

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА К-500-240-2 ХТГЗ
ТХ 34-70-012-85



СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1985

ТИПОВАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА К-500-240-2 ХТГЗ
ТХ 34-70-012-85

УДК 62Г.165-186.5(683.75)

Р А З Р А Б О Т А Н О Предприятием "Уралтехэнерго" Производственного объединения по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И инженеры Н.Н.КАЖКОВА, Н.М.СТУПНИКОВА, Н.Ф.КОПЫЛОВ

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем 02.07.85 г.

Заместитель начальника Д.Я.ШАМАРАКОВ

© СПО Союзтехэнерго, 1985.

Ответственный редактор н.н.Демурова
Литературный редактор М.Г.Полоновская
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректор Л.Ф.Петрухина

Подписано к печати 19.12.85

Печать офсетная

Усл.печ.л. 6,9 Уч.-изд.л. 5,0

Заказ № 443/85

Издат. № 166/85

Формат 60x84 1/8

Тираж 400 экз.

Цена 75 коп.

Производственная служба передового опыта и информации Союзтехэнерго
105023, Москва, Семеновский пер., д.15

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

Т а б л и ц а I	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОУГРЕГАТА СВОДКА НОРМ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ (ЦИРКУЛЯЦИОННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ - ПРЯМОТОЧНОЕ, ОБОРОТНОЕ)				Тип К-500-65/3000 ХТГЗ	
	Наименование	Типовой график	По расходу пара		По расходу теплоты	
Единица измерения			Значение	Единица измерения	Значение	
I. Характеристика при постоянном давлении (вакууме) в конденсаторе	Рис.2					
I.1. Часовой расход холостого хода	-	т/ч	272,41	Гкал/ч	140,60	
I.2. Дополнительный удельный расход (прирост)	-	т/(МВт·ч)	4,730	Гкал/(МВт·ч)	2,336	
I.3. Условия характеристики:						
а) давление свежего пара и пара по ступеням	Рис.6, 7а, 7б	МПа (кгс/см ²)	6,59 (65,9)	МПа (кгс/см ²)	6,59(65,9)	
б) степень сухости свежего пара	-		0,995	-	0,995	
в) температура пара после промпрегрева	-	°С	265,4	°С	265,4	
г) потеря давления в тракте промпрегрева	Рис.9,б	%	9	%	9	
д) давление отработавшего пара	-	кПа (кгс/см ²)	4,15(0,0415)	кПа (кгс/см ²)	4,15(0,0415)	
е) температура питательной воды и основного конденсата	Рис.8	°С	-	°С	-	
ж) расход питательной воды	-		$G_{п.в} = D_0 - 40 \text{ т/ч}$		$G_{п.в} = D_0 - 40 \text{ т/ч}$	
2. Характеристика при постоянных расходе и температуре охлаждающей воды (для конденсатора К-10120 ХТГЗ): $W = 4 \times 20720 = 82880 \text{ т/ч}$; $t_{\text{ном}} = 12^\circ\text{C}$ и параметрах п.1.3	Рис.3					
2.1. Часовой расход холостого хода	-	т/ч	176,15	Гкал/ч	93,06	
2.2. Дополнительный удельный расход (прирост)	-	т/(МВт·ч)	4,916	Гкал/(МВт·ч)	2,428	

Т а б л и ц а 2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА СВОДКА НОРМ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ					Тип К-500-240-2 ХТГЗ		
	Наименование	Типовой график	По расходу пара			По расходу теплоты		
			Единица измерения	До излома	После излома	Единица измерения	До излома	После излома
1. Характеристика при постоянном давлении (вакууме) в конденсаторе								
I.1. Дополнительный удельный расход (приrost)	Рис.3	кг/(кВт·ч)	2,9866 3,5971		Гкал/(МВт·ч)	1,7309 1,8823		
I.2. Излом характеристики		т/ч	1358,0		Гкал/ч	877,0		
		МВт	457,1		МВт	457,1		
I.3. Условия характеристики:								
а) давление свежего пара и по ступеням	Рис.5,6,7	МПа(кгс/см ²)	24 (240)		МПа (кгс/см ²)	24 (240)		
б) температура свежего пара		°С	540		°С	540		
в) температура пара после промперегрева		°С	540		°С	540		
г) потеря давления в тракте промперегрева	Рис.14	% $p'_{цсд}$	9,9		% $p'_{цсд}$	9,9		
д) давление отработавшего пара	Рис.8,9	кПа (кгс/см ²)	3,5 (0,035)		кПа(кгс/см ²)	3,5 (0,035)		
е) температура питательной воды и основного конденсата								
ж) расход питательной воды			$G_{п.в} = D_0$			$G_{п.в} = D_0$		
2. Характеристика при постоянном расходе и температуре охлаждающей воды (для конденсатора К-11520-2ХТГЗ $\dot{W} = 51480$ т/ч; $t_{ном}^в = 12^{\circ}\text{C}$) и параметрах п.1.3 (а,б, в,г,е,ж)								
2.1. Дополнительный удельный расход (приrost)	Рис.2	кг/(кВт·ч)	3,0493 3,6962		Гкал/(МВт·ч)	1,7695 1,9333		
2.2. Излом характеристики		т/ч	1358,0		Гкал/ч	877,0		
		МВт	457,5		МВт	457,5		
3. Поправки к удельному расходу теплоты на отклонение параметров от номинальных значений, %:								
на ± 1 МПа (10 кгс/см ²) свежего пара			Рис.28,а					
на $\pm 10^{\circ}\text{C}$ свежего пара			Рис.28,б					
на $\pm 10^{\circ}\text{C}$ температуры пара промперегрева			Рис.28,в					
на изменение потери давления в тракте промперегрева			Рис.28,г					
на изменение давления в конденсаторе			Рис.28,м					

Таблица 3	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕТТО ТУРБОАГРЕГАТА					Тип К-500-240-2 ХТГЗ
УСЛОВИЯ ХАРАКТЕРИСТИК: 1. Параметры и тепловая схема - рис. I 2. Давление циркуляционных насосов - 120 кПа (12 м вод.ст.)						
Мощность на выводах генератора, МВт Внутренняя мощность турбопривода питательного насоса, МВт Мощность, затрачиваемая на собственные нужды турбоагрегата, МВт в том числе на циркуляционные насосы Расход теплоты турбоагрегатом брутто, Гкал/ч Мощность нетто турбоагрегата, МВт Расход теплоты на собственные нужды, Гкал/ч Расход теплоты на выработку электроэнергии, включая расход теплоты на собственные нужды, Гкал/ч Уравнение расхода теплоты по мощности нетто	340 12,60 7,636	380 13,80 7,756	415 14,80 7,861	457,5 16,10 7,989	470 16,90 8,026	500 18,10 8,116
	← 2,116 →					
	674,62 332,36	743,85 372,24	804,43 407,14	877,99 449,51	901,53 461,97	957,99 491,88
← 0,96 →						
651,48	718,74	777,68	849,10	871,19	925,67	
$Q_T^H = 90,79 + 1,6870 N_T^H + 0,1210 (N_T^H - 449,51)$						
Поправки (%) к полному и удельному расходам теплоты нетто на изменение давления циркуляционных насосов						
Давление насосов, кПа (м вод.ст.)	Мощность нетто, МВт					
	500	460	420	380	340	
100 (10)	-0,066	-0,071	-0,075	-0,081	-0,090	
120 (12)	0	0	0	0	0	
140 (14)	+0,066	+0,071	+0,075	+0,081	+0,090	
160 (16)	+0,132	+0,142	+0,150	+0,162	+0,180	
180 (18)	+0,198	+0,213	+0,225	+0,243	+0,270	
200 (20)	+0,264	+0,284	+0,300	+0,324	+0,360	

Т а б л и ц а 4		ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА										Тип К-500-240-2 ХТЗ	
Основные заводские данные турбоагрегата													
$N_T^{ном}$ МВт	$N_T^{макс}$ МВт	$D_0^{ном}$ т/ч	$D_0^{макс}$ т/ч	$D_{пп}$ т/ч	p_0 кгс/см ²	t_0 °C	$\Delta p_{пп}/p'_{цсд}$ %	$t'_{цсд}$ °C	$t_{,ном}^{\delta}$ °C	$t_{,макс}^{\beta}$ °C	W т/ч	Поверхность двух конденсаторов, м ²	
500	535	1525	1650	1364	24 (240)	540	11,5	540	12	33	51480	23040	
Сравнение результатов испытаний с гарантийными данными (при номинальных $p_0, t_0, t'_{цсд}, t_i^{\beta}, W, F$)													
Показатель				Нагрузка, МВт									
				500	400	300							
Расход свежего пара	D_0	т/ч		по гарантии	1525	1180	870						
				по испытаниям	1515,1	1182,7	877,7						
Температура питательной воды	$t_{пв}$	°C		по гарантии	268,5	249,5	228,0						
				по испытаниям	268,2	253,5	235,5						
Потеря давления в тракте промперегрева	$\Delta p_{пп}/p'_{цсд}$	%		по гарантии	11,5	11,5	11,5						
				по испытаниям	9,9	9,9	9,9						
Внутренний относительный КПД турбопривода пита- тельного насоса	η	%		по гарантии	85,5	84,8	84,8						
				по испытаниям	74,9	75,0	73,5						
Удельный расход теплоты	q_T	ккал/(кВт·ч)		по гарантии	1841	1868	1928						
				по испытаниям	1851,5	1871,2	1938,9						
Удельный расход теплоты, приведенный к гарантий- ным условиям	q	ккал/(кВт·ч)			1847,1	1869,9	1918,4						
Отклонение удельного расхода теплоты от гаран- тийного	Δq	ккал/(кВт·ч)			+0,33	+0,10	-0,50						

Рис. I

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕПЛОВАЯ СХЕМА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

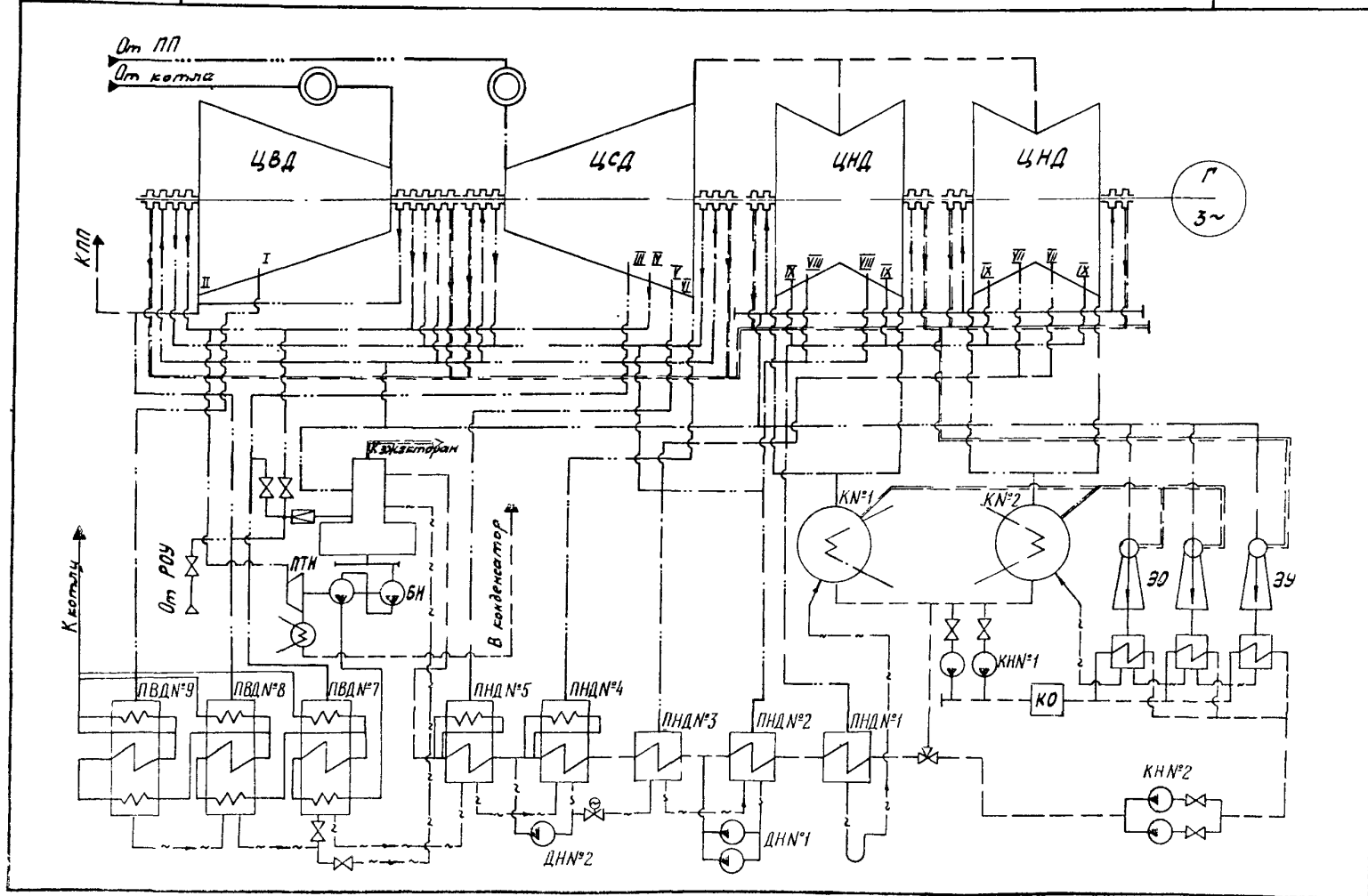


Рис.2 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
РАСХОД ПАРА И ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТЗ

Условия характеристики

p_0 МПа (кгс/см ²)	t_0 °C	$t'_{цсд}$ °C	$\Delta p_{пл}$		t_1^{β} °C	W т/ч	p_2 кПа (кгс/см ²)	$\Delta \bar{t}_{птн}$ ккал/кг	$\Delta N_{пот}$ МВт	$G_{п.б} = D_0$ $G_{в.п.д} = 0$	$t_{пв}$	$t_{ок}$	$N_{i, ном}$ МВт	Генератор		Теп- ловая схема
			°C								Тип	cos φ				
240	540	540	Рис.14	9,9	12	51480	Рис.24,а	Рис.12	Рис.23		Рис.8	Рис.9	Рис.11	ТВ-500	0,85	Рис.1

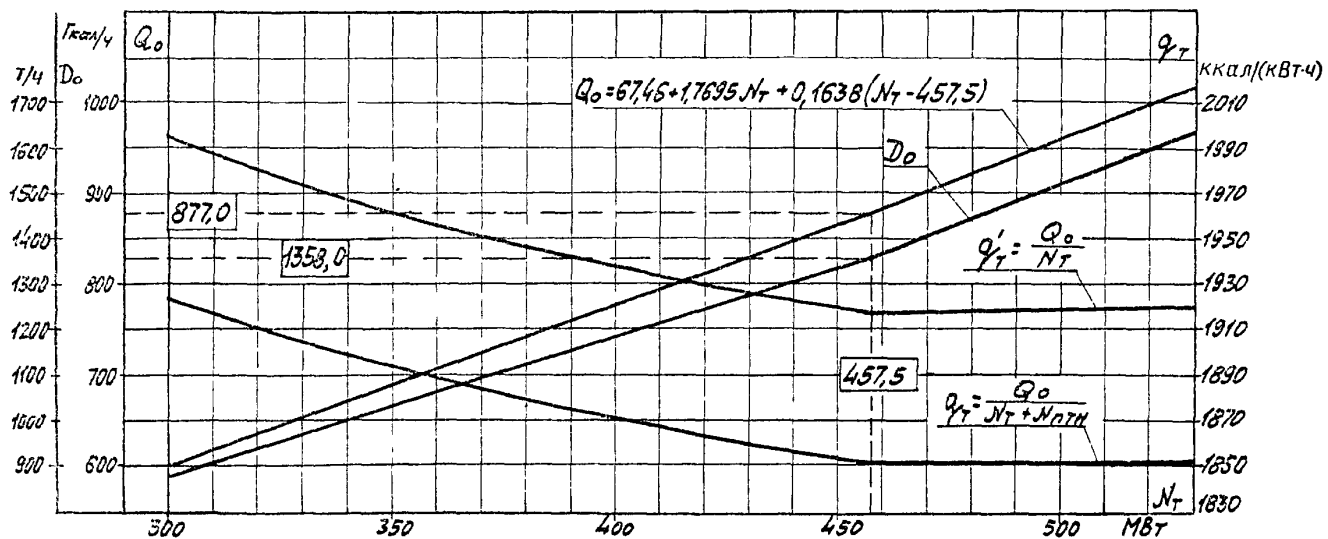


Рис.3	ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБСАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА И ТЕПЛОТЫ	Тип К-500-240-2 ЛТЗ
-------	---	---------------------------

