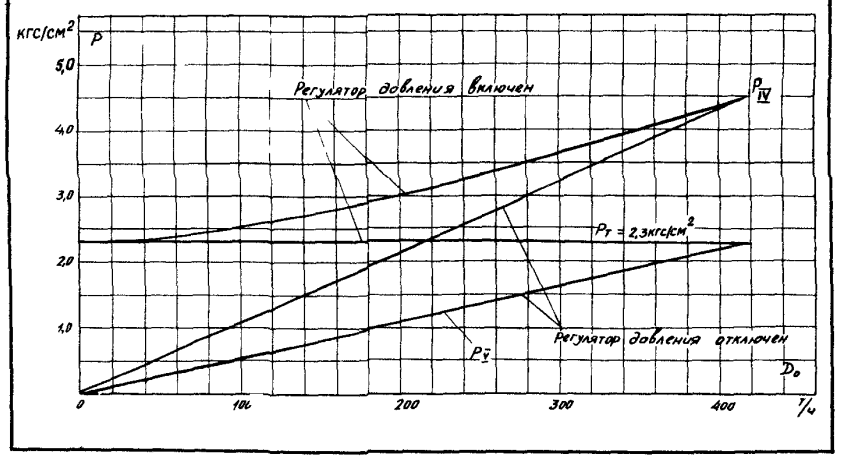
Т-8	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА **ТУРБОАГРЕГАТА** **ДИАГРАММА ПАРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВД**	**Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором**



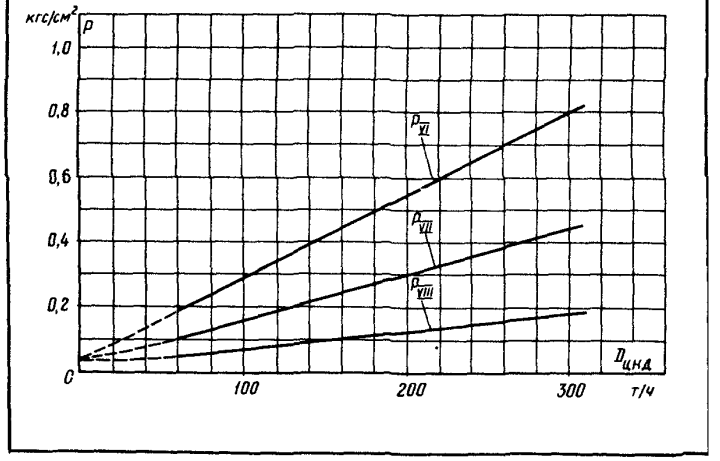
Т-9а	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ ПАРА В КАМЕРАХ ОТБОРОВ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



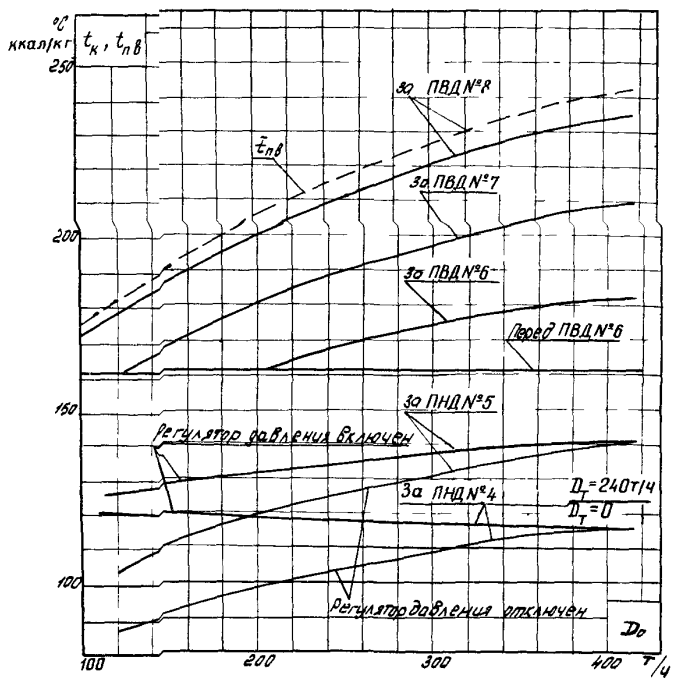
Т-9б	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ ПАРА В КАМЕРАХ ОТБОРОВ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМС с регулируемым теплофикационным отбором



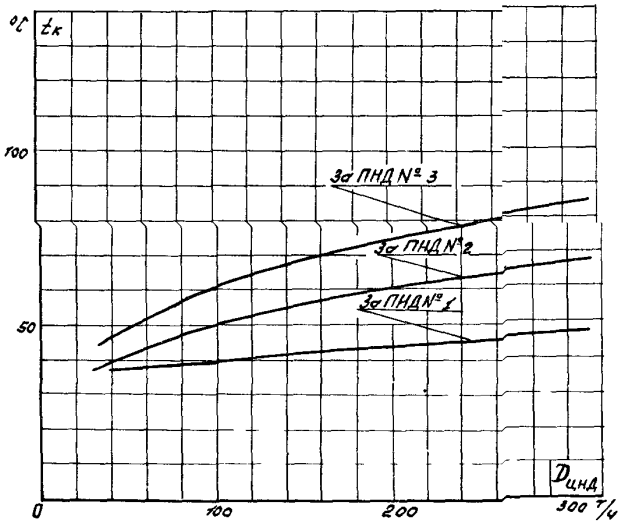
Т-9в	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ ПАРА В КАМЕРАХ ОТБОРОВ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



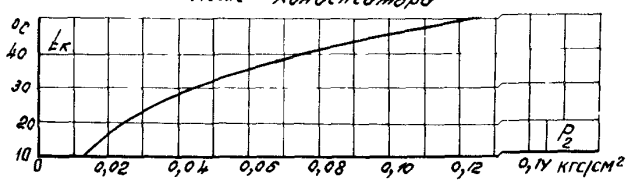
Т-10а	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ И КОНДЕНСАТА ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ И ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В ОТБОРЕ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



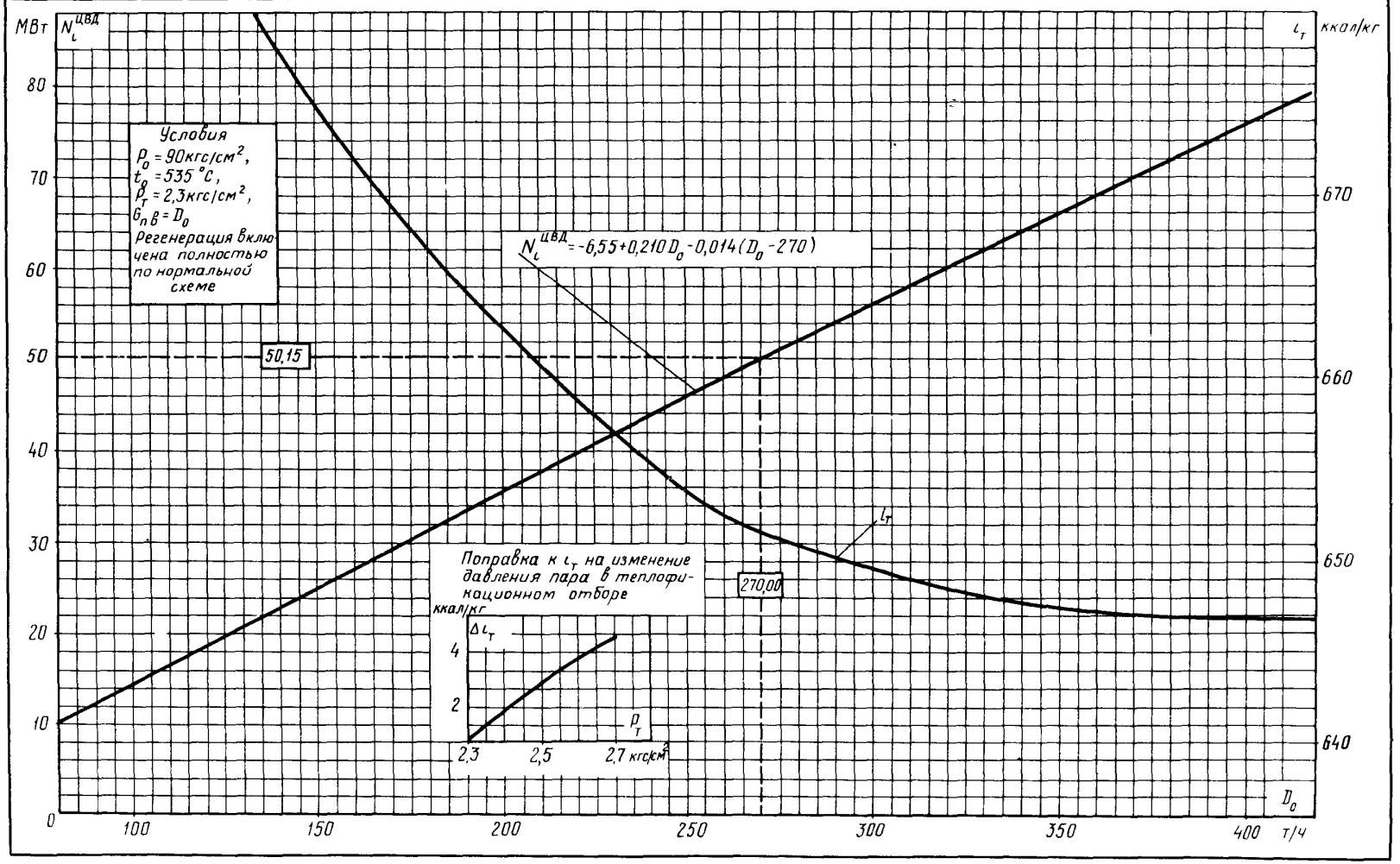
Т-10б	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА КОНДЕНСАТА	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



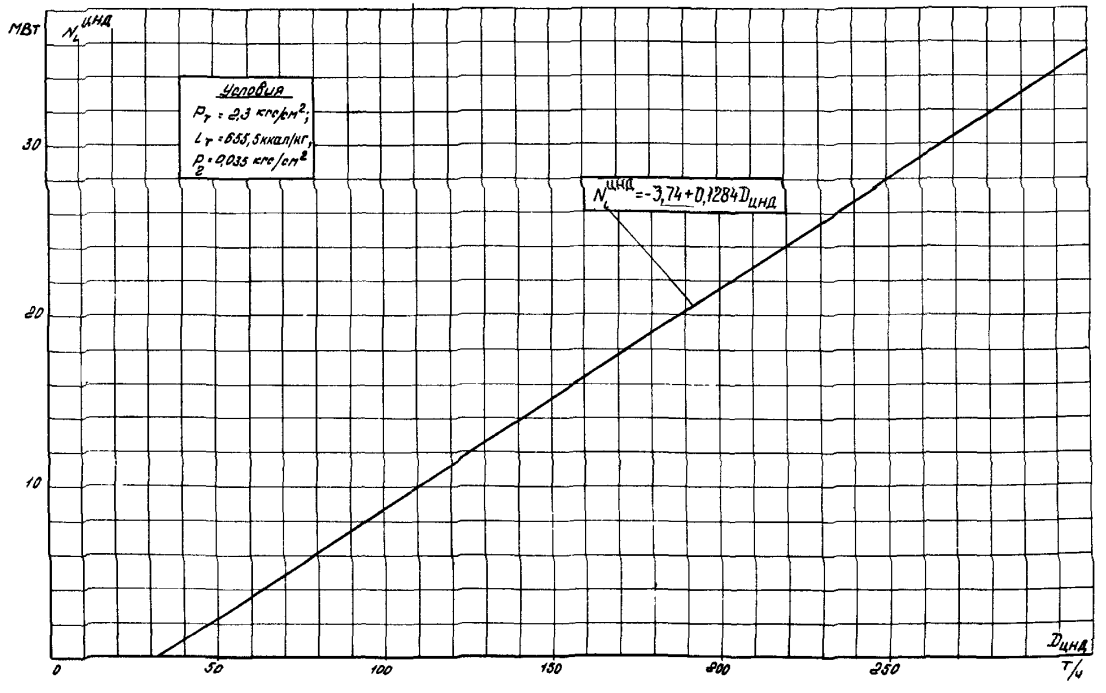
После конденсатора



Т-11	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦВД	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

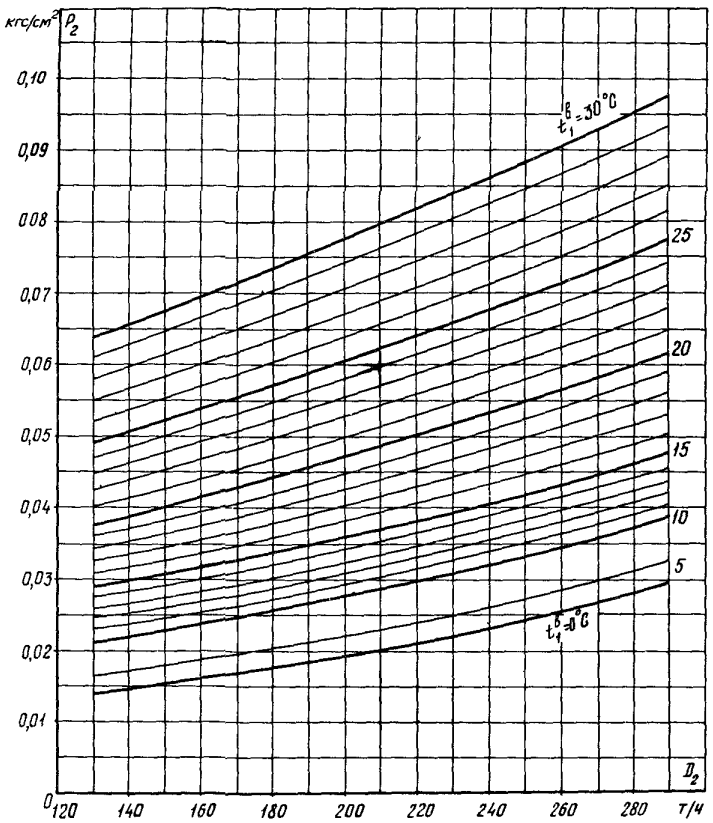


Т-I2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦНД	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

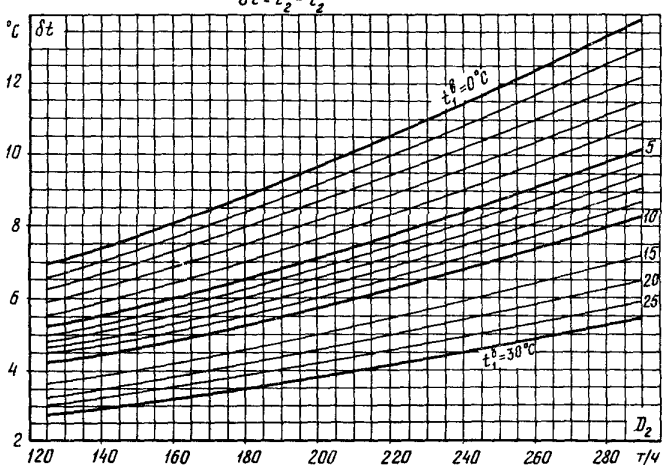


Т-I3	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНДЕНСАТОРА I00 КЦС-4 ЛМЗ (W = I6000 м^3/ч)	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

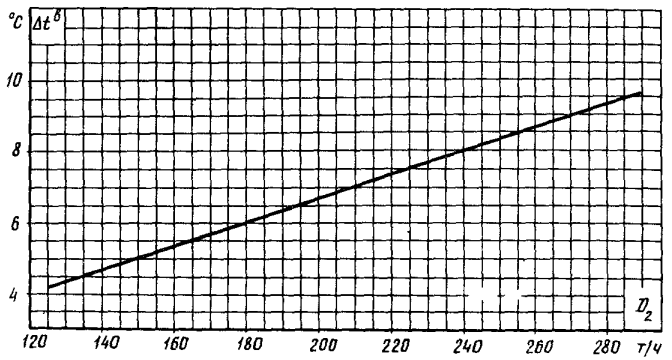
Абсолютное давление в конденсаторе в зависимости от расхода отработавшего пара и температуры охлаждающей воды



Температурный напор $\delta t = t_2'' - t_2^в$

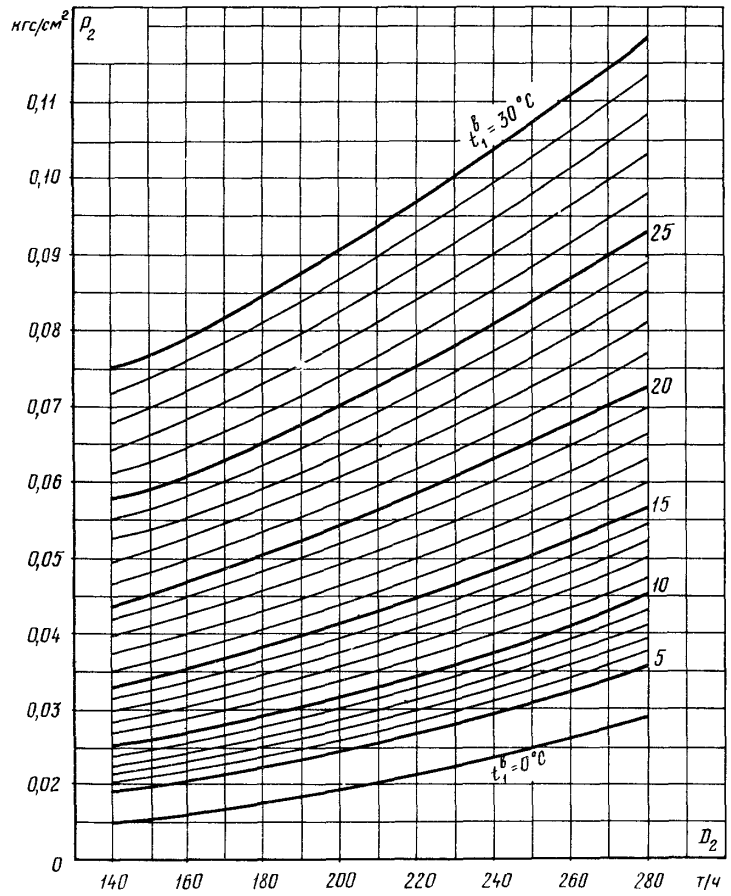


Нагрев воды в конденсаторе

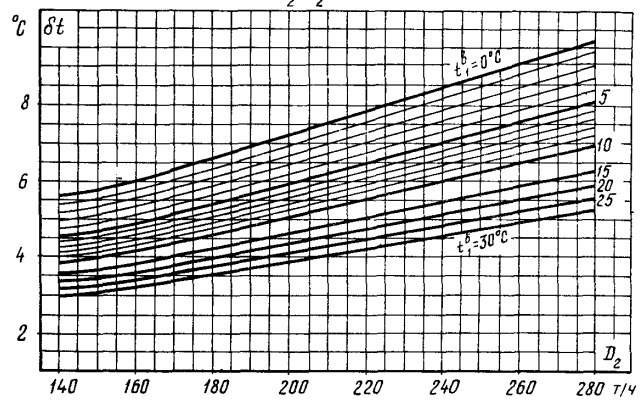


Т-I4	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ХАРАКТЕРИСТИКА КОНДЕНСАТОРА I00 КЦС-4 ЛМЗ (W = II200 м³/ч)	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

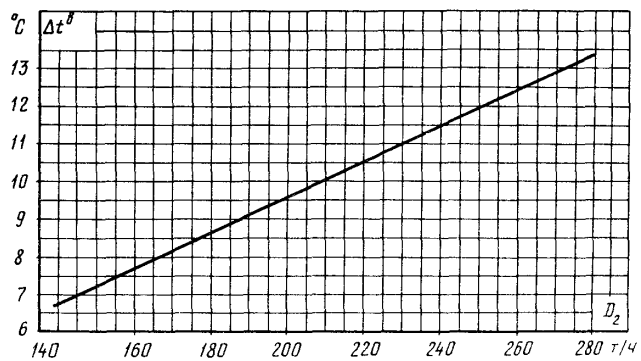
Абсолютное давление в конденсаторе в зависимости от расхода отработавшего пара и температуры охлаждающей воды



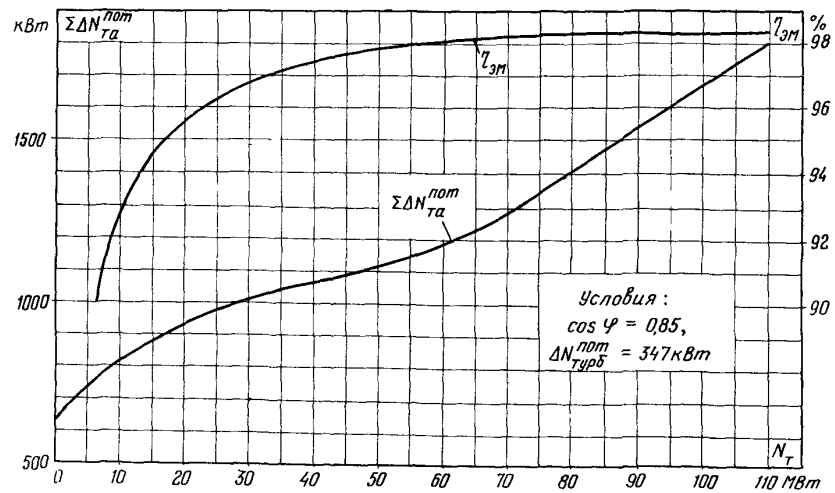
Температурный напор
$\delta t = t_2'' - t_2^в$