Условия характеристики

p_0 МПа (кгс/см ²)	t_0 °C	$t'_{цсд}$ °C	$\Delta p_{пп}$		p_2 кПа (кгс/см ²)	$\Delta t_{пн}$ ккал/кг	$\Delta N_{пот}$ МВт	$\sigma_{пв} = D_0$	$\sigma_{впр} = 0$	$t_{пв}$ °C	$t_{ок}$ °C	$N_{i птн}^{НОМ}$ МВт	Генератор		Тепловая схема
			МПа (кгс/см ²)	%									Тип	$\cos \varphi$	
210	540	510	Рис.14	9,9	0,035	Рис.13	Рис.23			Рис.8	Рис.9	Рис.11	ТГВ-500	0,85	Рис.1

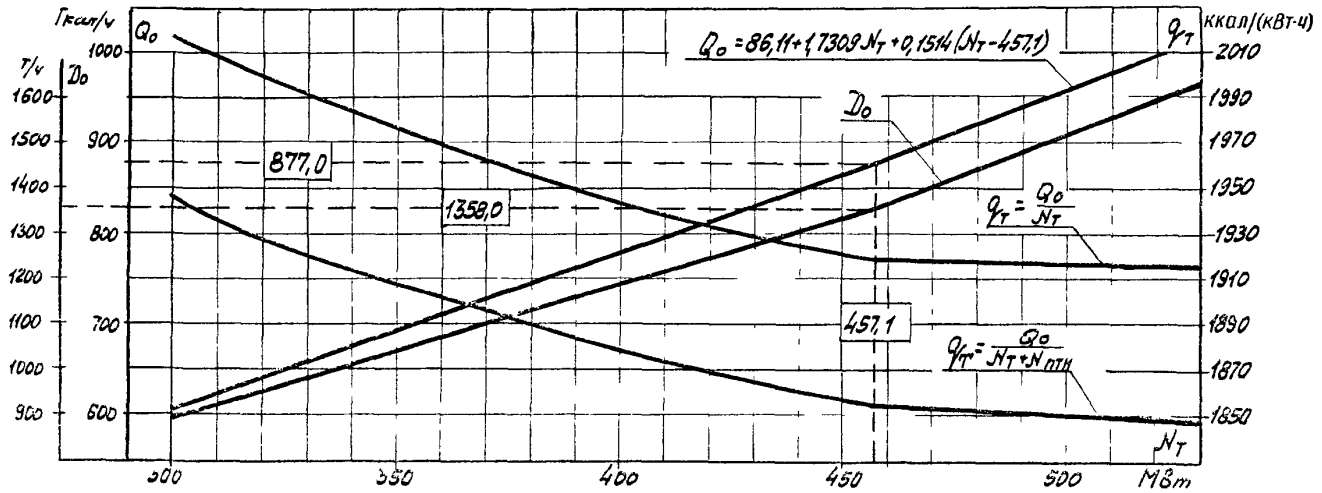


Рис. 4	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДИАГРАММА ПАРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВД	Тип К-500-240-2 ХТГЗ	Рис. 5	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЯ В ОТБОРАХ, ЗА ЦВД, ПЕРЕД СТОПОРНЫМИ КЛАПАНАМИ ЦВД	Тип К-500-240-2 ХТГЗ
--------	---	----------------------------	--------	---	----------------------------

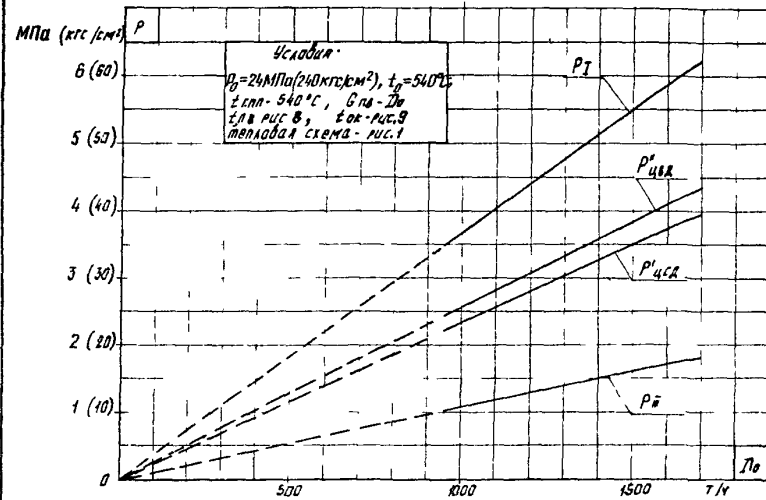
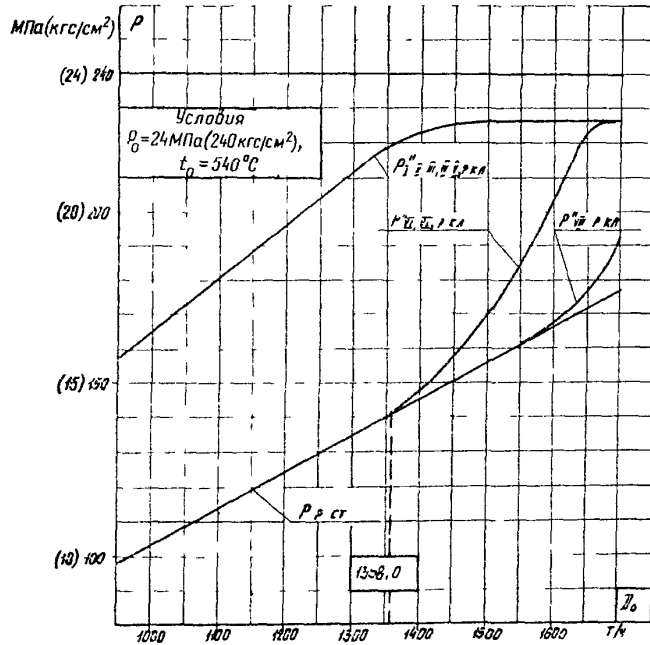


Рис. 6

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ДАВЛЕНИЕ В ОТВОРАХ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

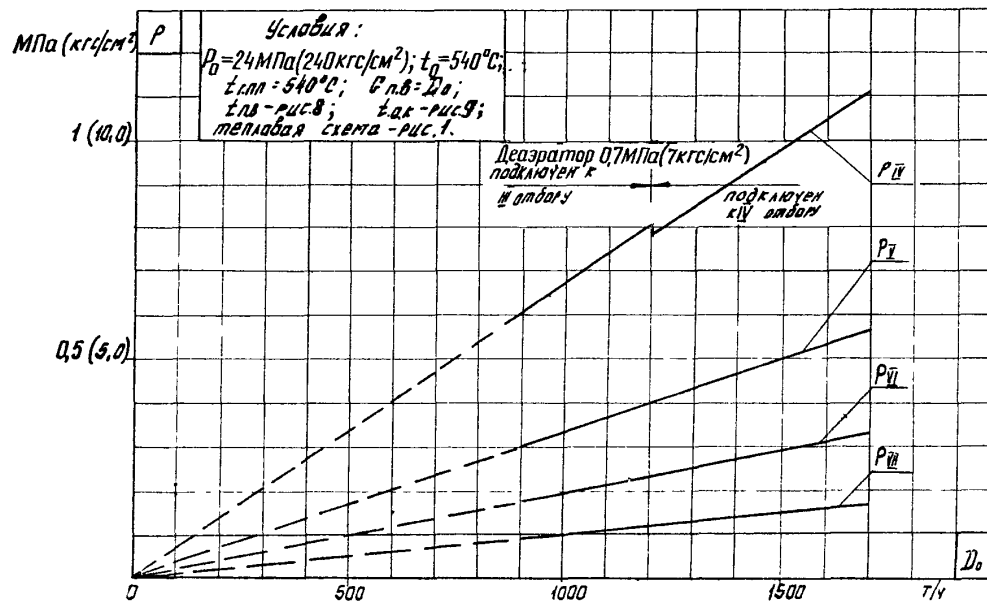
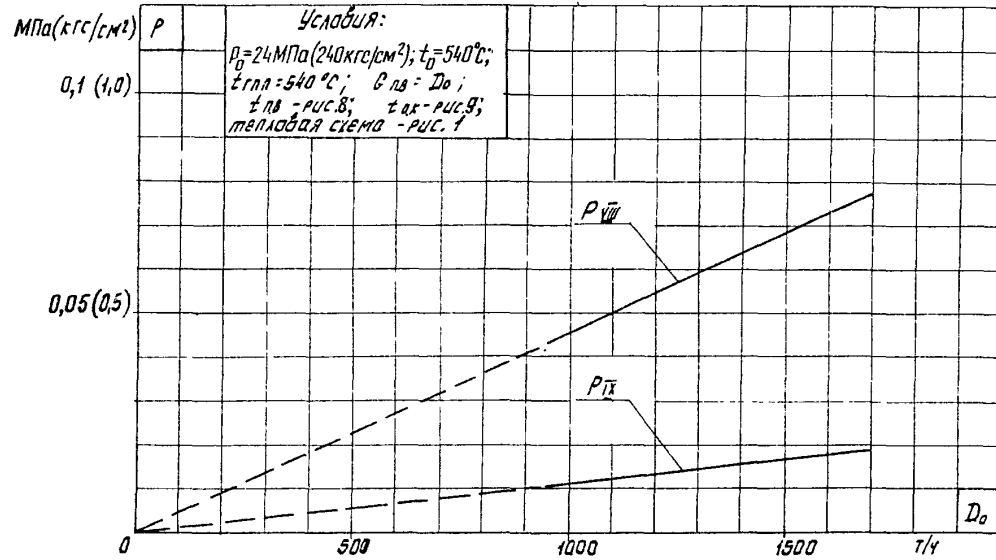
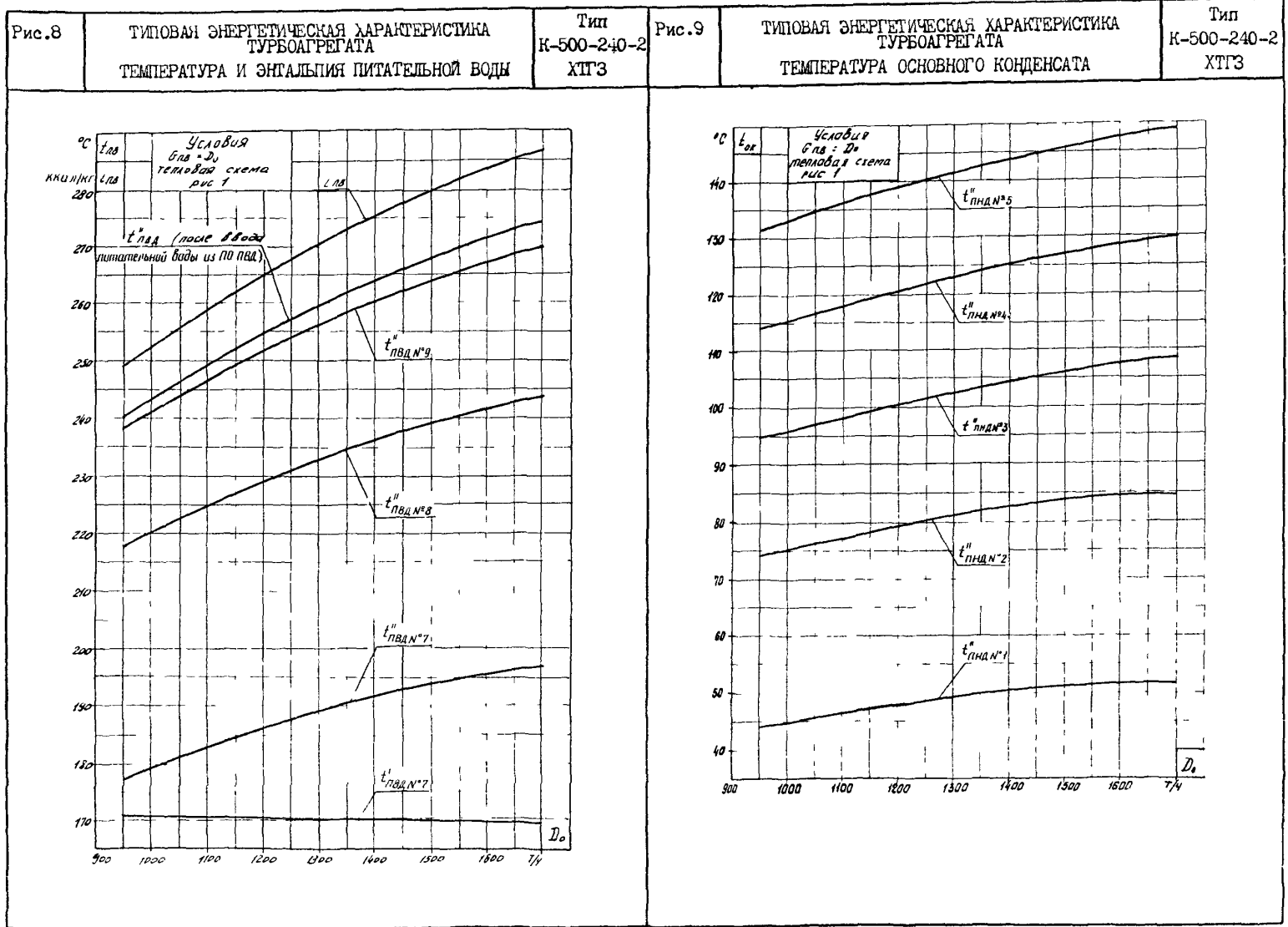