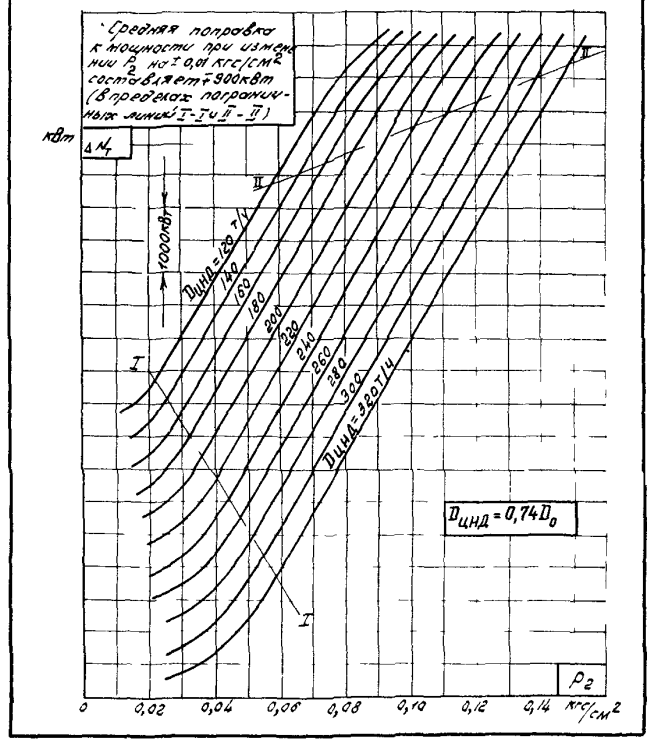
Нагрев воды в конденсаторе



Т-I5	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОТЕРИ МОЩНОСТИ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КПД ТУРБОАГРЕГАТА	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

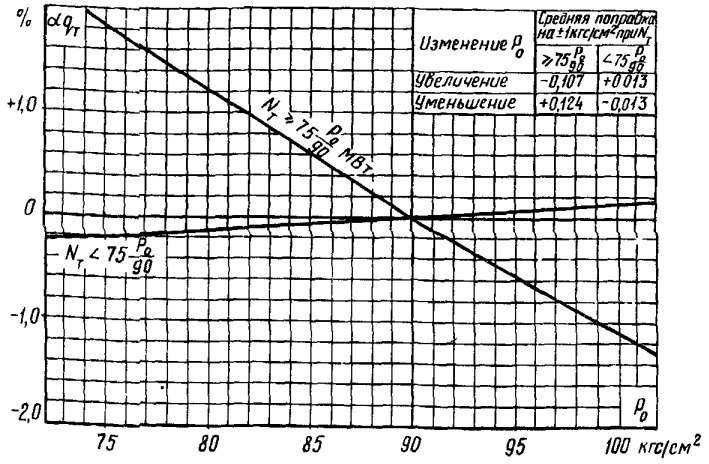


Т-I6	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКА К МОЩНОСТИ НА ДАВЛЕНИЕ ОТРАБОТАВШЕГО ПАРА	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



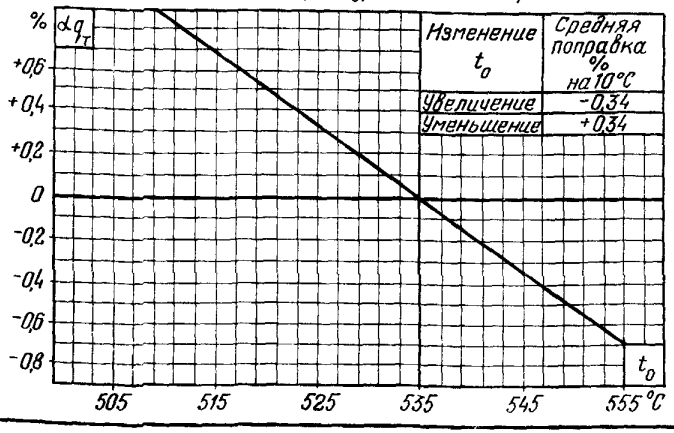
Т-I7а	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛА ДЛЯ КОНДЕНСАЦИОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В РЕГУЛИРУЕМОМ ОТБОРЕ	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

а) На отклонение давления свежего пара от номинального



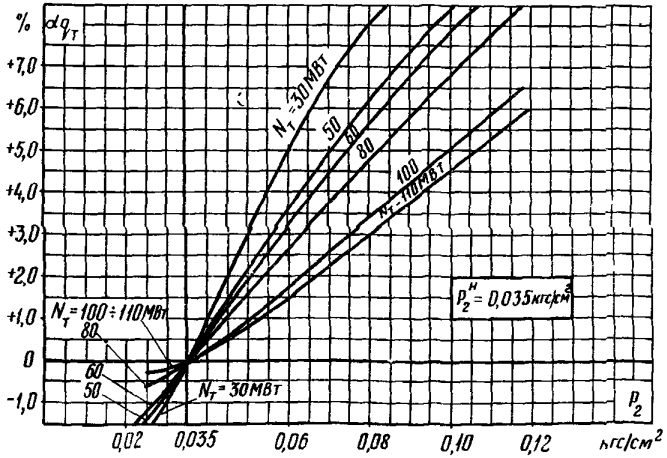
Изменение p_0	Средняя поправка на ±1 кгс/см² при N_T	
	$\geq 75 \frac{p_0}{90}$	$< 75 \frac{p_0}{90}$
Увеличение	-0,107	+0,013
Уменьшение	+0,124	-0,013

б) На отклонение температуры свежего пара от номинальной

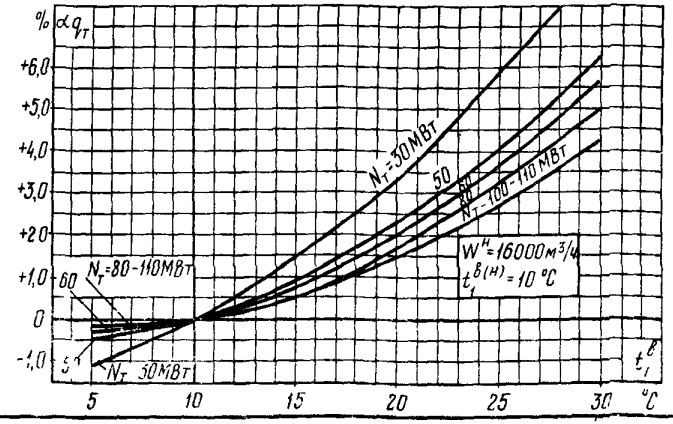


Изменение t_0	Средняя поправка % на 10°С
Увеличение	-0,34
Уменьшение	+0,34

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

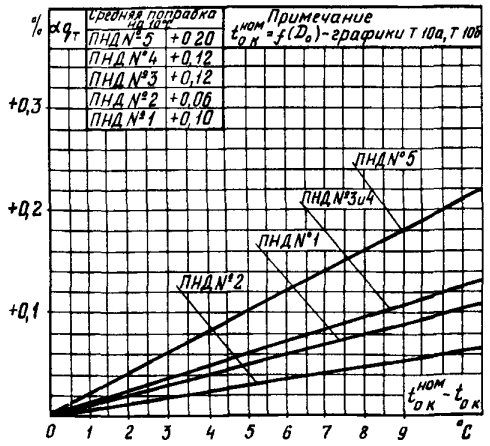


г) На отклонение температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор турбины от номинальной

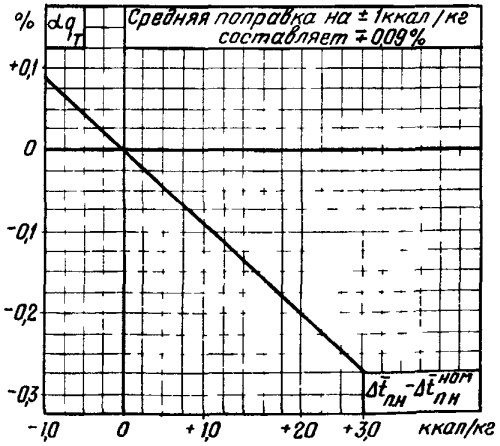


Т-I7а	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛА ДЛЯ КОНДЕНСАЦИОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В РЕГУЛИРУЕМОМ ОТБОРЕ	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

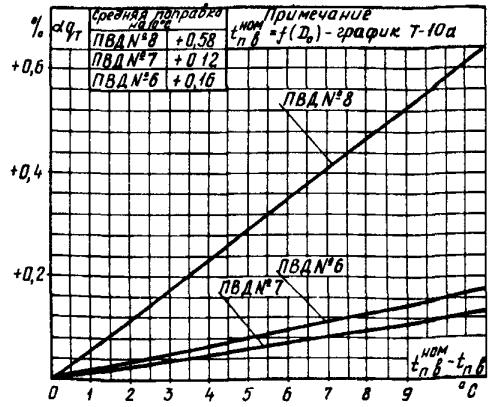
д) На недогрев основного конденсата в подогревателях низкого давления



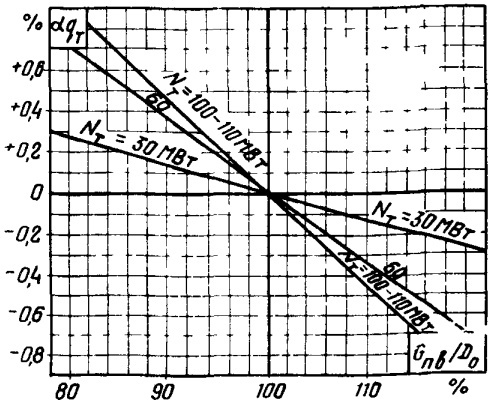
ж) На изменение нагрева воды в питательном насосе



е) На недогрев питательной воды в подогревателях высокого давления

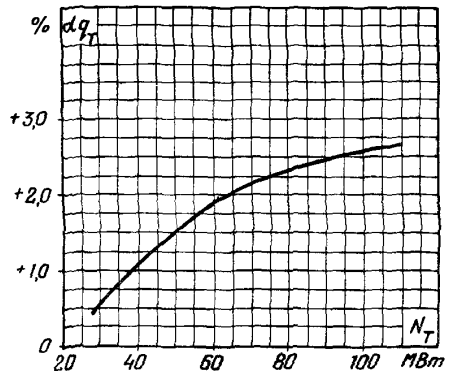


з) На отклонение расхода питательной воды от расхода свежего пара

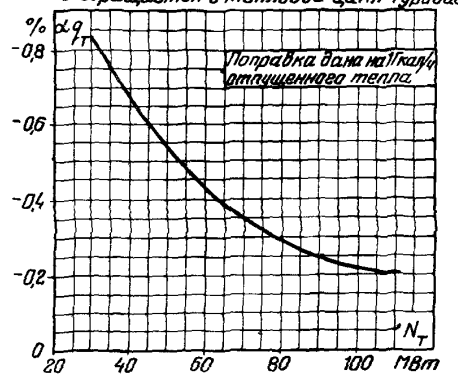


Т-I7а	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛА ДЛЯ КОНДЕНСАЦИОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В РЕГУЛИРУЕМОМ ОТБОРЕ	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

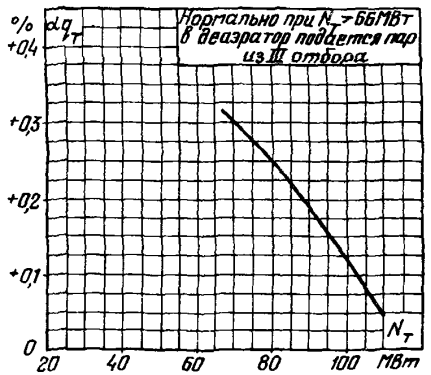
и) На отключение группы подогревателей высокого давления



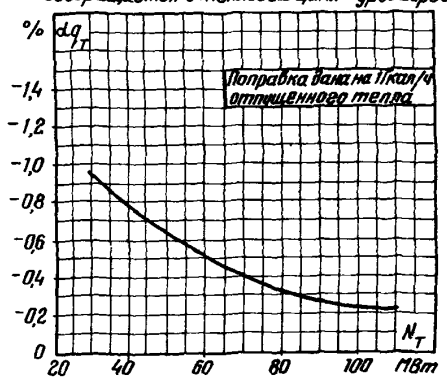
л) На отпуск тепла из IV отбора сверх нужд регенерации (конденсат отбираемого пара не возвращается в тепловой цикл турбоагрегата)



к) На подачу пара в деаэратор из II отбора



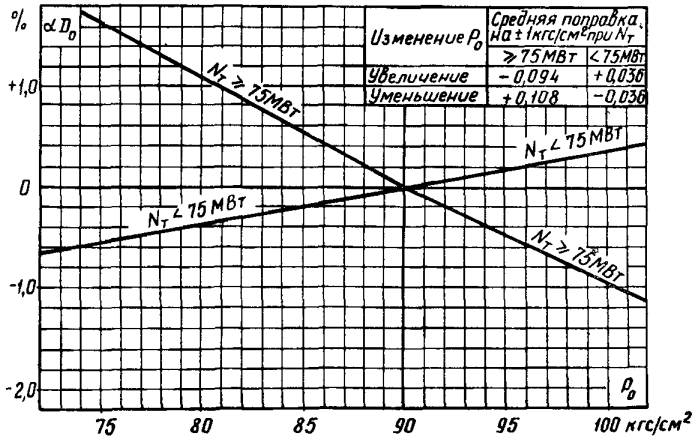
м) На отпуск тепла из V отбора сверх нужд регенерации (конденсат отбираемого пара не возвращается в тепловой цикл турбоагрегата)



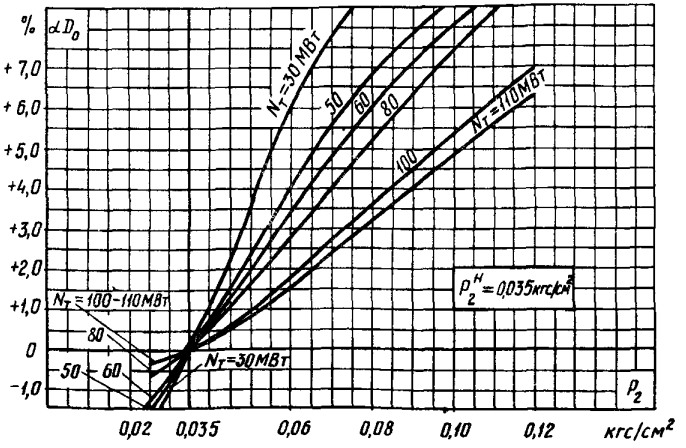
Примечание. Пунктирная линия – поправки к удельному расходу тепла

Т-176	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА ДЛЯ КОНДЕНСАЦИОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В РЕГУЛИРУЕМОМ ОТБОРЕ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

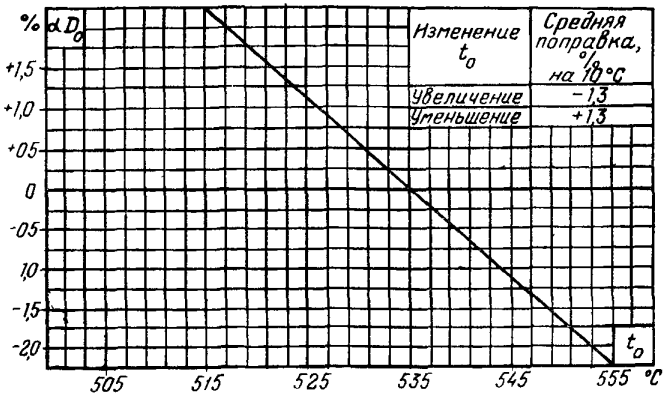
а) На отклонение давления свежего пара от номинального



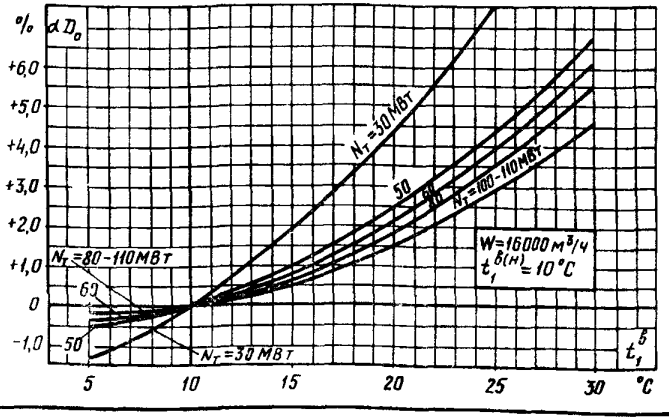
в) На отклонение давления отработавшего пара в конденсаторе турбины от номинального



б) На отклонение температуры свежего пара от номинальной

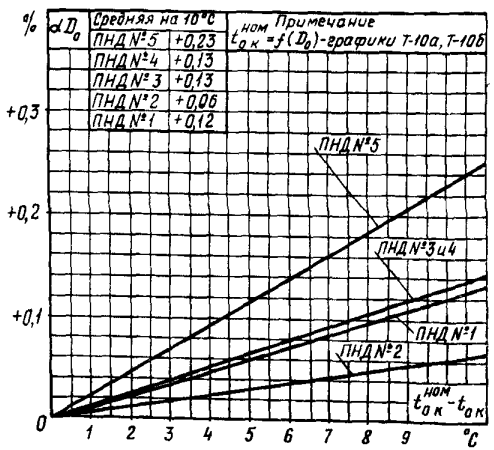


г) На отклонение температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор турбины от номинальной

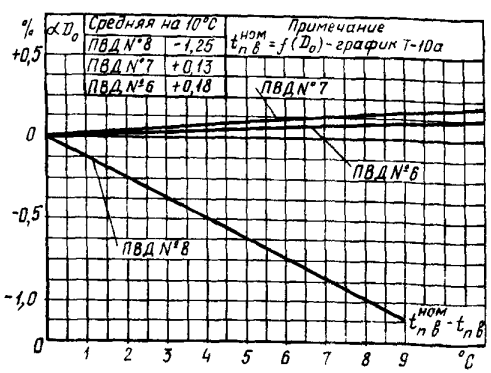


Т-I76	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА ДЛЯ КОНДЕНСАЦИОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В РЕГУЛИРУЕМОМ ОТБОРЕ	Тип К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикацион- ным отбором

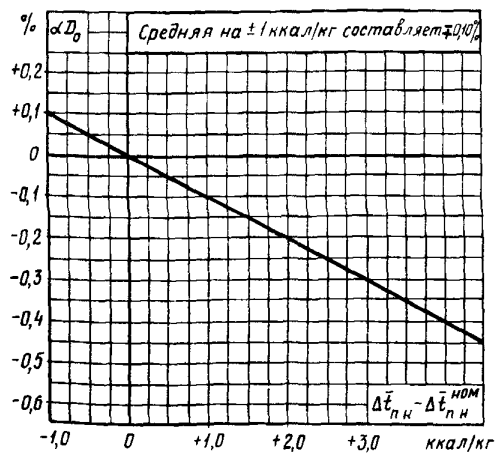
д) На недогрев основного конденсата в подогревателях низкого давления



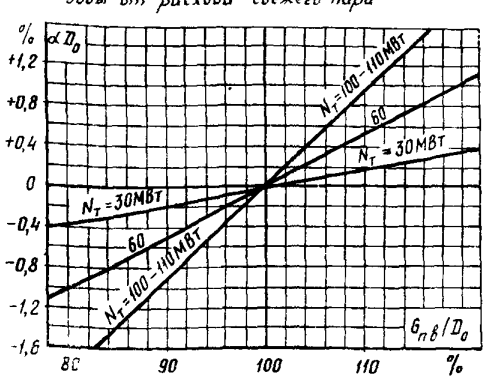
е) На недогрев питательной воды в подогревателях высокого давления



ж) На изменение нагрева воды в питательном насосе

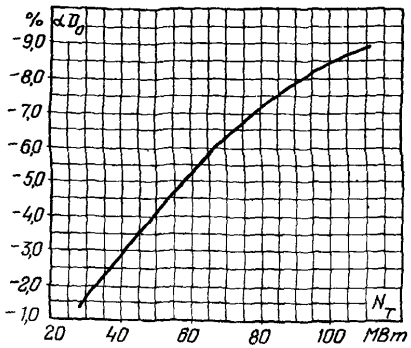


з) На отклонение расхода питательной воды от расхода свежего пара

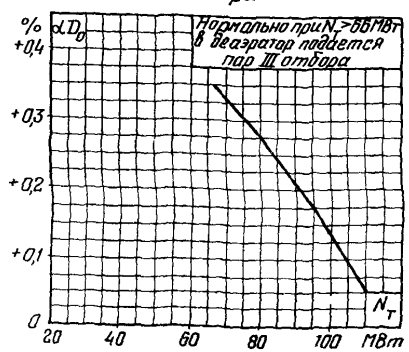


Т-176	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА ДЛЯ КОНДЕНСАЦИОННОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В РЕГУЛИРУЕМОМ ОТБОРЕ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

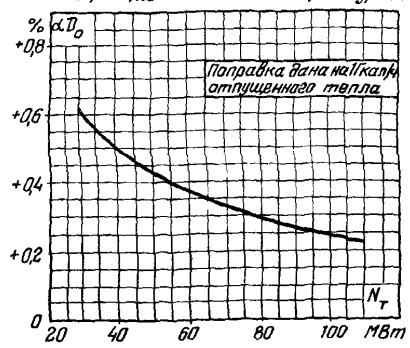
и) На отключение группы подогревателей высокого давления



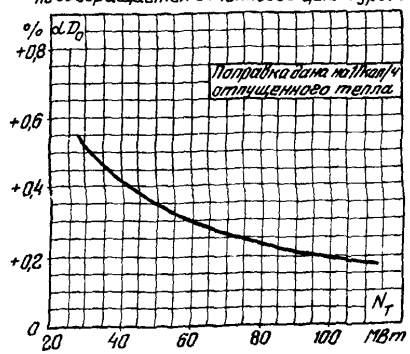
к) На подачу пара в деаэратор из II отбора



л) На отпуск тепла из IV отбора сверх нужд регенерации (конденсат отбираемого пара не возвращается в тепловой цикл турбоагрегата)