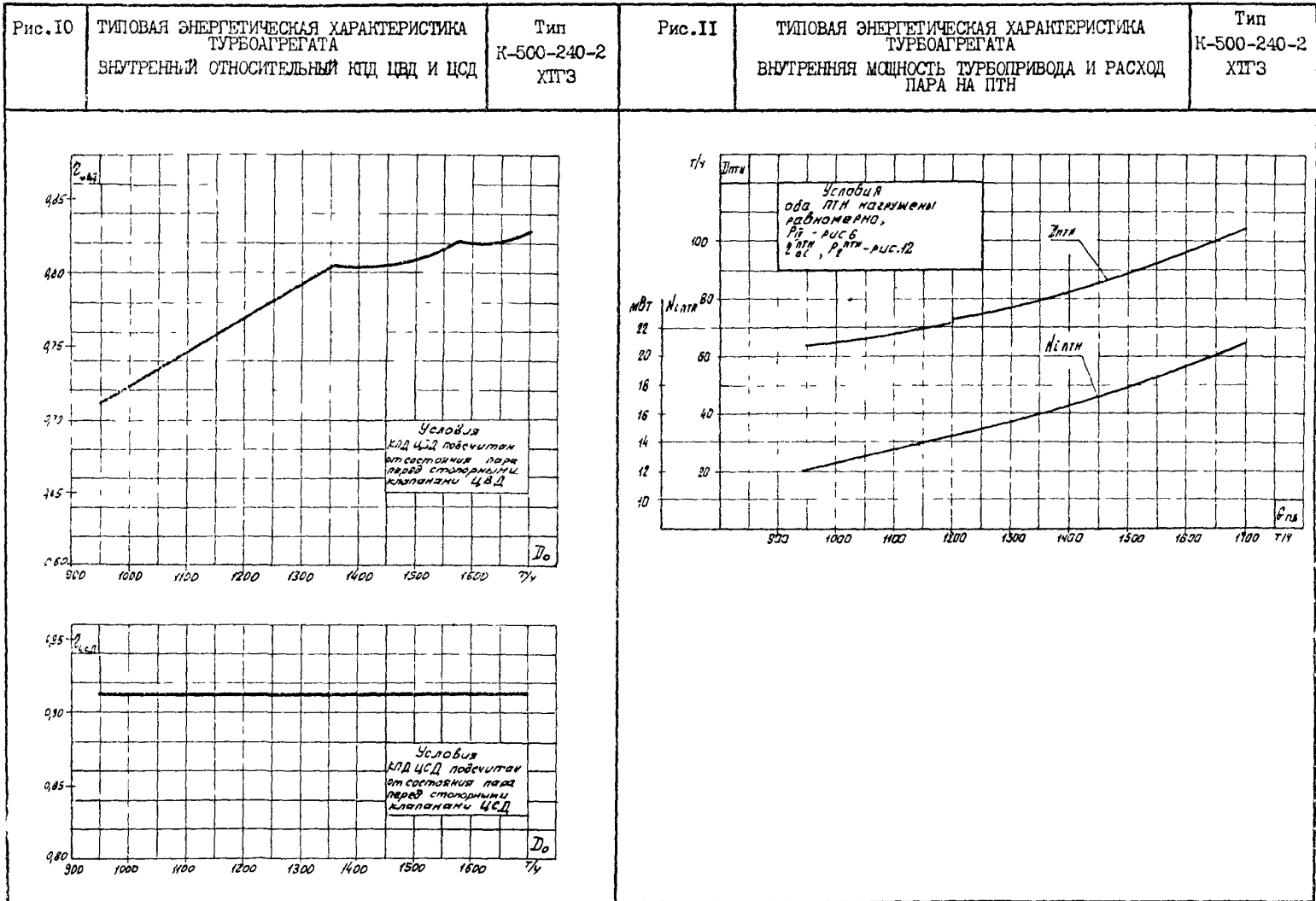
Рис. 7

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ДАВЛЕНИЕ В ОТБОРАХ

Тип
К-500-240-2
ХТЗ







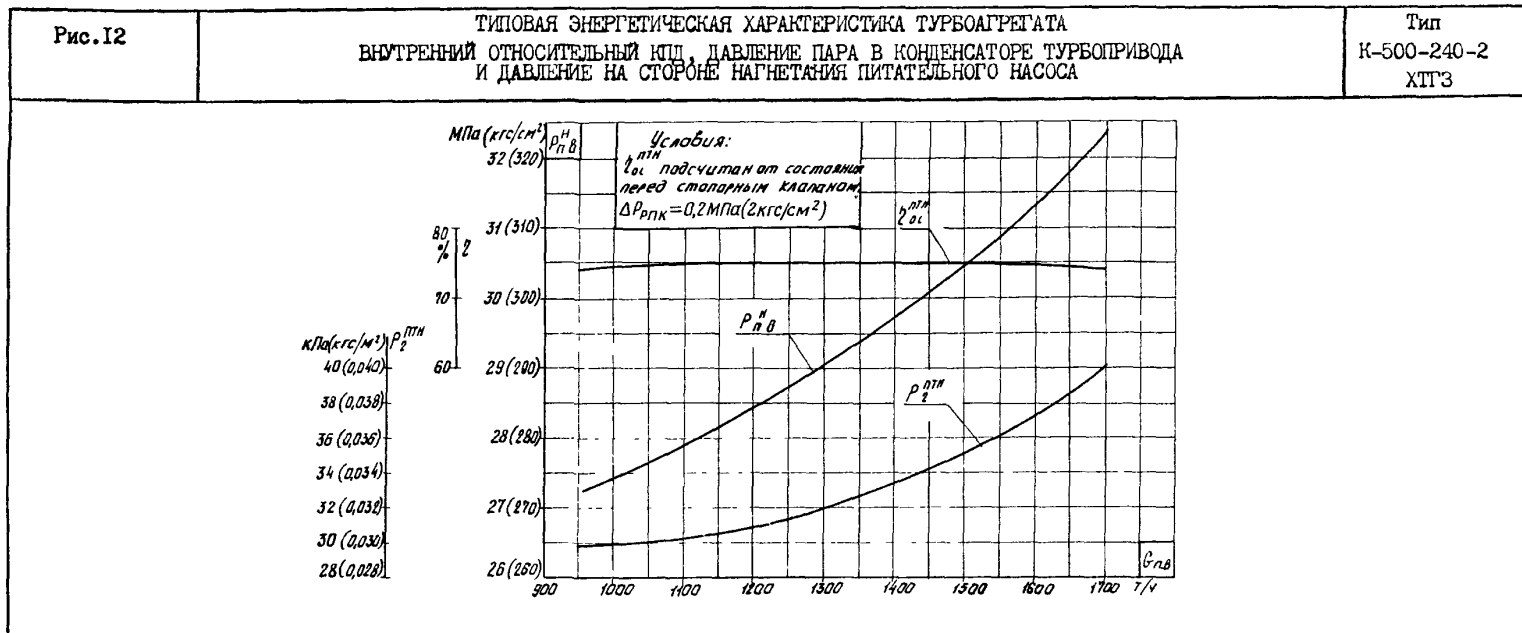


Рис. I4
 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ТУРБОАГРЕГАТА
 ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ТРАКТЕ ПРОМТЕРЕГРЕВА
 Тип
 К-500-240-2
 ХТГЗ

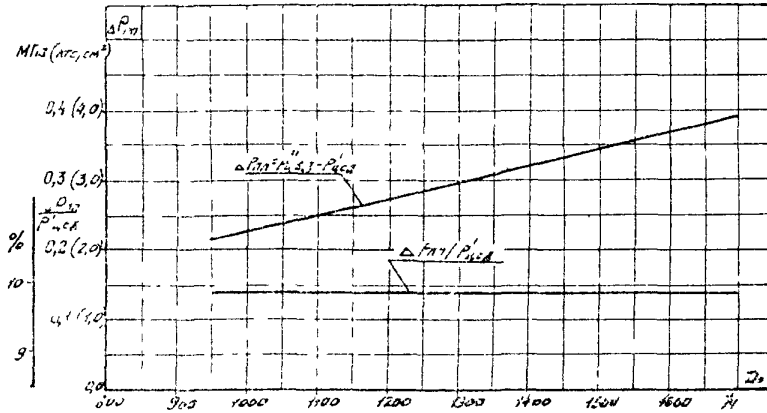


Рис. I5
 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ТУРБОАГРЕГАТА
 ЭНТАЛЬПИИ СВЕЖЕГО ПАРА, ПАРА ПЕРЕД СТОПОРНЫМИ
 КЛАПАНАМИ ЦСД И ЗА ЦВД
 Тип
 К-500-240-2
 ХТГЗ

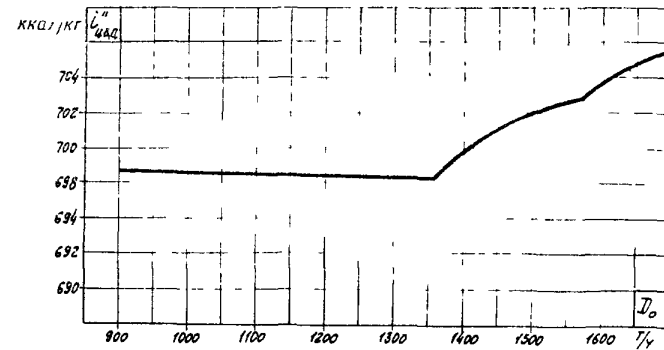
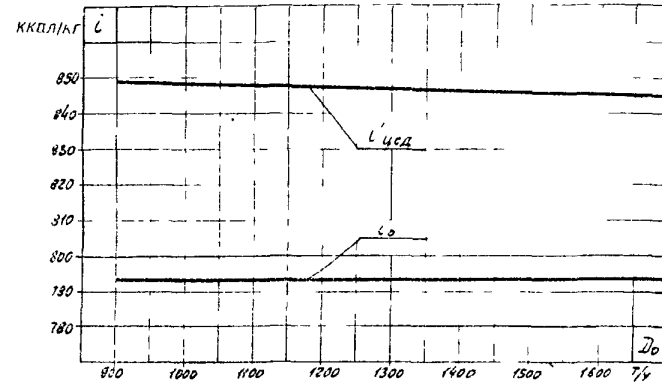


Рис. 16
 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ТУРБОАГРЕГАТА
 РАСХОД ПАРА НА ПРОМПЕРЕГРЕВ, В КОНДЕНСАТОР

Тип
 К-500-240-2
 ХТГЗ

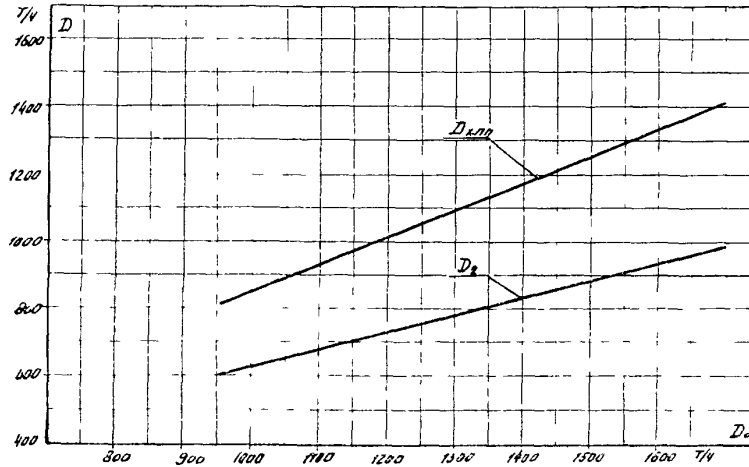
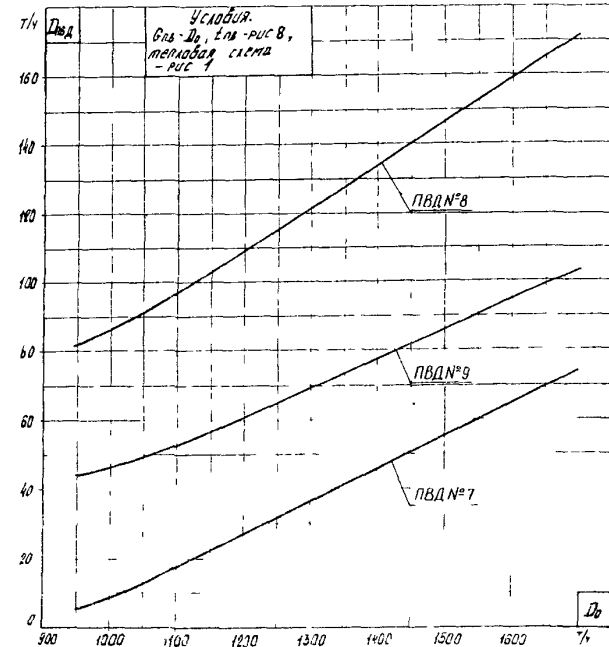
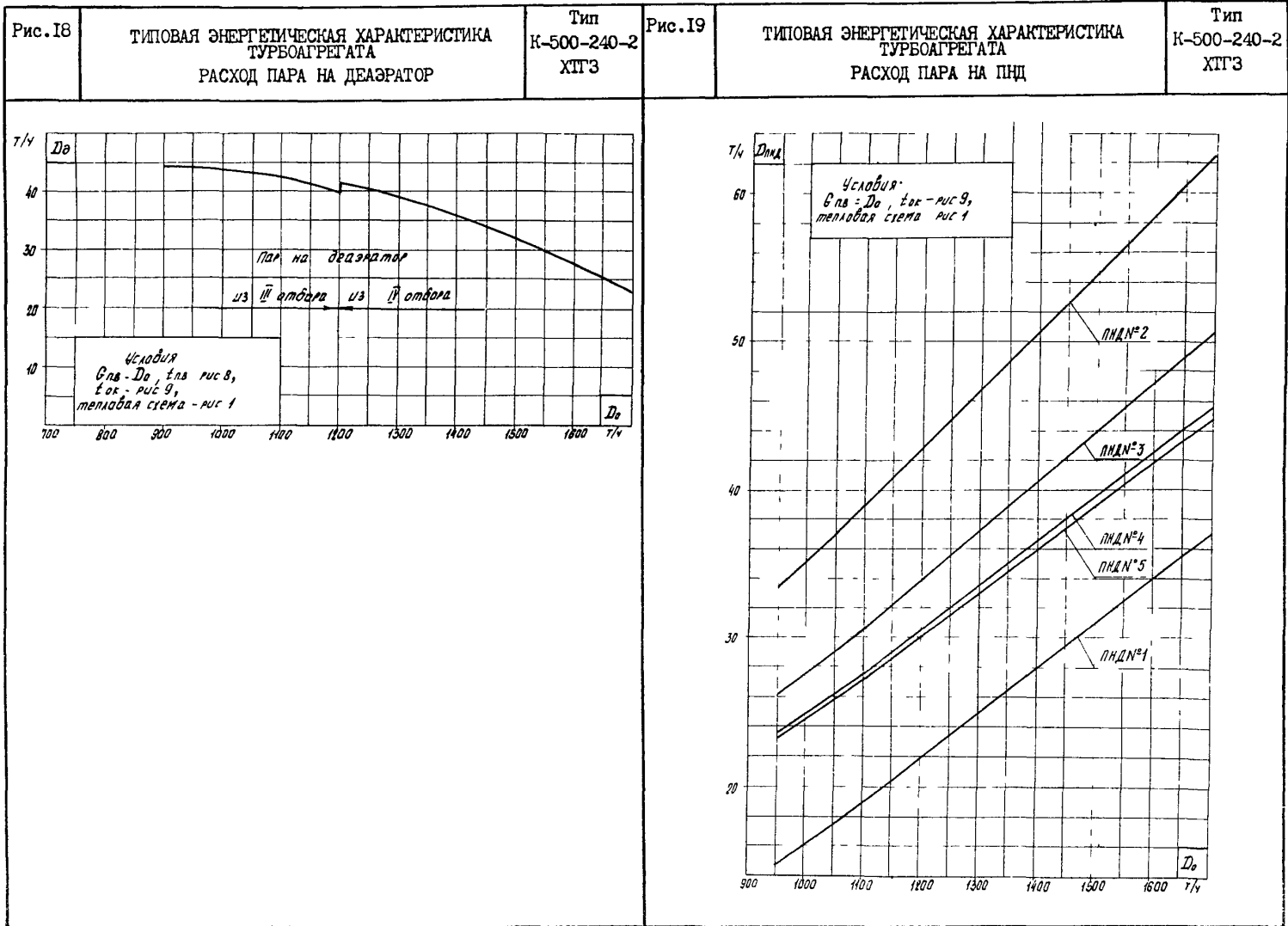
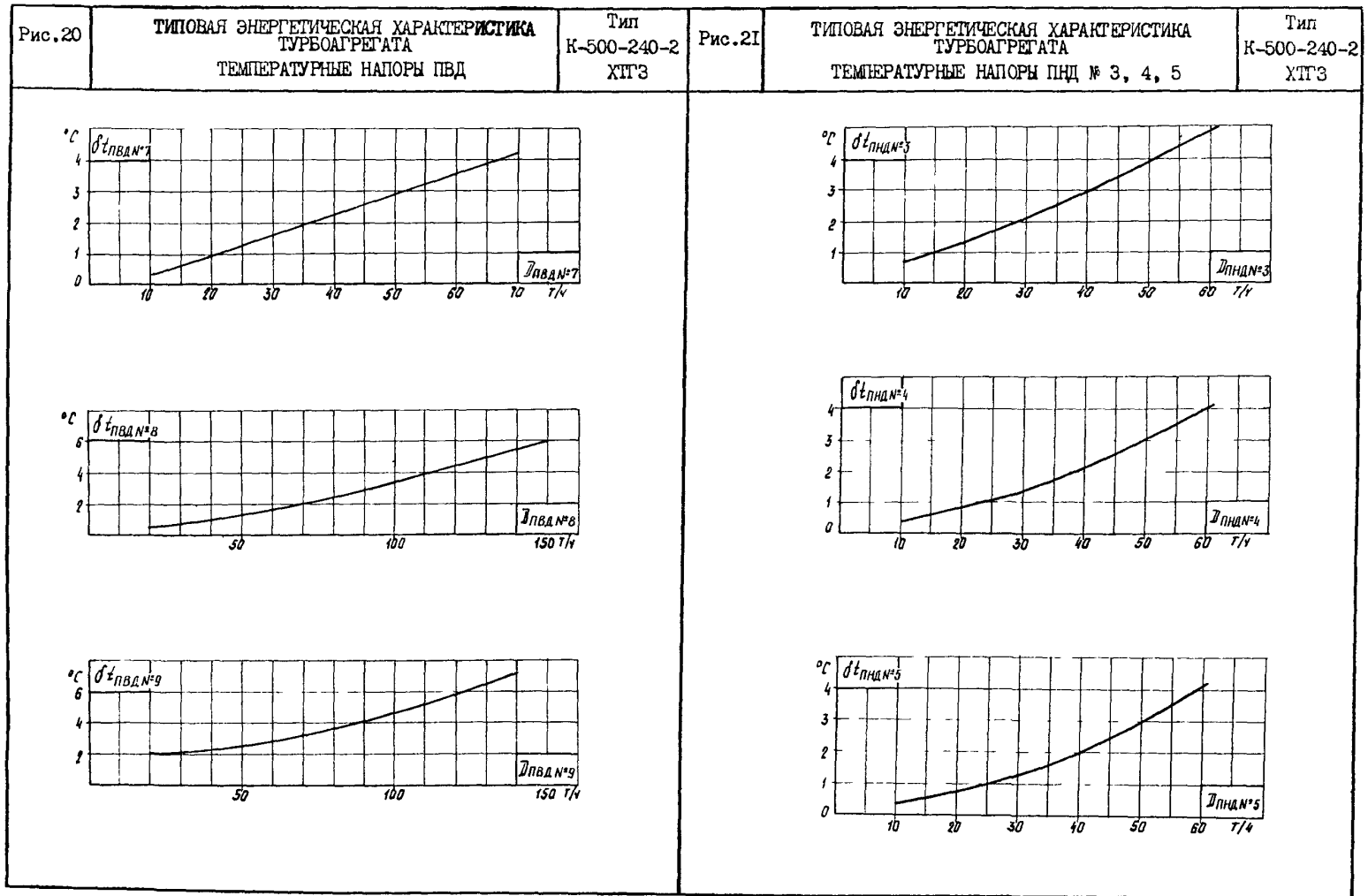