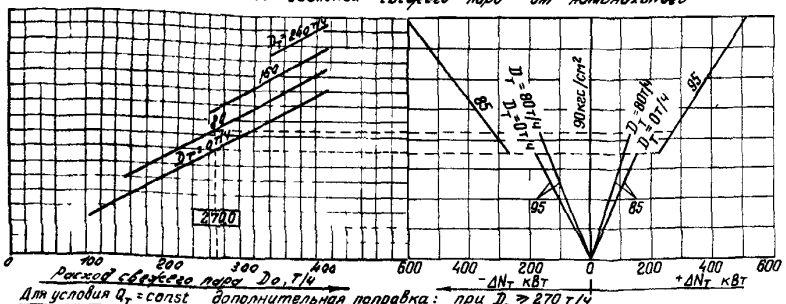


м) На отпуск тепла из V отбора сверх нужд регенерации (конденсат отбираемого пара не возвращается в тепловой цикл турбоагрегата)



Т-18	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ ДЛЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТУРБОАГРЕГАТА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫМ ОТБОРОМ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

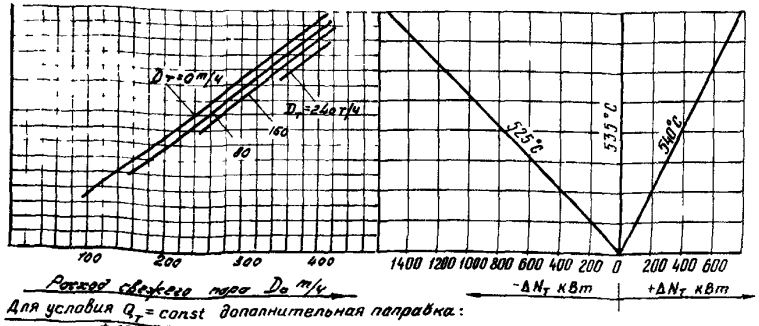
а) На отклонение давления свежего пара от номинального



Роккой свежего пара D_0, т/ч

Для условия $Q_т$ = const дополнительная поправка: при $D_0 \geq 270$ т/ч на ± 5 кгс/см² $\Delta N_т = \pm 1{,}18 \cdot Q_т$ кВт, при $D_0 < 270$ т/ч на ± 5 кгс/см² $\Delta N_т = \pm 0{,}5 \cdot Q_т$ кВт

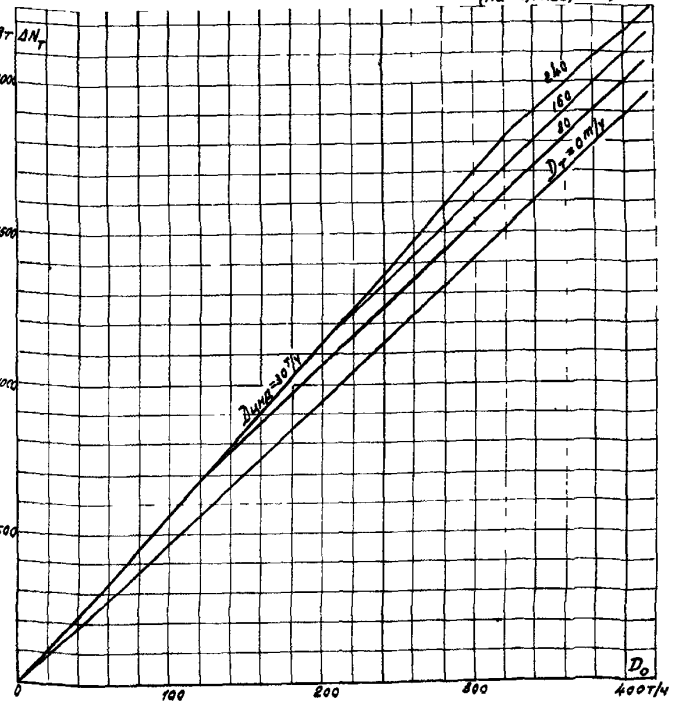
б) На отклонение температуры свежего пара от номинальной



Роккой свежего пара D_0 т/ч

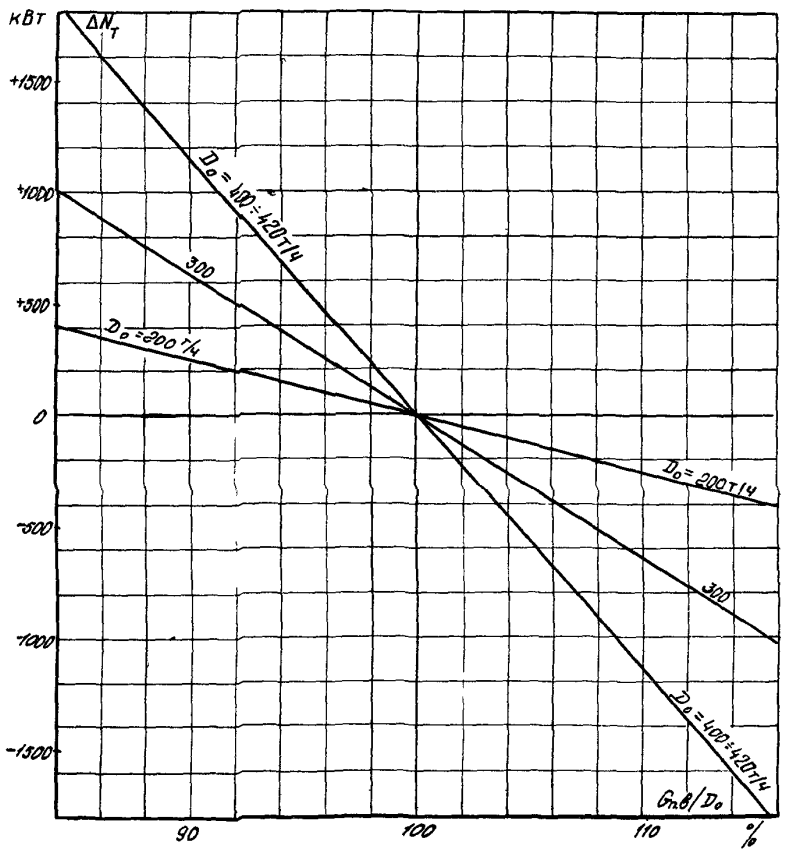
Для условия $Q_т$ = const дополнительная поправка:
на ± 10 °С $\Delta N_т = \pm 1{,}15 \cdot Q_т$ кВт

в) При повышении давления в регулируемом отборе с 2,3 до 2,7 кгс/см² (на +0,4 кгс/см²)



Т-I8	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ ДЛЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ТУРБОАГРЕГАТА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫМ ОТБОРОМ	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

а) На отклонение расхода питательной воды от расхода свежего пара



ПРИЛОЖЕНИЕ

Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-100-90-6 (ВК-100-6) ЛМЗ после реконструкции с устройством регулируемого теплофикационного отбора получена путем обобщения материалов тепловых испытаний двух турбин на Кировской ГРЭС и Улан-Удэнской ТЭЦ.

Реконструкция выполнена в целях организации регулируемого теплофикационного отбора пара давлением 2,3-2,7 кгс/см^2*. Отбор пара осуществлен за ЦВД. Давление в отборе регулируется поворотными клапанами, установленными в ресиверных трубах. Проточная часть и тепловая схема турбоагрегата оставлены в прежнем (заводском) исполнении.

При конденсационном режиме работы с отключенным регулятором давления в отборе поворотные клапаны открываются полностью.

Типовая энергетическая характеристика содержит материалы как для конденсационного режима работы при отключенном регуляторе давления в отборе, так и для режимов работы турбоагрегата с регулируемым отбором пара на теплофикацию. Характеристика отражает среднюю экономичность вышедшего из капитального ремонта турбоагрегата, работающего по расчетной тепловой схеме при следующих условиях (принятых в качестве номинальных):

- давление свежего пара перед стопорным клапаном турбины 90 кгс/см^2;

- температура свежего пара перед стопорным клапаном турбины 535^{0}С;

- давление отработавшего пара:

а) для характеристики конденсационного режима работы при постоянном давлении пара в конденсаторе (см. графики Т-2 и Т-3) 0,035 кгс/см^2;

б) для характеристики конденсационного режима работы при постоянных расходе и температуре охлаждающей воды (см. график Т-1) - в соответствии с характеристикой конденсатора 10ОКЦС-4 ЛМЗ при W = 16000 м^3/ч и $t_1^б$ = 10^{0}С (см. график Т-13);

в) для характеристик с регулируемым отбором пара на теплофикацию (см. графики Т-4 и Т-5) 0,035 кгс/см^2;

- подача пара на концевые уплотнения и эжектор сальникового подогревателя, а также на основной эжектор осуществляется из деаэратора 6 кгс/см^2 в количестве соответственно 2,5 и 0,8 т/ч;

- деаэратор 6 кгс/см^2 питается паром 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 (см. график Т-15) по данным заводов ЛМЗ и "Электросила";

- температура питательной воды и основного конденсата турбины за подогревателями - по графикам Т-10а и Т-10б;

- при режимах работы турбоагрегата с регулируемым теплофикационным отбором:

а) регулируемое давление пара в камере теплофикационного отбора 2,3 кгс/см^2;

б) конденсат пара отбора полностью возвращается в систему регенерации перед ПНД № 5 с температурой 120^{0}С;

- внешние потребители пара нерегулируемых отборов отключены.

Положенные в основу Типовой энергетической характеристики данные испытаний приведены в соответствие с "Таблицами теплофизических свойств воды и водяного пара" (Издательство стандартов, 1969).

---

* В тексте и на графиках приводится абсолютное давление.

I. КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ РАБОТЫ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В ОТБОРЕ

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

- при постоянных расходе (W = I6000 м^3/ч) и температуре (t_1^{ℓ} = I0^{0}C) охлаждающей воды (см. график Т-I)

$$Q_0 = 14{,}29+2{,}015\,N_T +0{,}111(N_T -74{,}55)\ \text{Гкал/ч}; \qquad (1)$$

$$D_0 = 6{,}46+3{,}535\,N_T +0{,}330(N_T -74{,}55)\ \text{т/ч}; \qquad (2)$$

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

$$Q_0 = 19{,}08+1{,}964\,N_T +0{,}120(N_T -74{,}05)\ \text{Гкал/ч}; \qquad (3)$$

$$D_0 = 14{,}89+3{,}445\,N_T +0{,}344(N_T -74{,}05)\ \text{т/ч}. \qquad (4)$$

Уравнения (I)-(4) справедливы в диапазоне нагрузок 30-II0 МВт.

Типовая энергетическая характеристика нетто турбоагрегата К-I00-90-6М (ВК-I00-6) ЛМЗ для условий работы по конденсационному циклу рассчитана на основе характеристики брутто при давлении пара в конденсаторе 0,035 кгс/см^2 и соответствует следующим условиям его эксплуатации:

- параметры и тепловая схема установки - по графикам Т-2;
- напор, развиваемый циркуляционными насосами, I5 м вод.ст.;
- расход охлаждающей воды через конденсатор турбины I6000 м^3/ч, в целом на турбоагрегат I7600 м^3/ч;
- коэффициент полезного действия циркуляционного насоса 80% и электродвигателя 95%;
- расход тепла на собственные нужды турбоагрегата 0,43Гкал/ч (~0,2% расхода тепла турбоагрегатом при номинальной мощности);
- расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата учитывает работу циркуляционных, конденсатных и прочих насосов-дренажных, подъемного ПНД № 3 и газоохладителей. Расход электроэнергии на прочие насосы принят в размере 0,I% номинальной мощности турбоагрегата.

Для этих условий Типовая энергетическая характеристика нетто по расходу тепла аналитически выражается уравнением

$$Q'_э = 2I{,}70+I{,}965\,N_T^H + 0{,}I24\ (N_T^H -72{,}896)\ \text{Гкал/ч}. \qquad (5)$$

Удельный расход тепла нетто на выработку электроэнергии определяется по выражению

$$q_T^H = \frac{Q'_э \cdot I0^3}{N_T^H}\ \text{ккал/(кВт·ч)}. \qquad (6)$$

В случае отклонения условий работы турбоагрегата от номинальных вводятся поправки к расходам пара и тепла на установку (см. графики Т-I7б и Т-I7а). Поправки даны при условии постоянства мощности на выводах генератора. Знаки поправок соответствуют переходу от условий характеристики к эксплуатационным.

При наличии двух и более отклонений в условиях работы турбоагрегата от номинальных поправки алгебраически суммируются.

При введении поправок необходимо учитывать следующее:

I. Поправки к расходу пара и тепла на отклонение температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор справедливы только при работе турбоагрегата с расходом охлаждающей воды W = I6000 м^3/ч.

2. При отличии напора, развиваемого циркуляционными насосами, от номинального (I5 м вод.ст.) к расходу тепла нетто, определенному по уравнению (5), вводится поправка.

II. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТУРБОАГРЕГАТА С РЕГУЛИРУЕМЫМ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫМ ОТБОРОМ ПАРА

Типовые диаграммы режимов по расходу пара и тепла для условий работы турбоагрегата с регулируемым теплофикационным отбором приведены на графиках Т-4 и Т-5.

На графике Т-I8 приведены поправки к мощности на выводах генератора при отклонении условий работы турбоагрегата от номи-

нальных. При отклонении давления отработавшего пара в конденсаторе от номинального поправка к мощности определяется по сетке поправок на вакуум (см. график Т-I6).

Знаки поправок соответствуют переходу от условий построения диаграммы режимов к эксплуатационным.

При наличии двух и более отклонений в условиях работы турбоагрегата поправки алгебраически суммируются.

Типовые диаграммы режимов позволяют непосредственно определять для принятых исходных данных (N_T, D_T или Q_T) и фактических эксплуатационных условий расход пара и тепла на турбоагрегат, при этом поправку к мощности на отклонение условий эксплуатации от номинальных следует принимать по поправочным кривым (см. графики Т-I6 и Т-I8).

Полный и удельный расходы тепла на производство электроэнергии определяются по формулам:

$$Q_э = Q_0 - Q_T \quad \text{Гкал/ч} \tag{7}$$

и

$$q_T = \frac{Q_э}{N_T} \cdot 10^3 \quad \text{ккал/(кВт·ч)}. \tag{8}$$

Отпуск тепла из теплофикационного отбора определяется по формуле

$$Q_T = D_T (i_T - \bar{t}_{рег}) \cdot 10^{-3} \quad \text{Гкал/ч}. \tag{9}$$

Энтальпия пара теплофикационного отбора определяется по графику Т-II. При отклонении давления пара в теплофикационном отборе от $P_T = 2{,}3$ кгс/см^2 к энтальпии пара вводится поправка по вспомогательному графику Т-II.

Электрическая мощность, развиваемая турбоагрегатом, соответственно по теплофикационному и конденсационному циклам определяется по формулам:

$$N_{тф} = W_{тф} \cdot Q_T \cdot 10^{-3} \quad \text{МВт}; \tag{10}$$

$$N_{кн} = N_T - N_{тф} \quad \text{МВт}, \tag{11}$$

где $W_{тф}$ – удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу при отпуске тепла из регулируемого отбора (см. график Т-7).

III. ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ТЕПЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ТУРБОАГРЕГАТА

I. Конденсационный режим при отключенном регуляторе давления в отборе

Пример № I

Исходные данные: $N_T = 100$ МВт; $P_0 = 85$ кгс/см^2; $P_2 = 0{,}05$ кгс/см^2; остальные условия – номинальные.

Требуется определить удельный расход тепла брутто (q_T) и расход свежего пара (D_0) при заданных условиях.

В табл.I приводится последовательность расчета.

Таблица I

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученное значение
Расход тепла на турбоагрегат при номинальных условиях	$Q_0^{ном}$	Гкал/ч	График Т-2 или уравнение (3)	218,59
Удельный расход тепла на турбоагрегат при номинальных условиях	$q_T^{ном}$	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_0^{ном}}{N_T} \cdot 10^3$ или график Т-2	2186
Расход свежего пара при номинальных условиях	$D_0^{ном}$	т/ч	График Т-2 или уравнение (4)	368,32
Поправка к удельному расходу тепла на отклонение P_0 от 90 кгс/см^2	$\alpha q_T^{P_0}$	%	График Т-I7а, 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-I7б, п.а	+0,54
Поправка к удельному расходу тепла на отклонение P_2 от 0,035кгс/см^2	$\alpha q_T^{P_2}$	%	График Т-I7а, п.в	+I,00

Окончание таблицы I

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученное значение
Поправка к расходу свежего пара на отклонение p_2 от 0,035 кгс/см^2	$\alpha D_0^{p_2}$	%	График Т-17б,п.в	+0,95
Суммарная поправка к удельному расходу тепла	$\Sigma\alpha_{q_T}$	%	$\alpha q_T^{p_0}+\alpha q_T^{p_2}$	+1,62
Суммарная поправка к расходу свежего пара	$\Sigma\alpha_{D_0}$	%	$\alpha D_0^{p_0}+\alpha D_0^{p_2}$	+1,49
Расход свежего пара при заданных условиях	D_0	т/ч	$D_0^{ном}(1+\frac{\Sigma\alpha D_0}{100})$	373,81
Удельный расход тепла брутто при заданных условиях	q_T	ккал/(кВт·ч)	$q_T^{ном}(1+\frac{\Sigma\alpha q_T}{100})$	2221

Пример № 2

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

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

$$(Q_э')^{ном} = 221{,}57 \text{ Гкал/ч};$$

2) определяется поправка к расходу тепла нетто

$$^{o}\!/_{o}Q_э' = -0{,}30\%;$$

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

$$Q_э' = (Q_э')^{ном}\left(1+\frac{\alpha Q_э'}{100}\right) =$$

$$= 221{,}57\left(1+\frac{-0{,}30}{100}\right) = 220{,}90 \text{ Гкал/ч};$$

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

$$q_T^н = \frac{Q_э'}{N_T^н}\cdot 10^3 = \frac{220{,}90}{100}\cdot 10^3 = 2209 \text{ ккал/(кВт·ч)}.$$

2. Режим работы турбоагрегата с регулируемым теплофикационным отбором пара

Исходные данные: N_T = 75 МВт; Q_m= 80 Гкал/ч; p_0 = 95 кгс/см^2; t_0 = 539^{0}С; p_m = 2,7 кгс/см^2; p_2 = 0,05 кгс/см^2; $G_{п.в}$= 0,9D_0; остальные условия - номинальные.

Требуется определить удельный расход тепла на выработку электроэнергии при заданных условиях.

В табл.2 приводится последовательность расчета.

Таблица 2

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученное значение
Расход тепла на турбоагрегат при номинальных условиях	$Q_0^н$	Гкал/ч	График Т-5	207,5
Расход свежего пара при номинальных условиях	$D_0^н$	т/ч	График Т-6	348,16
Расход пара на входе в ЦНД	$D_{цнд}$	т/ч	По графику Т-4 соответственно $D_0^н$, N_T	114,5
Поправки к мощности:				
- на отклонение p_2 от номинального значения	ΔN_{p_0}	кВт	График Т-18,п.а	+380
- на отклонение t_0 от номинального значения	ΔN_{t_0}	кВт	График Т-18,п.б для условий $Q_T = const$	+(470+37)
- на отклонение p_T от номинального значения	ΔN_{p_T}	кВт	График Т-18,п.в	-1840

Окончание таблицы 2

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученное значение
– на отклонение P_2 от номинального значения	ΔN_{P_2}	кВт	График Т-I6	-I350
– на отклонение расхода питательной воды от расхода свежего пара	$\Delta N_{G_{п.в}}$	кВт	График Т-I8,п.г	+880
Суммарная поправка к мощности	$\Sigma\Delta N$	МВт	$(\Delta N_{P_0}+\Delta N_{t_0}+\Delta N_{P_m}+\Delta N_{P_2}+\Delta N_{G_{п.в}})\,10^{-3}$	-I,42
Фиктивная мощность на выводах генератора	N_T^{φ}	МВт	$N_T-(\Sigma\Delta N)$	76,42
Предварительное значение расхода тепла на турбоагрегат	Q_0'	Гкал/ч	График Т-5 (по N_T^{φ}, Q_T)	2I0,3
Действительный расход свежего пара при заданных условиях	D_0	т/ч	График Т-6 (уравнение)	353,3

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученное значение
Энтальпия свежего пара при заданных параметрах	i_0	ккал/кг	По "Таблицам теплофизических свойств воды и водяного пара" (Издательство стандартов,I969)	83I,2
Отклонение энтальпии свежего пара от номинального значения	Δi_0	ккал/кг	i_0 -830,I	+I,I
Расход питательной воды	$G_{п.в}$	т/ч	$0,9D_0$	3I8,0
Энтальпия питательной воды	$t_{п.в}$	ккал/кг	График Т-I0а (соответственно D_0)	235,5
Расход тепла на турбоагрегат при заданных условиях	Q_0	Гкал/ч	$Q_0'+[D_0\Delta i_0+(D_0-G_{п.в})(t_{п.в}-I59,3)]\,I0^{-3}$	2I3,4
Расход тепла на выработку электроэнергии	$Q_э$	Гкал/ч	Уравнение (7)	I33,4
Удельный расход тепла на выработку электроэнергии	q_T	ккал/(кВт·ч)	Уравнение (8)	I779