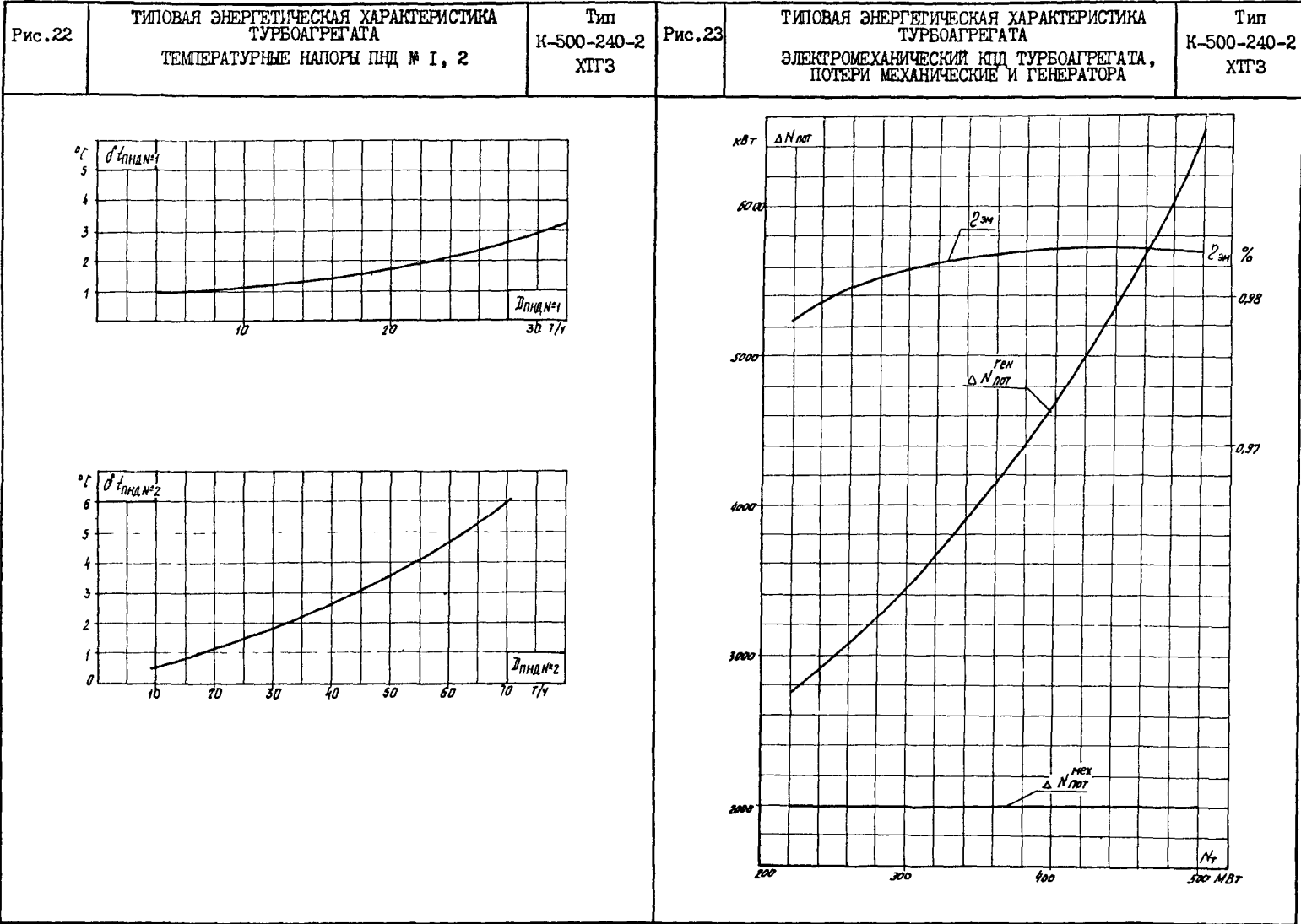
Рис. 17
 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ТУРБОАГРЕГАТА
 РАСХОД ПАРА НА ПВД

Тип
 К-500-240-2
 ХТГЗ









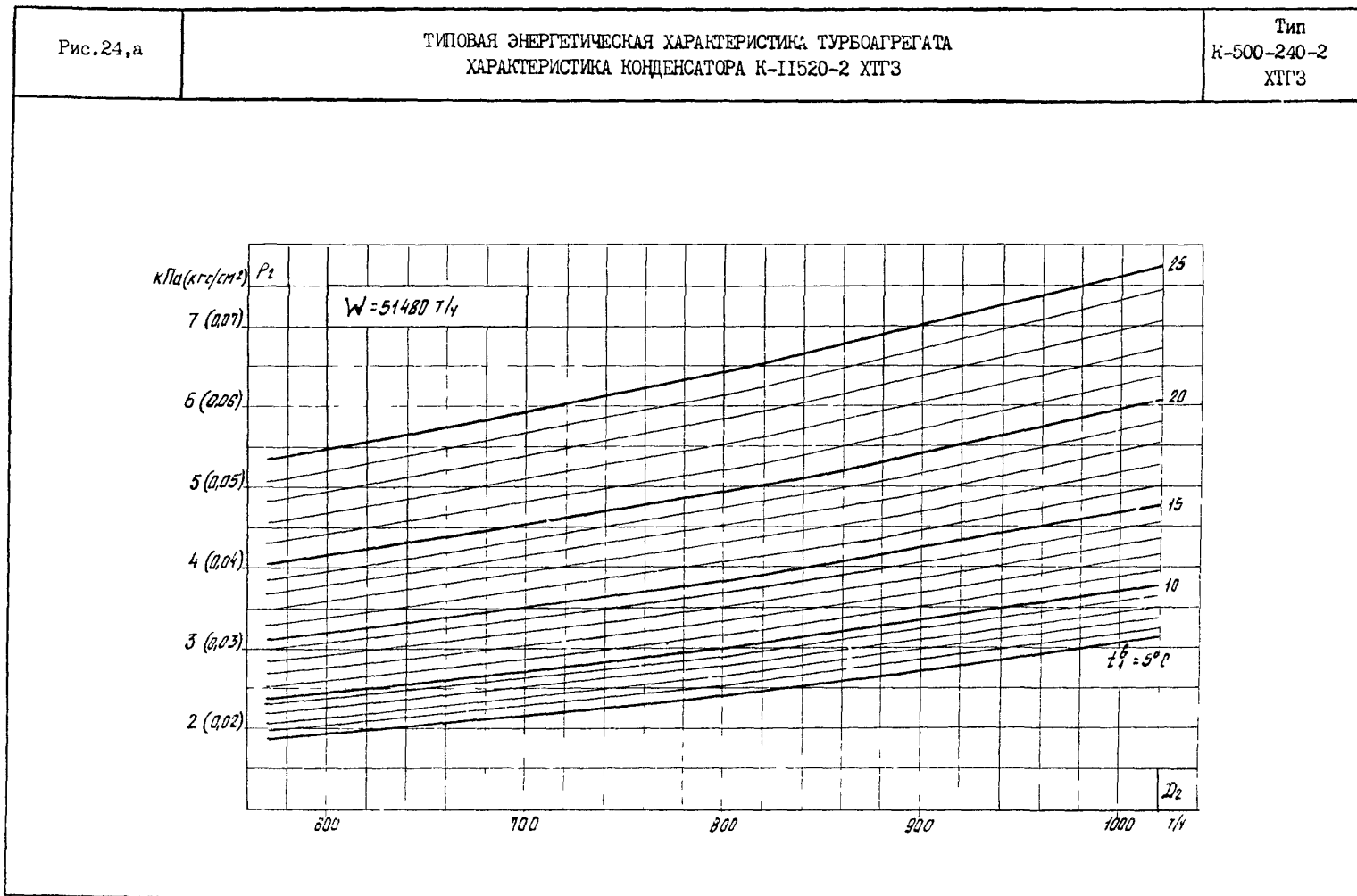


Рис.24,б

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ХАРАКТЕРИСТИКА КОНДЕНСАТОРА К-11520-2 ХТЗ

Тип
К-500-240-2
ХТЗ

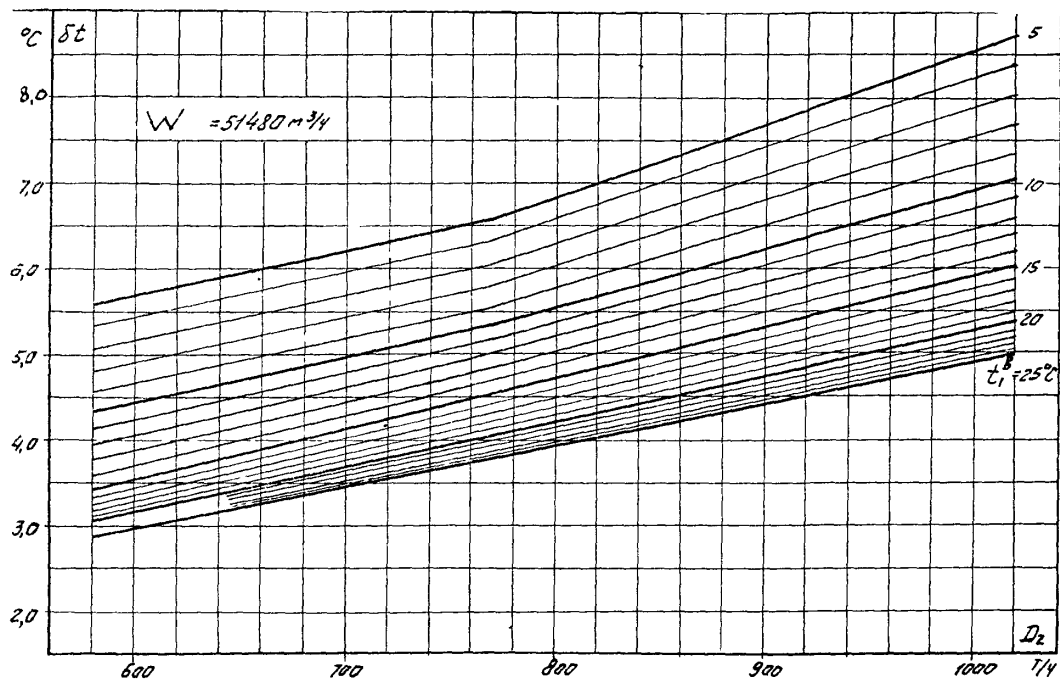
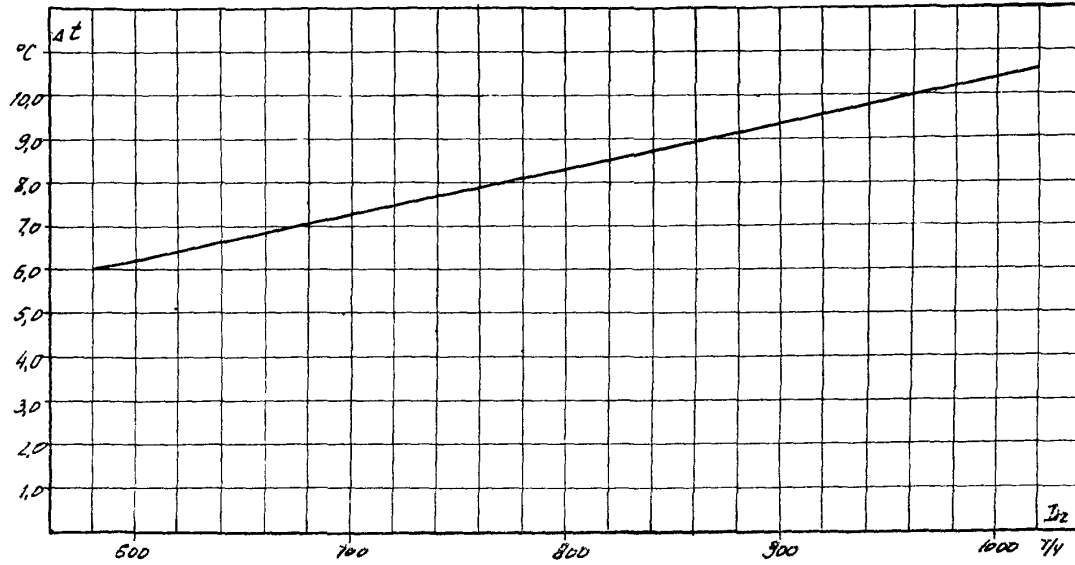
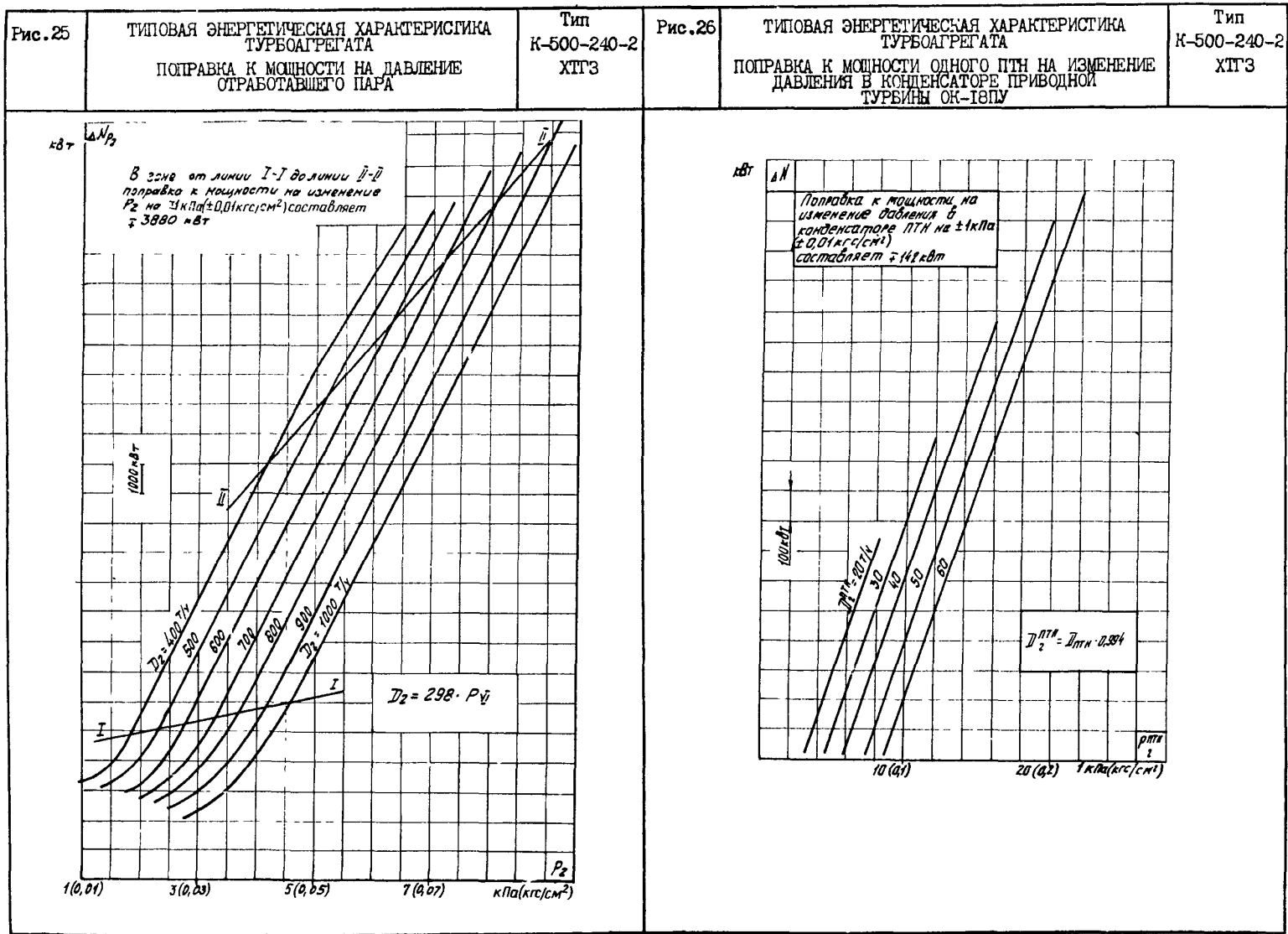


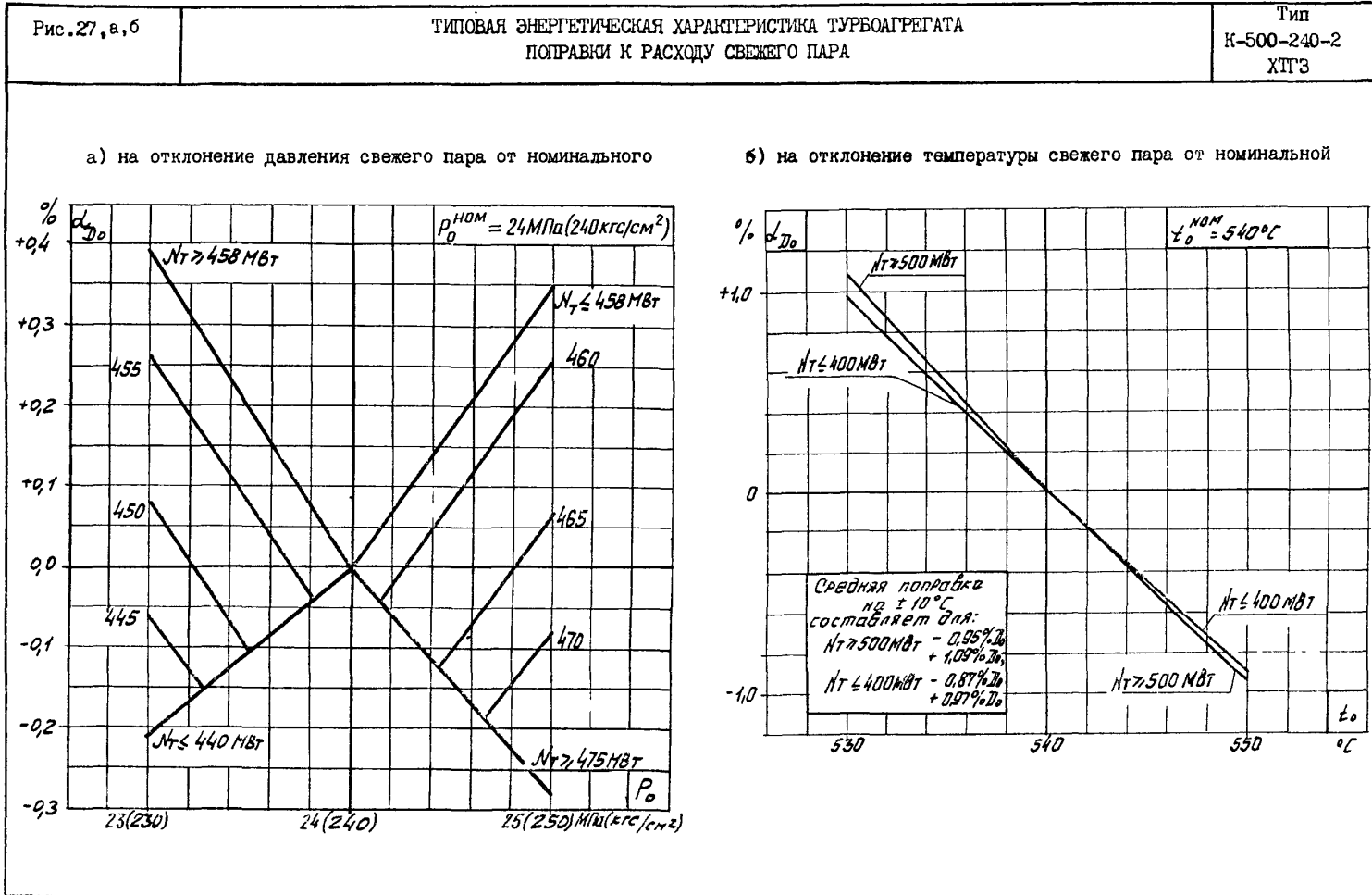
Рис. 24, в

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОУПРЕДАТКА
ХАРАКТЕРИСТИКА КОНДЕНСАТОРА К-11520-2 ХТГЗ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ



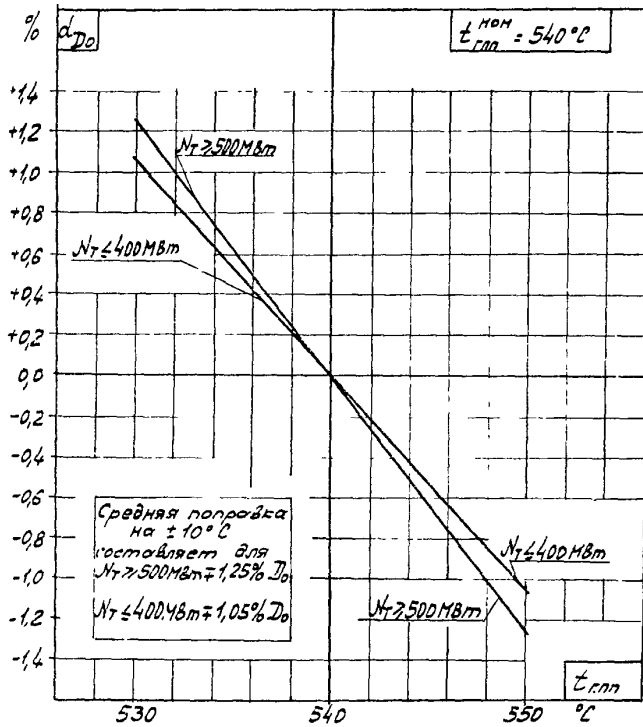




ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Рис. 27, в, г
Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

в) на отклонение температуры пара промперегрева от номинальной



г) на изменение потери давления в тракте промперегрева

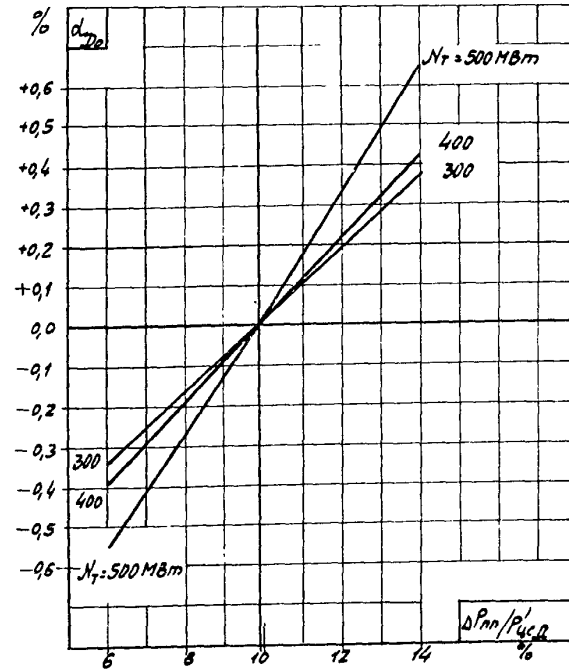
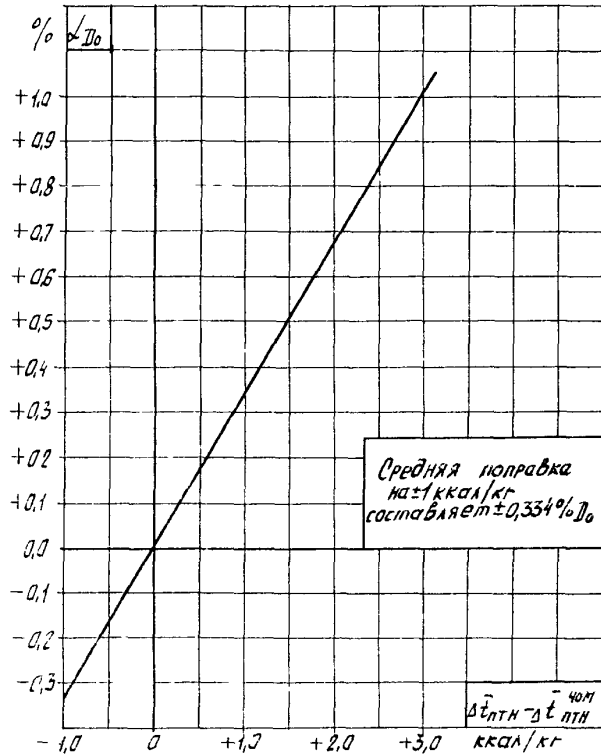


Рис. 27, д, е

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

д) на изменение нагрева воды в питательном турбонасосе



е) на отклонение нагрева питательной воды в ПВД

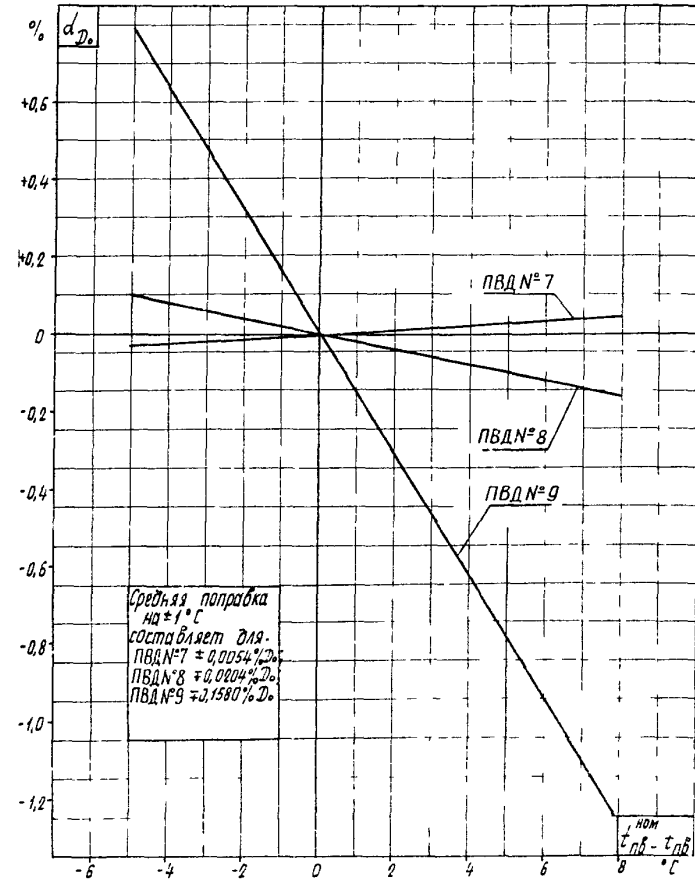


Рис. 27, ж, з

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

ж) на отклонение нагрева основного конденсата в ПНД

з) на отключение группы ПВД

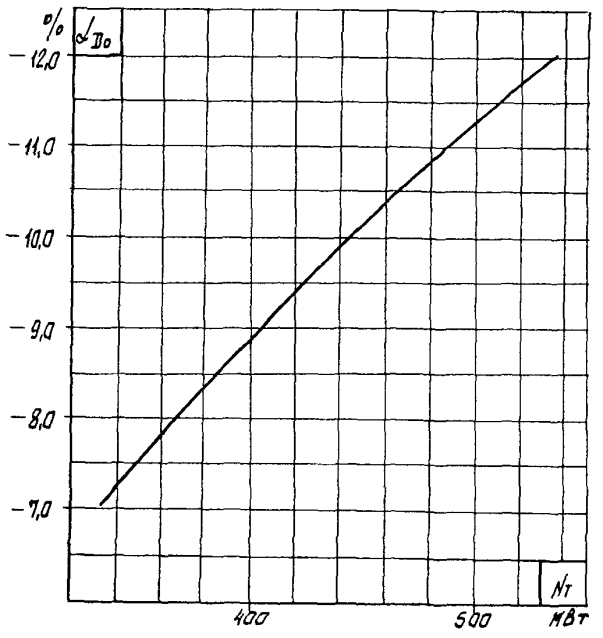
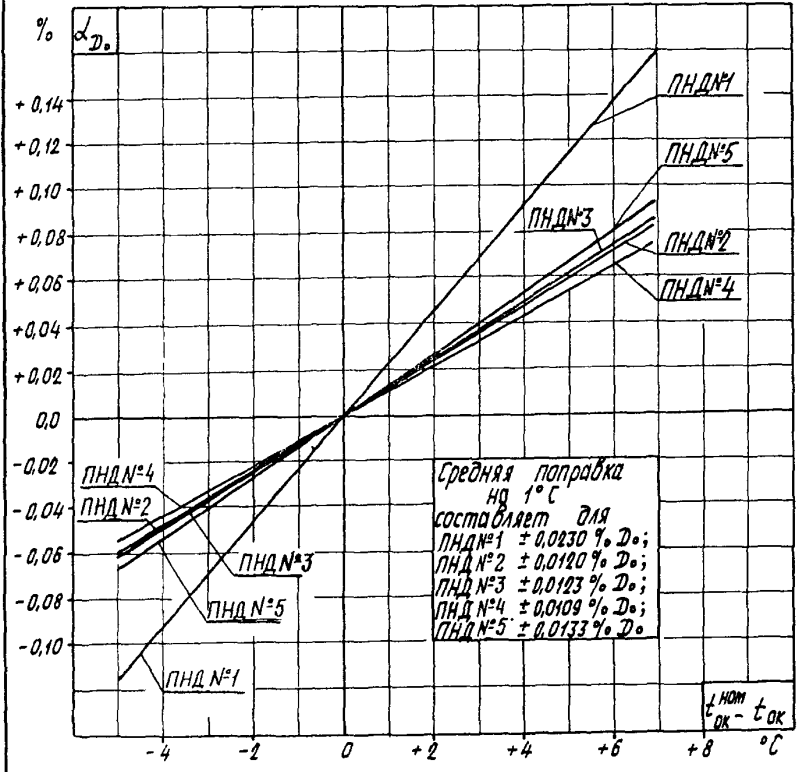
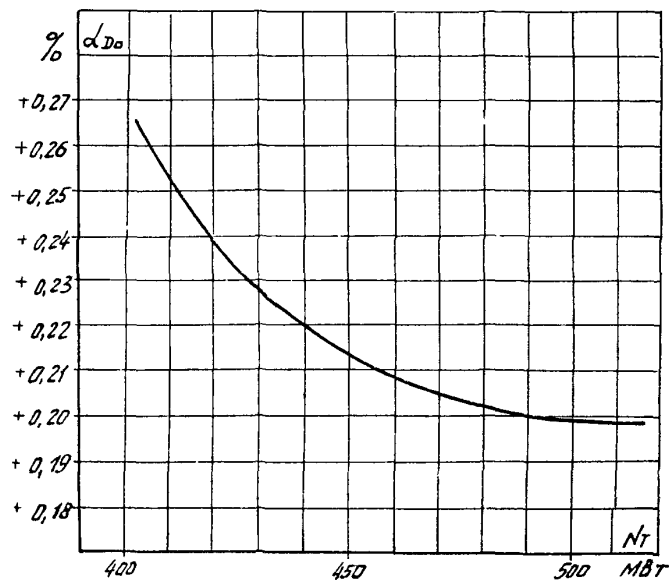