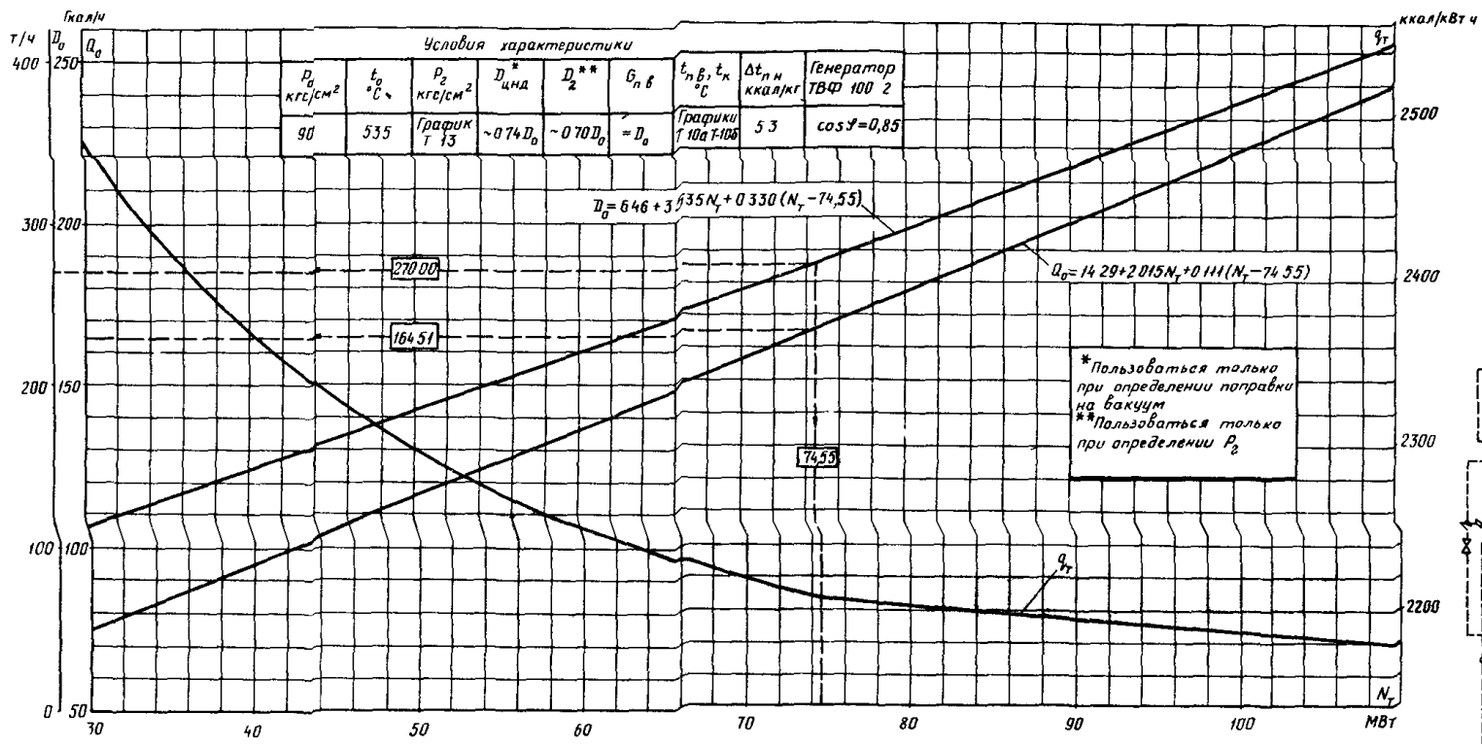
Т-I

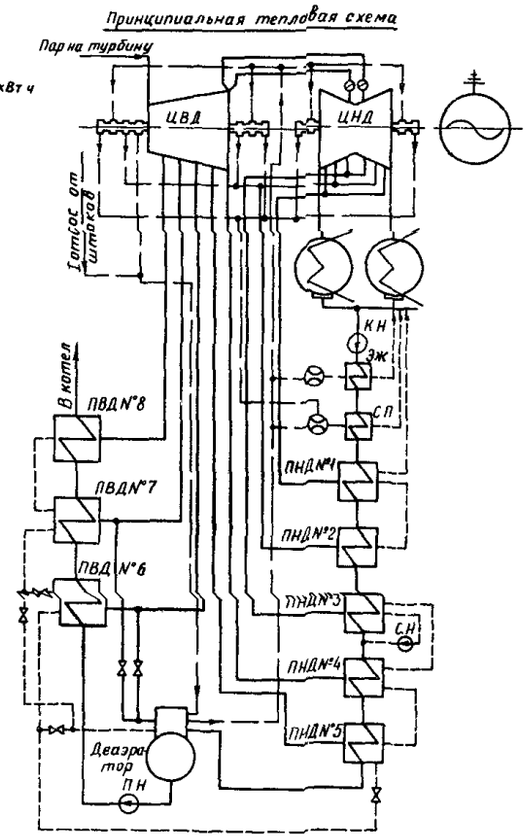
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА

РАСХОД ПАРА И ТЕПЛА ПРИ $W = 16000$ м^3/ч и $t_1^в = 10^oC$

(КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В ОТБОРЕ)

Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

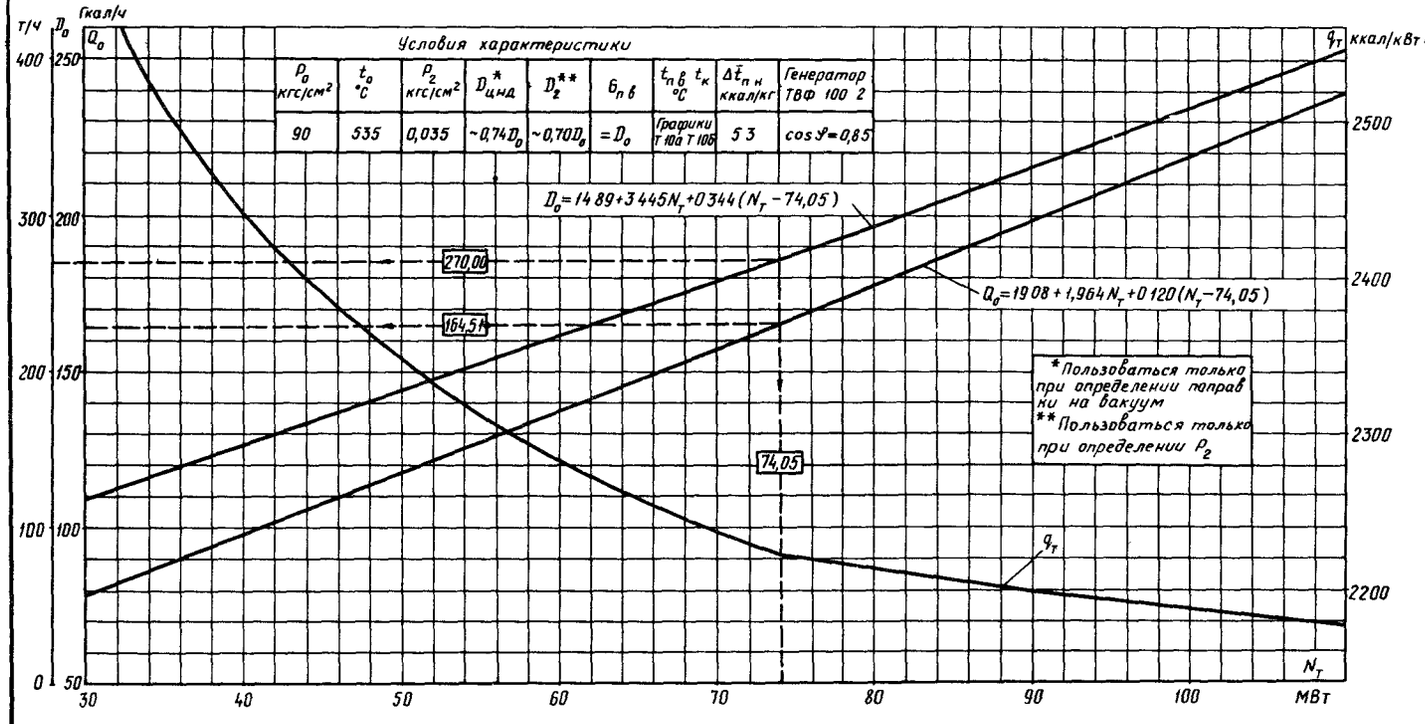




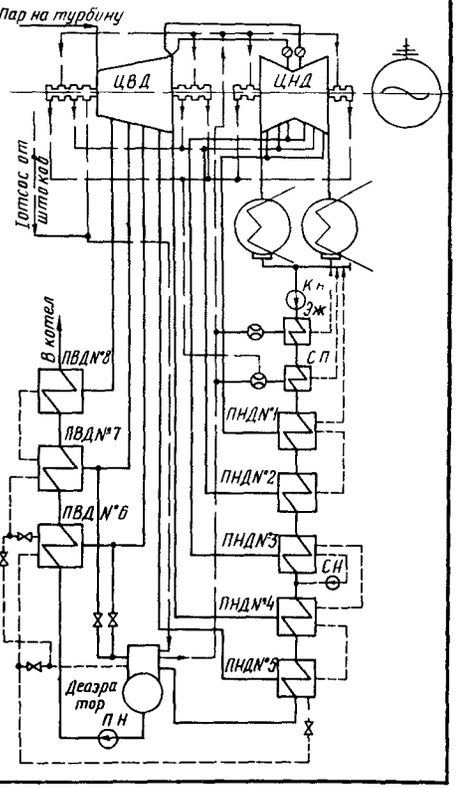
Т-2

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
РАСХОД ПАРА И ТЕПЛА ПРИ P_2 = 0,035 кгс/см^2
(КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ ПРИ ОТКЛЮЧЕННОМ РЕГУЛЯТОРЕ ДАВЛЕНИЯ В ОТБОРЕ)

Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



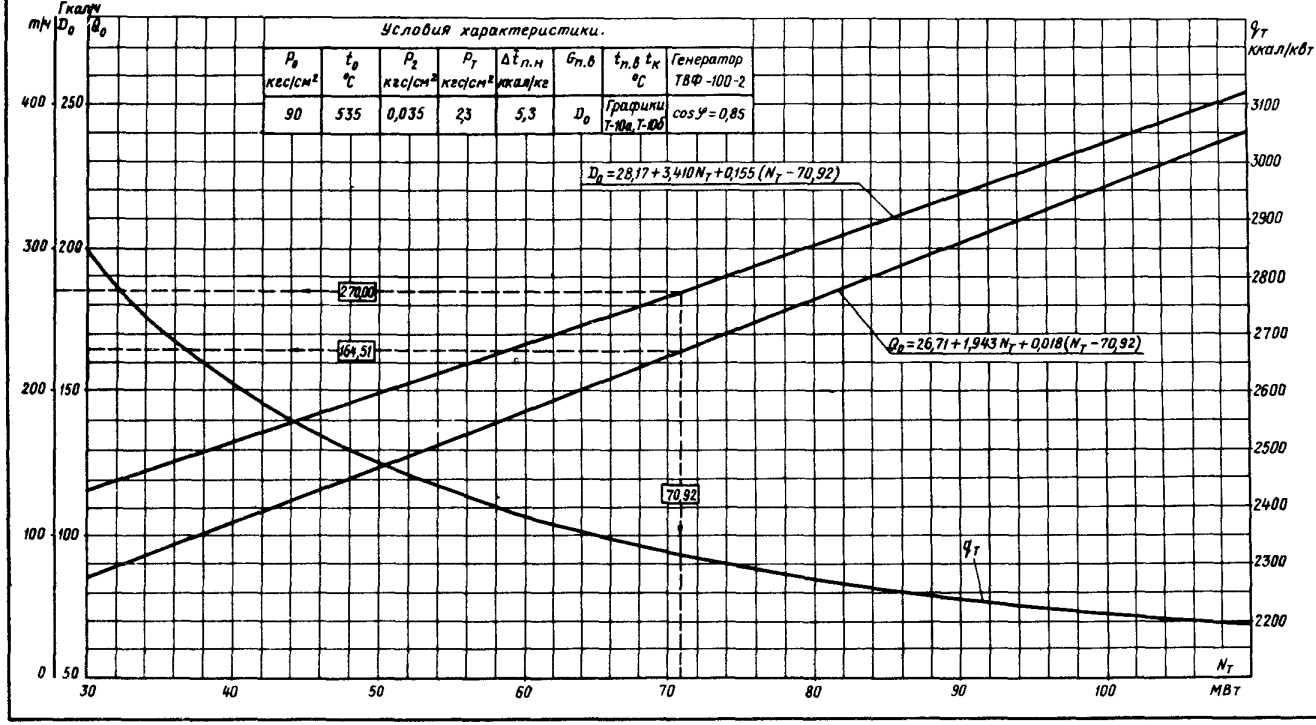
Принципиальная тепловая схема

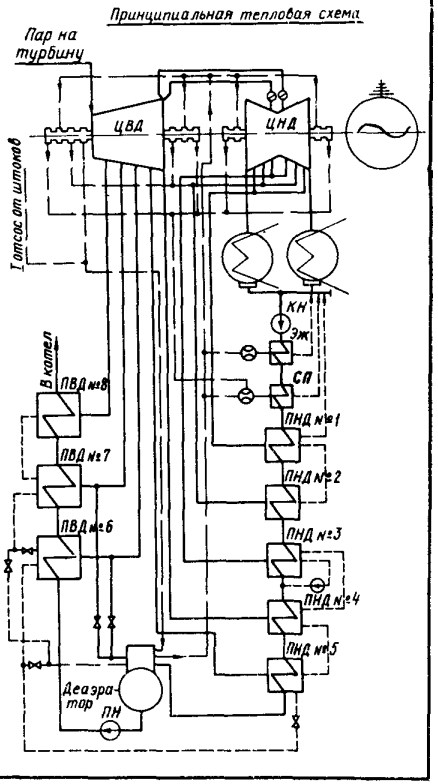


Т-3

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
РАСХОД ПАРА И ТЕПЛА ПРИ P_2 = 0,035 кгс/см^2
(КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ С ВКЛЮЧЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ В ОТБОРЕ)

Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



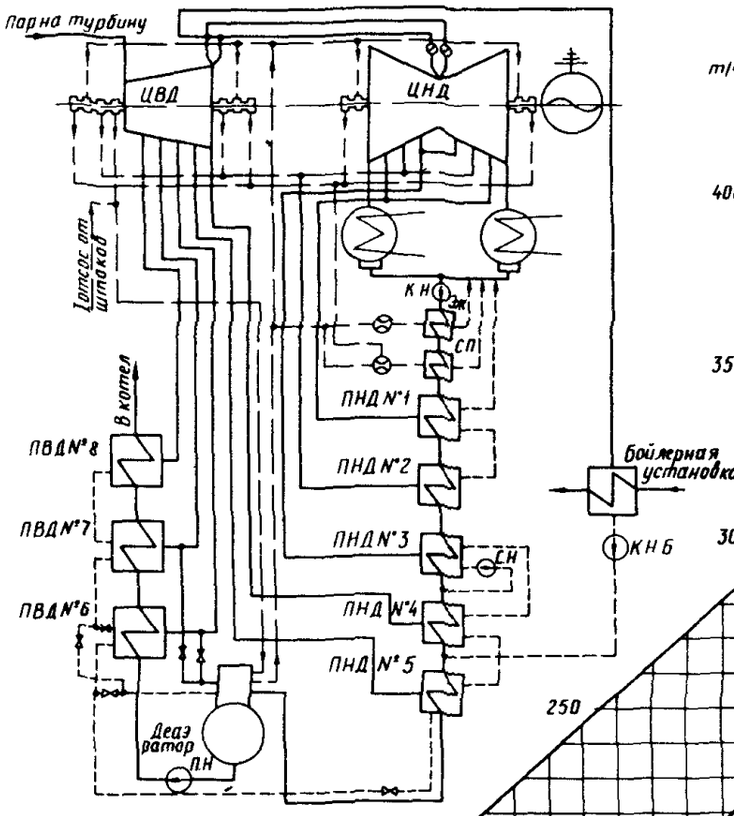


Т-4

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ДИАГРАММА РЕЖИМОВ ПО РАСХОДУ ПАРА

Тип
К-100-90-6М
(ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором

Принципиальная тепловая схема



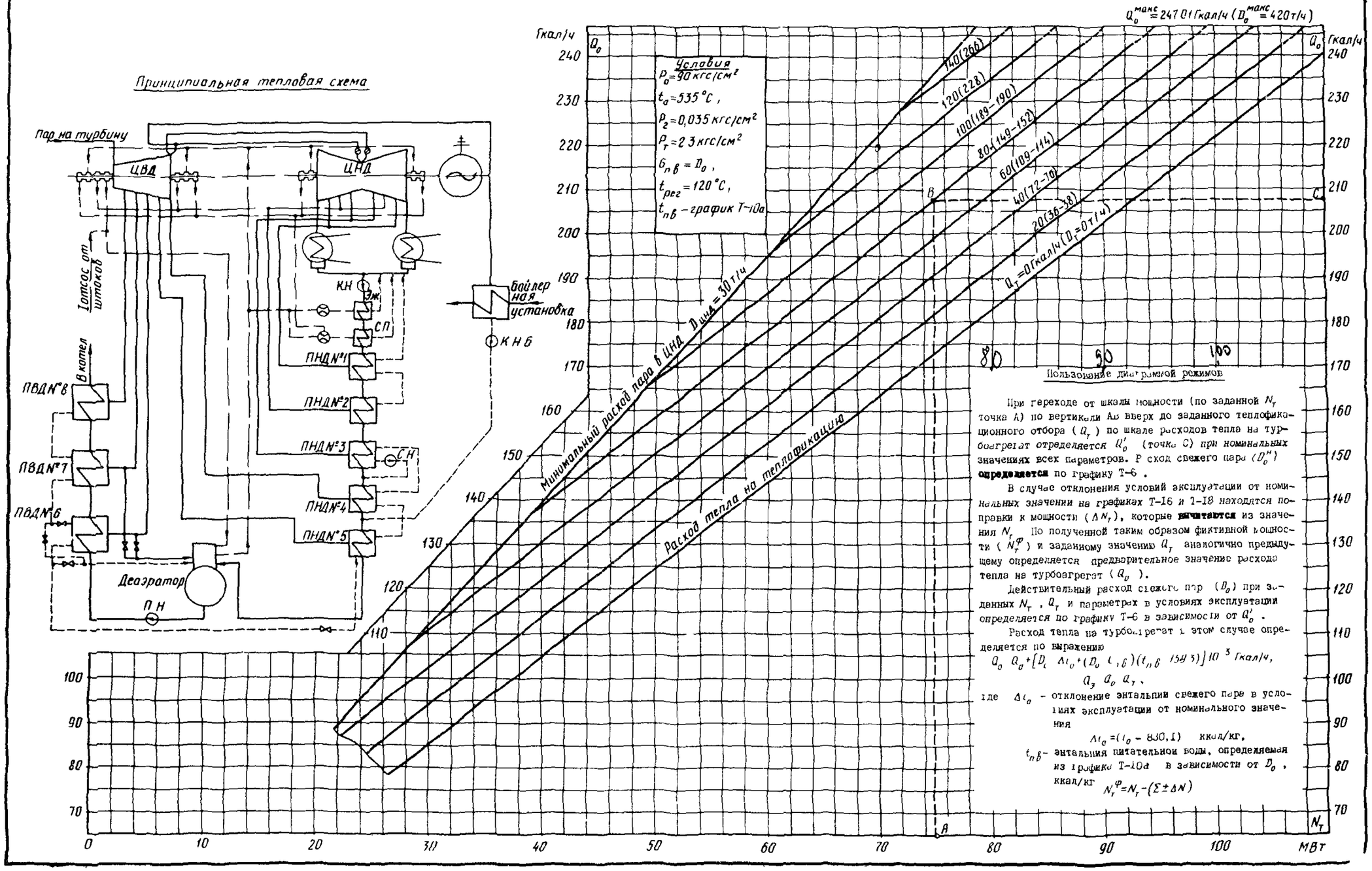
Пользование диаграммой режимов

При переходе от шкалы мощности (по заданной N_T – точка А) по вертикали АВ вверх до заданного теплофикационного отбора (D_T) по шкале расходов свежего пара определяется D_0^N (точка С) при номинальных значениях всех параметров.

В случае отклонения условий эксплуатации от номинальных значений по графикам Т-16 и Т-18 находятся поправки к мощности (ΔN_T), которые вычитаются из значения N_T. По полученной таким образом фиктивной мощности ($N_T^{ф}$) и заданному значению D_T аналогично предыдущему определяется фактический расход свежего пара:

$$N_T^{ф} = N_T - (\Sigma \pm \Delta N)$$

Т-5	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА РЕЖИМОВ ПО РАСХОДУ ТЕПЛА	Тип К-100-90-6М (ВК-100-6) ЛМЗ с регулируемым теплофикационным отбором



Пользование диаграммой режимов

При переходе от шкалы мощности (по заданной $N_т$ точка А) по вертикали АВ вверх до заданного теплофикационного отбора ($Q_т$) по шкале расходов тепла на турбоагрегат определяется Q_0' (точка С) при номинальных значениях всех параметров. Расход свежего пара ($D_0^н$) **определяется** по графику Т-6.

В случае отклонения условий эксплуатации от номинальных значений на графиках Т-16 и Т-18 находятся поправки к мощности ($\Delta N_т$), которые **вычитаются** из значения $N_т$. По полученной таким образом фиктивной мощности ($N_т^ф$) и заданному значению $Q_т$ аналогично предыдущему определяется предварительное значение расхода тепла на турбоагрегат (Q_0).

Действительный расход свежего пара (D_0) при заданных $N_т$, $Q_т$ и параметрах в условиях эксплуатации определяется по графику Т-6 в зависимости от Q_0'.

Расход тепла на турбоагрегат в этом случае определяется по выражению

$$Q_0 = Q_0 + [D_0 \cdot \Delta i_0 + (D_0 - G_{пв})(t_{пв} - 159,3)]\,10^{-3}\ \text{Гкал/ч},$$

$$Q_э = Q_0 - Q_т,$$

где Δi_0 – отклонение энтальпии свежего пара в условиях эксплуатации от номинального значения

$$\Delta i_0 = (i_0 - 830,1)\ \text{ккал/кг},$$

$t_{пв}$ – энтальпия питательной воды, определяемая из графика Т-10а в зависимости от D_0, ккал/кг

$$N_т^ф = N_т - (\Sigma \pm \Delta N)$$

gost.e-ecolog.ru