Рис.27, и, к

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

и) на перевод питания деаэратора с IУ на III отбор



к) на увеличение расхода пара IУ отбора на ПТН

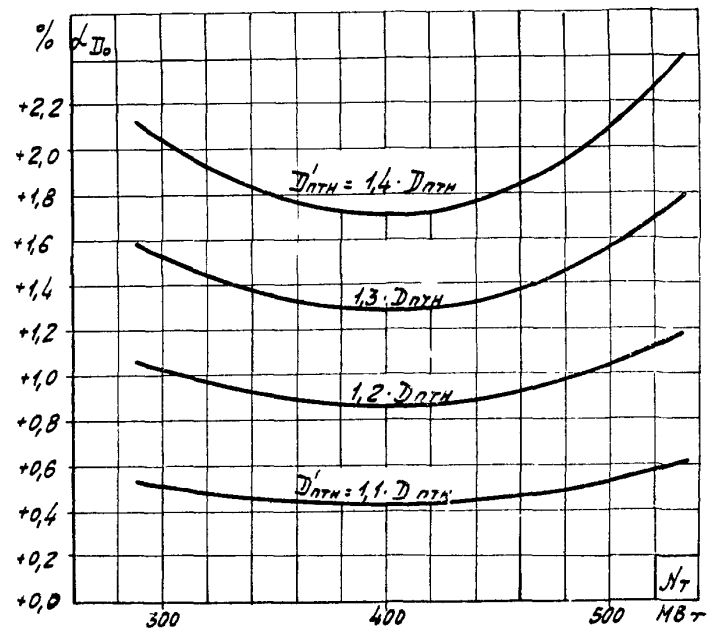
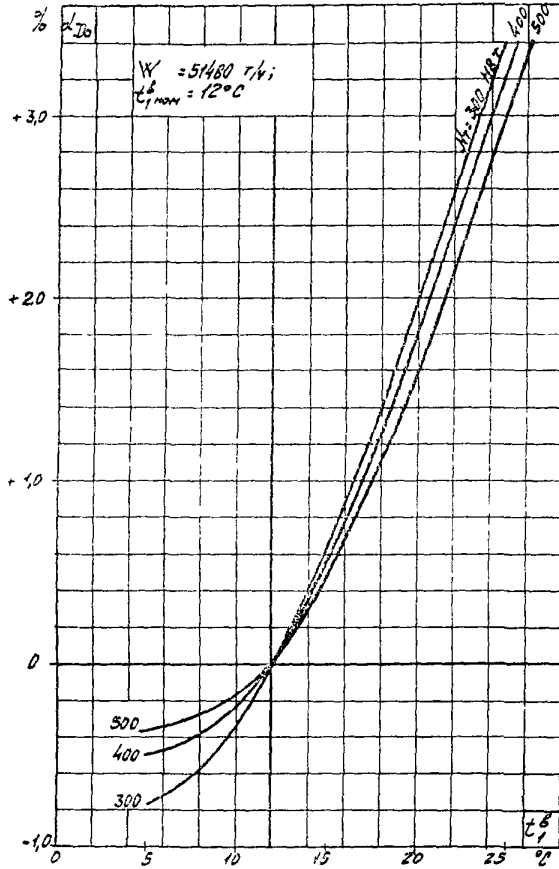


Рис. 27, л, м

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

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



м) на отклонение давления отработавшего пара в конденса-
торе турбины от номинального

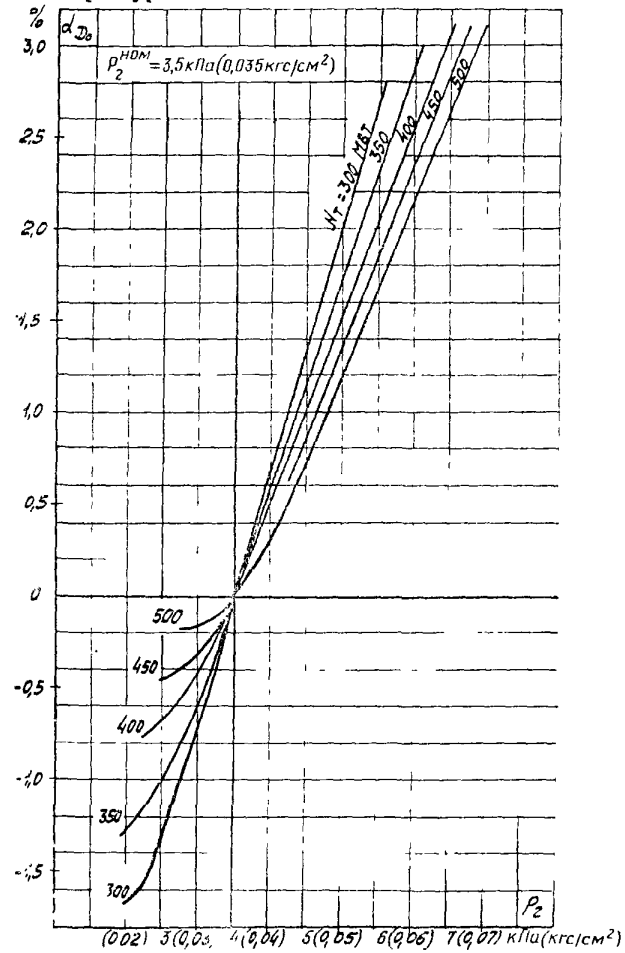
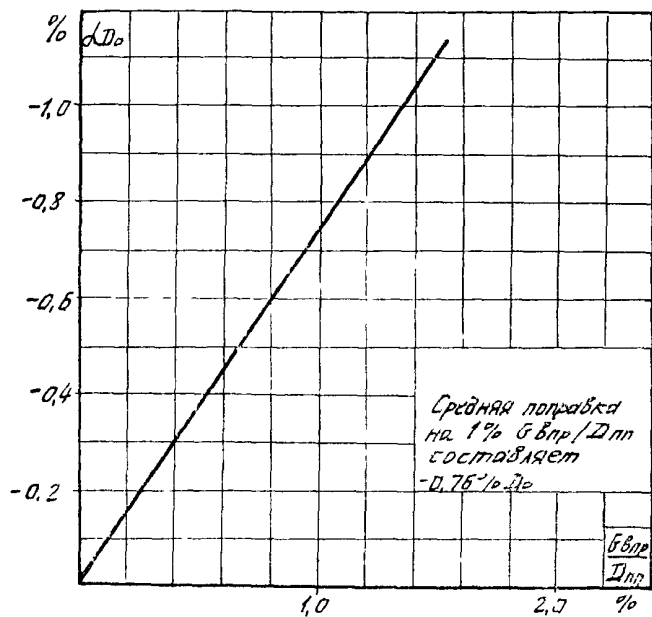
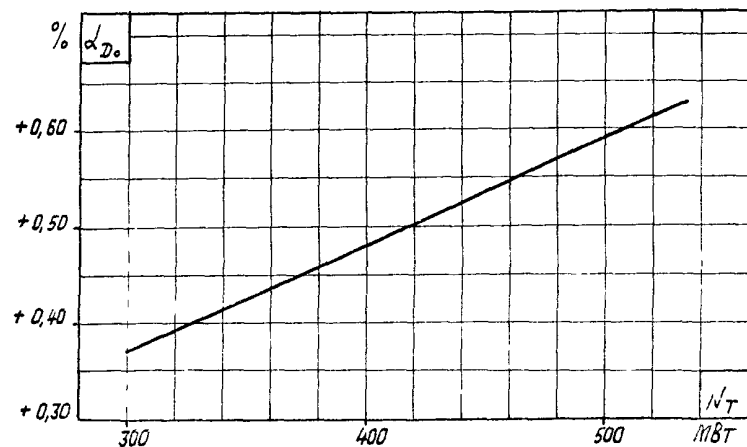


Рис. 27, н, о, п	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА	Тип К-500-240-2 ХТГЗ
------------------	--	----------------------------

н) на изменение относительного расхода на впрыск в промежуточный пароперегреватель котла



о) на отключение ПНД №4 и ПНД №5



п) на отключение дренажного насоса ДН №2

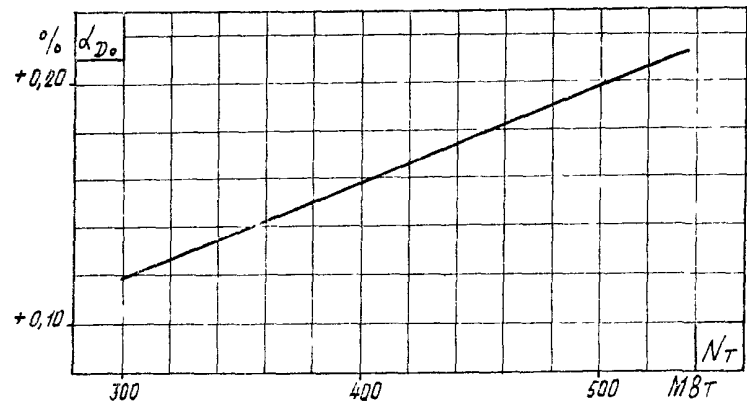
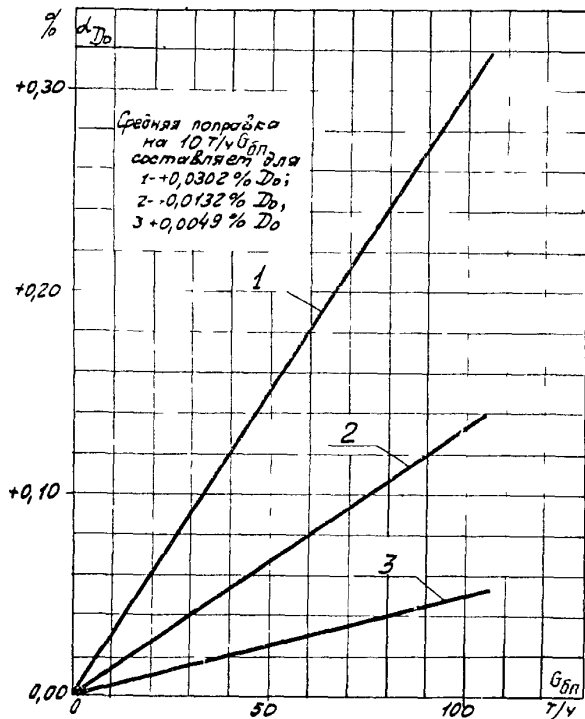


Рис.27,р,с

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

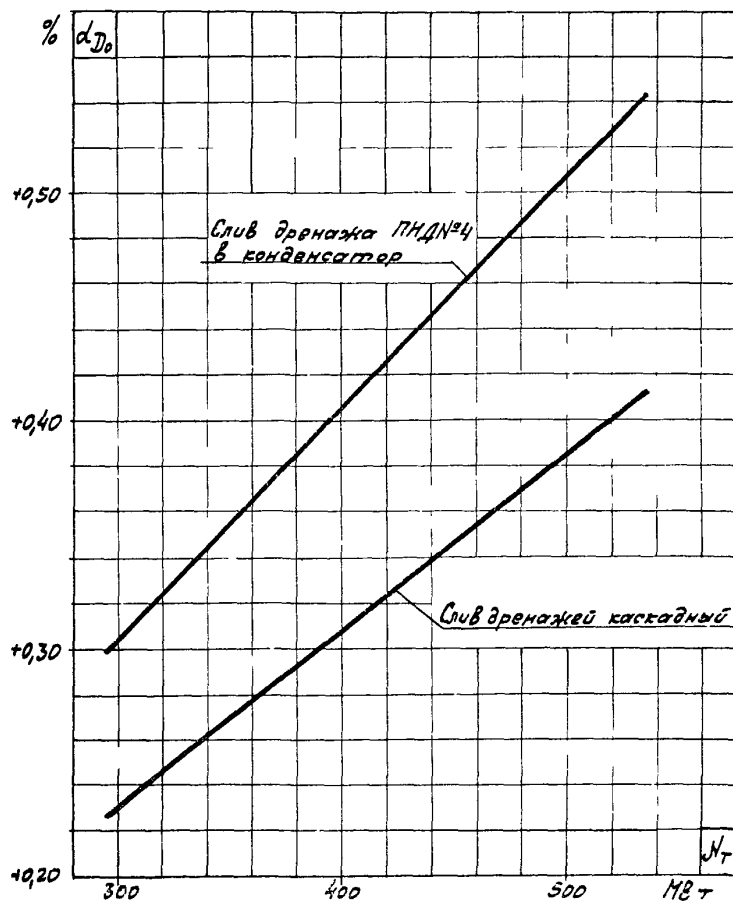
Тип
К-500-240-2
ЛТЗ

р) на байпасирование основным конденсатом ПНЦ



- 1 - байпасирование всех ПНЦ;
- 2 - байпасирование ПНЦ№1, ПНЦ№2 и ПНЦ№3;
- 3 - байпасирование ПНЦ№4, ПНЦ№5

с) на отключение дренажных насосов ДН№1, ДН№2



Слив дренажа ПНЦ№4 в конденсатор

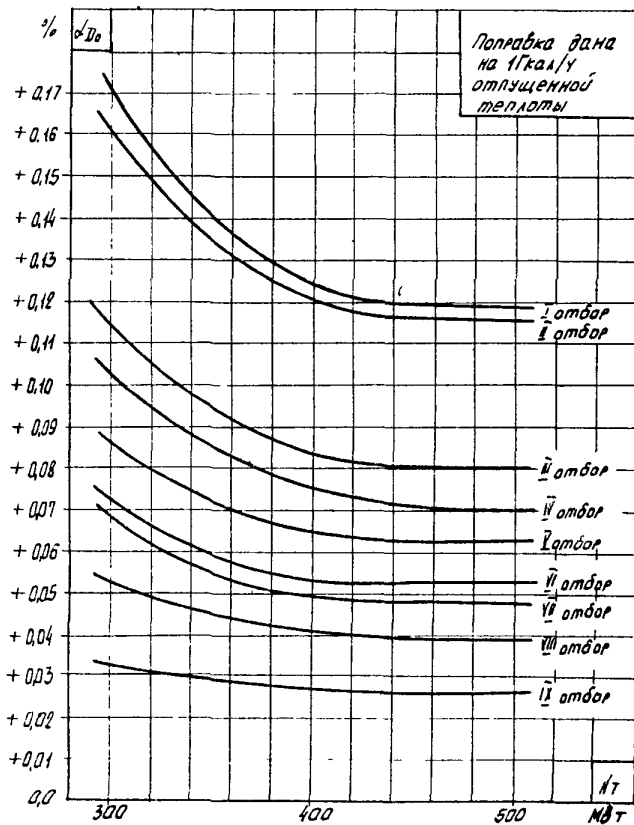
Слив дренажей каскадный

Рис.27, т, у

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТЗ

т) на отпуск пара из отборов сверх нужд регенерации
(возврат конденсата отбираемого пара в конденсатор)



у) на отключение дренажного насоса ДН№2

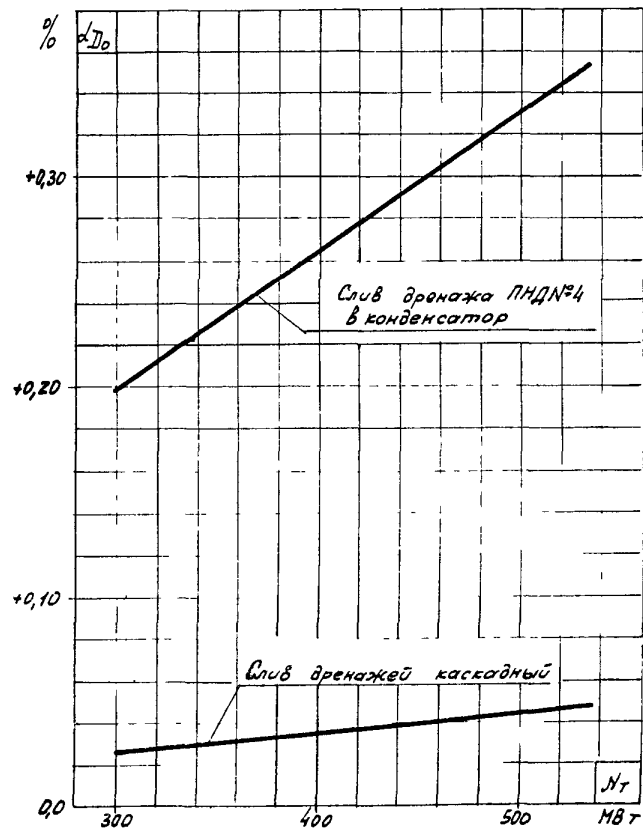
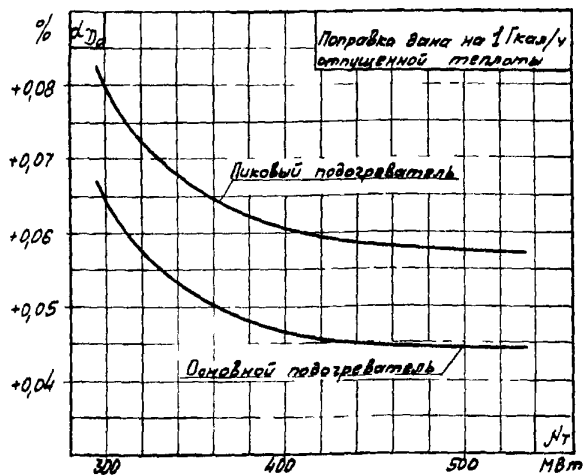


Рис. 27, ф, х, ц

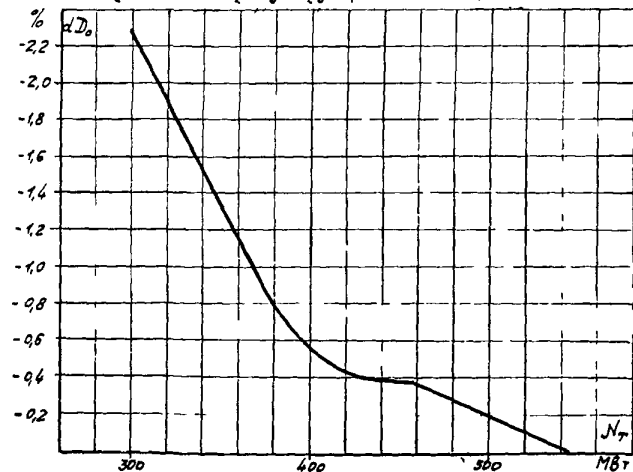
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКА К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

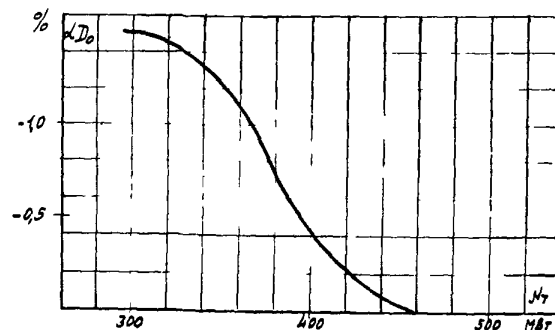
ф) на включение в работу подогревателей сетевой воды
(конденсат отбираемого пара возвращается в линию
основного конденсата за ПНЦМГ)



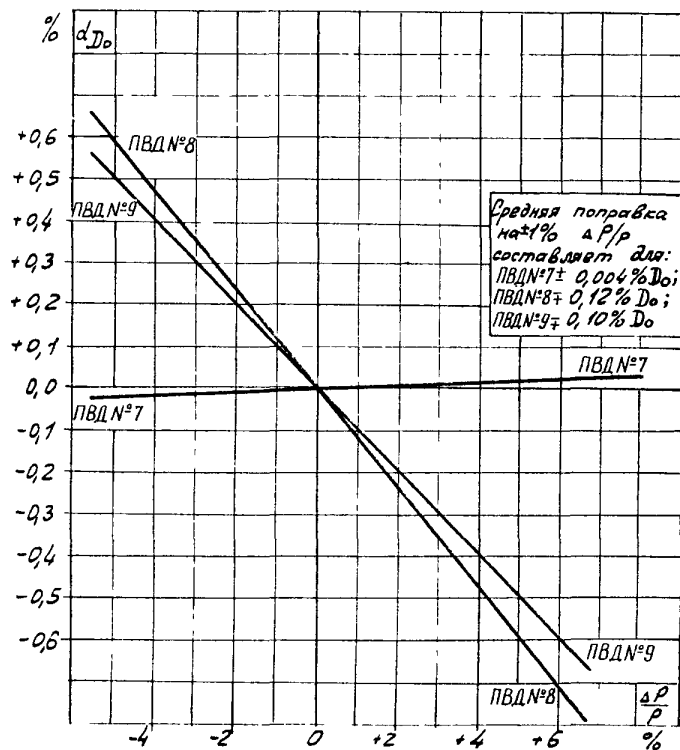
х) при работе на скользящем давлении свежего пара
(открыты I-VIII регулирующие клапаны)



ц) при работе на скользящем давлении свежего пара
(открыты I-V регулирующие клапаны)



ч) на изменение относительных потерь давления в трубопроводах греющего пара к ПВД



ш) на изменение относительной потери давления в трубопроводах греющего пара к ПНД

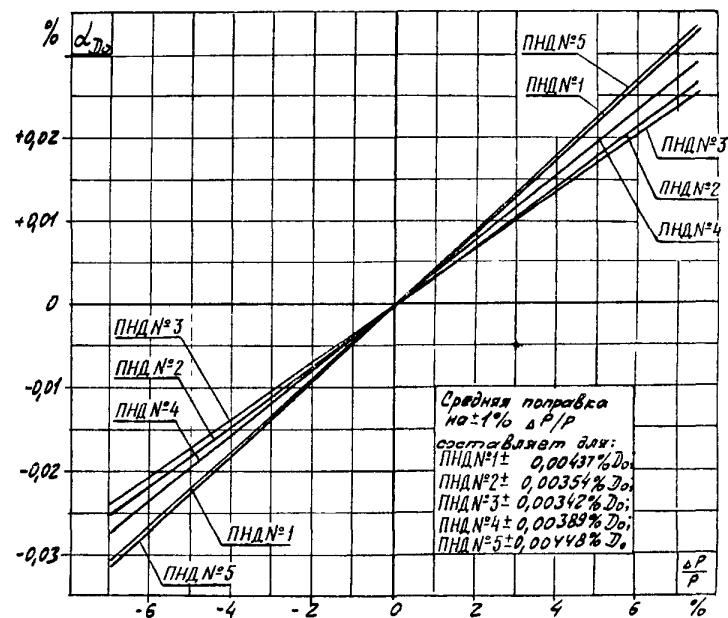
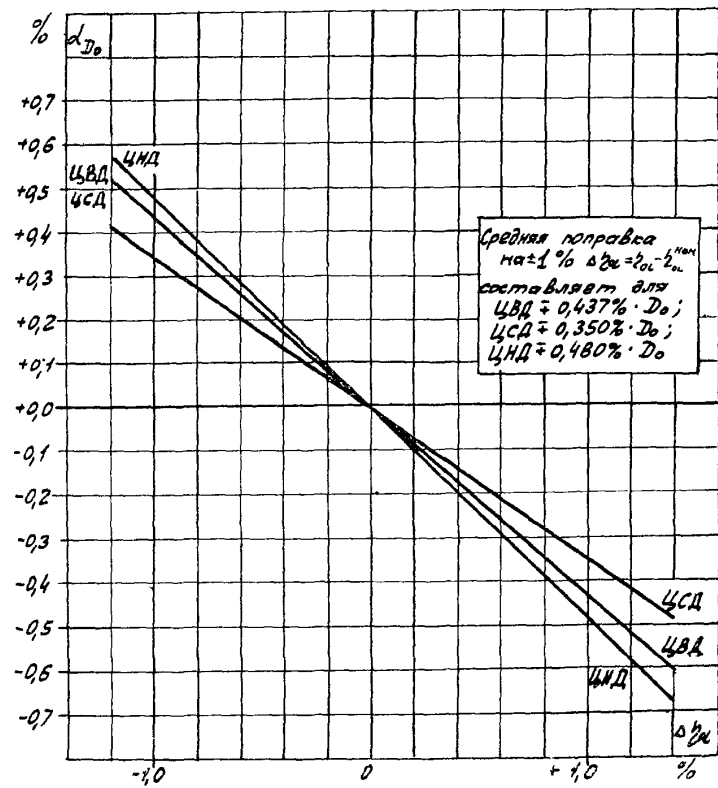


Рис. 27, щ

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

щ) на изменение КПД ЦВД, ЦСД, ЦНД



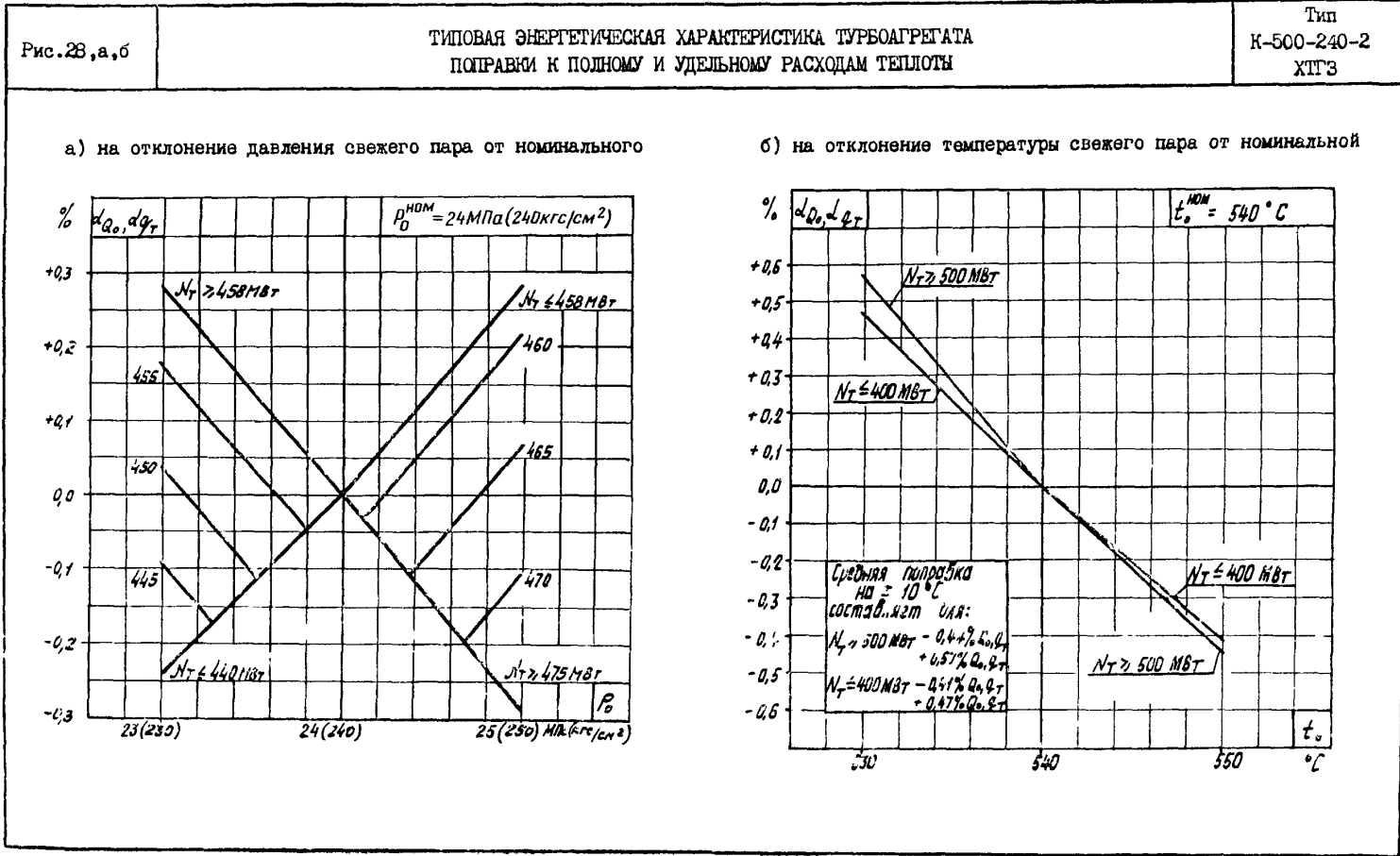
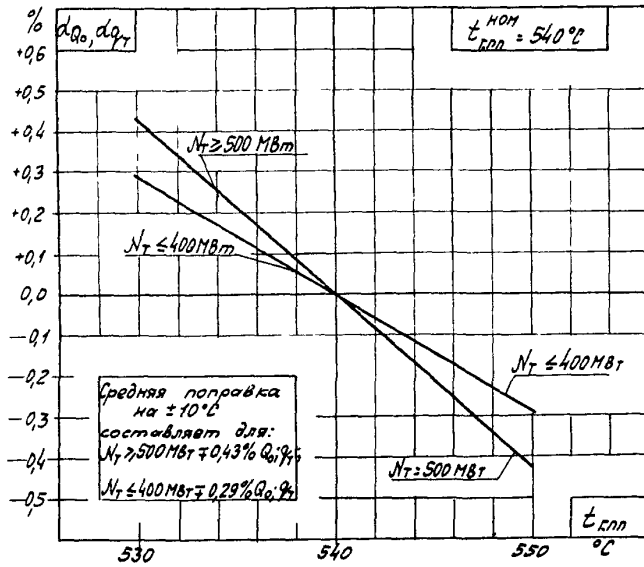


Рис. 28, в, г

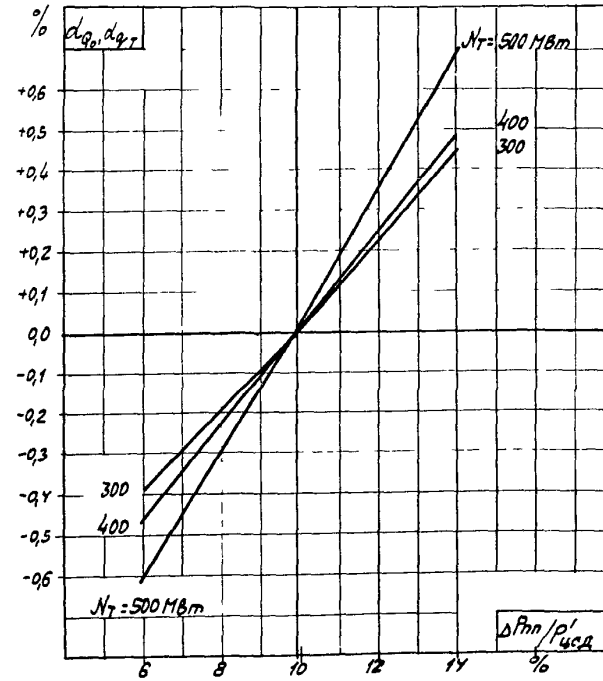
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТТЗ

в) на отклонение температуры пара промперегрева от номинальной



г) на изменение потери давления в тракте промперегрева



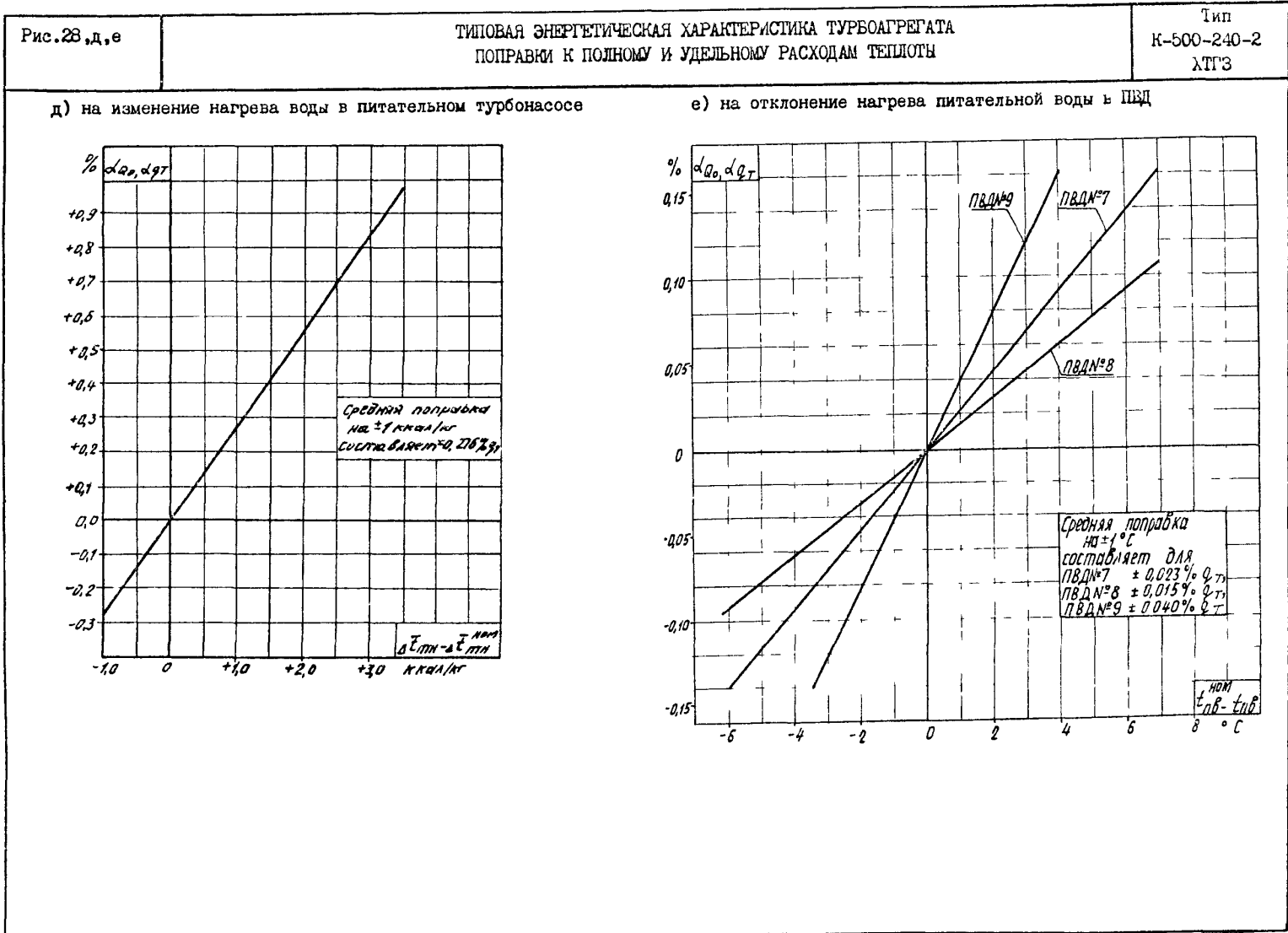
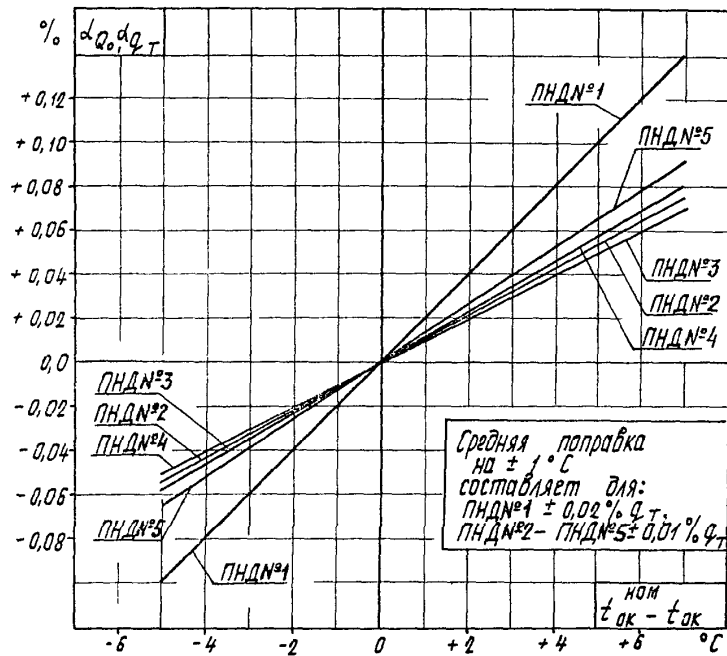


Рис. 28, ж, з

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

ж) на отклонение нагрева основного конденсата в ПВД



з) на отключение группы ПВД

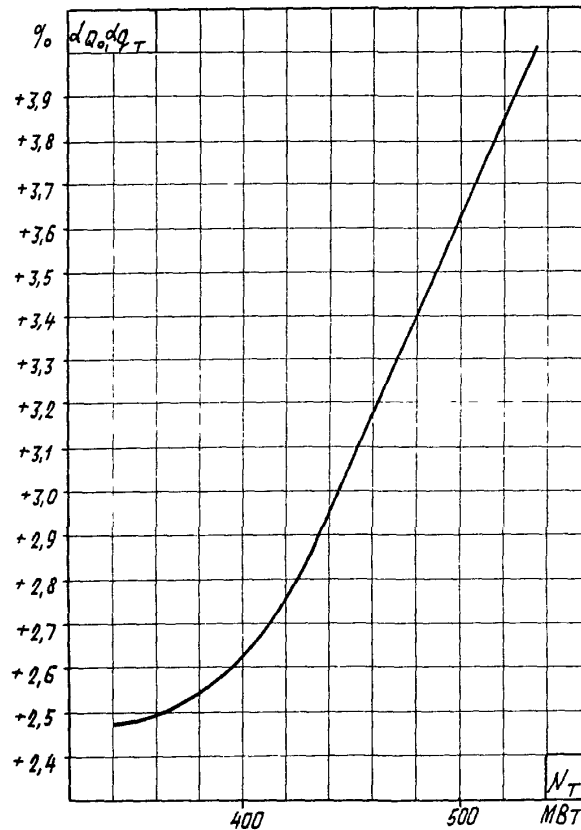
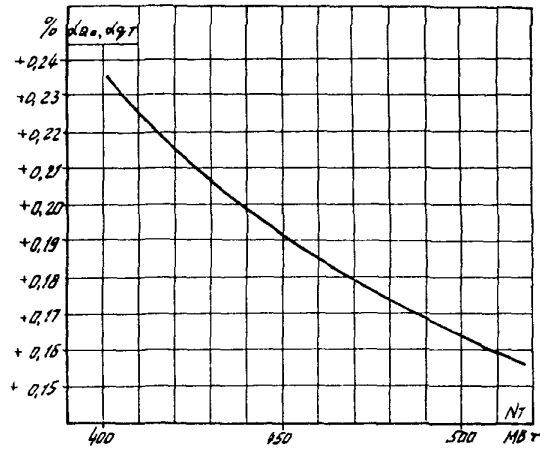


Рис. 28, и, к

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

и) на перевод питания деаэратора с IV на III отбор



к) на увеличение расхода пара IV отбора на ПТН

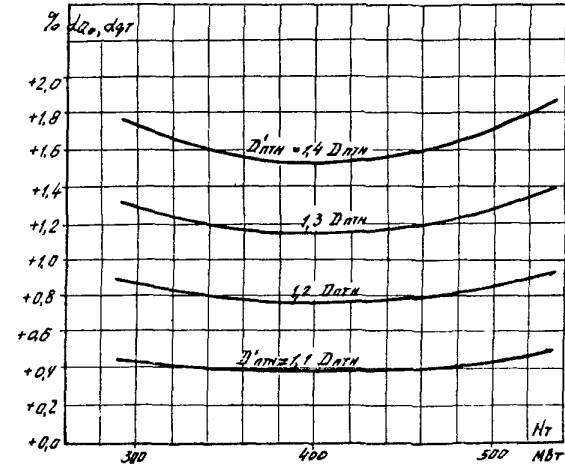
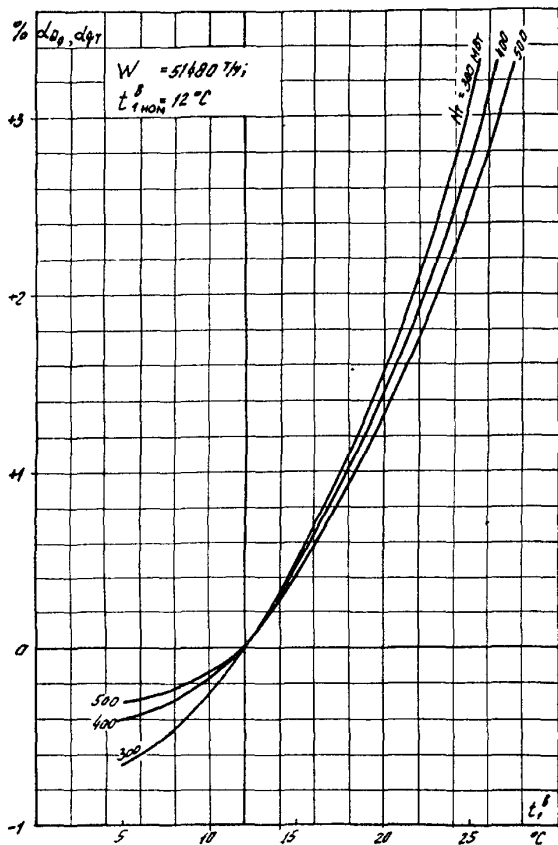


Рис.28, л, м

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

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



м) на отклонение давления отработавшего пара в конденсаторе турбины от номинального

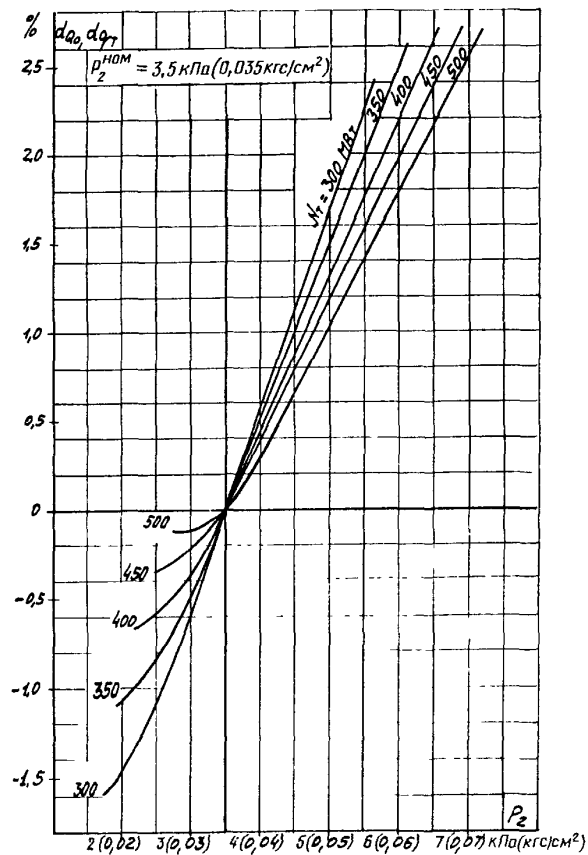
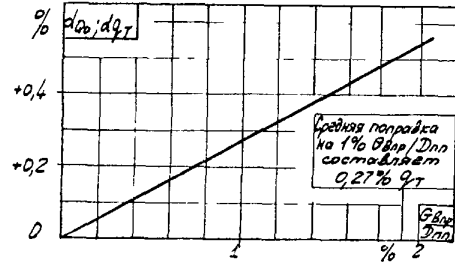


Рис. 28, н, о, п

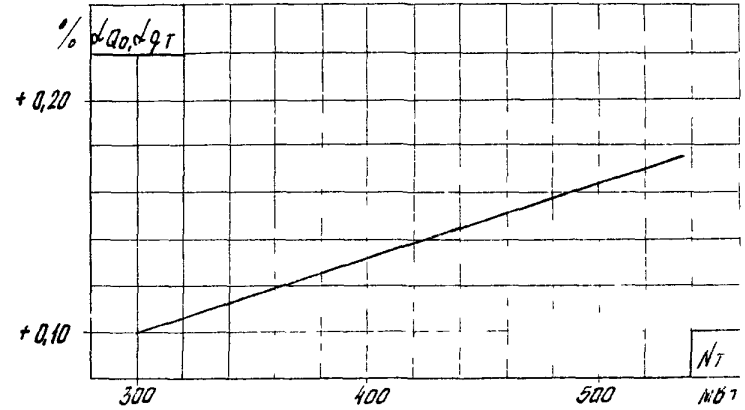
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

н) на изменение относительного расхода на впрыск в промежуточный пароперегреватель котла



п) на отключение дренажного насоса ДНFI



о) на отключение ПНД№4 и ПНД№5

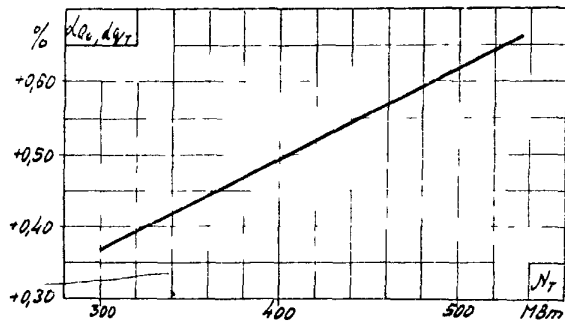
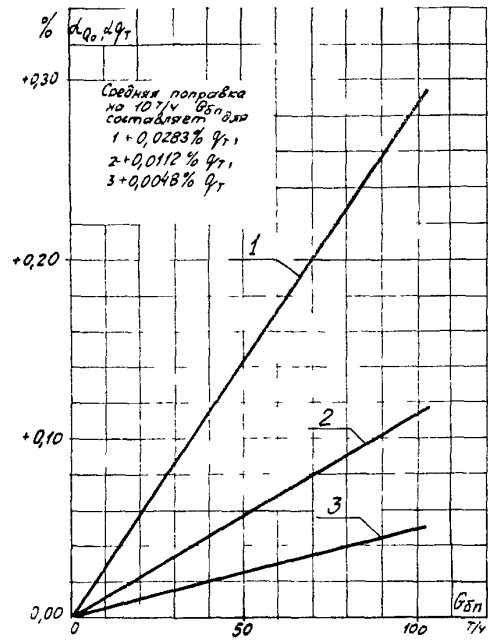


Рис. 23, р, с

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

р) на байпасирование основным конденсатом ПНД



- 1 - байпасирование всех ПНД;
- 2 - байпасирование ПНД№1, ПНД№2 и ПНД№3;
- 3 - байпасирование ПНД№4, ПНД№5

с) на отключение дренажных насосов ДН№1, ДН№2

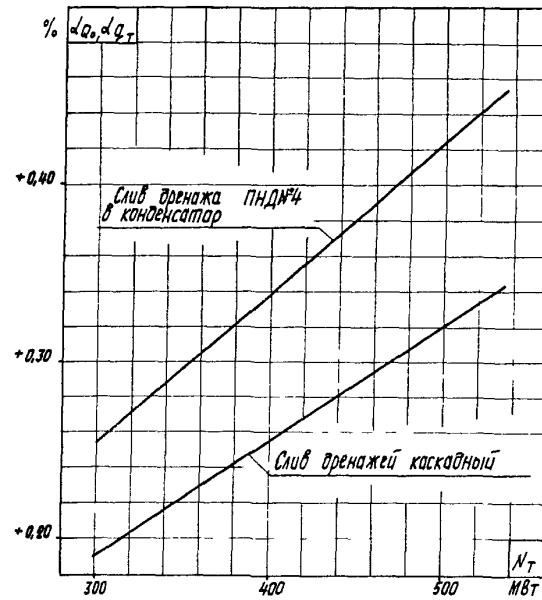
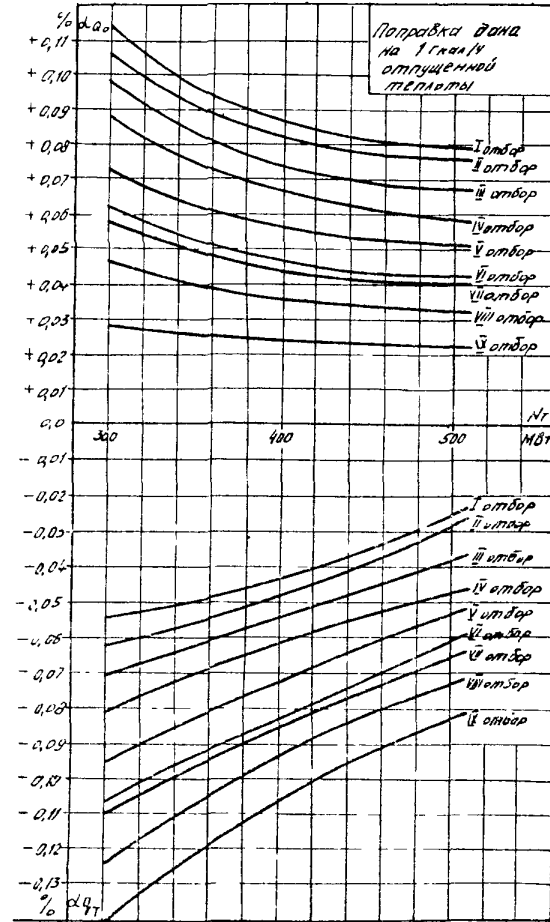


Рис. 28, т, у

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТЗ

т) на отпуск пара из отборов сверх нужд регенерации
(возврат конденсата отбираемого пара в конденсатор)



у) на отключение дренажного насоса ДН№2

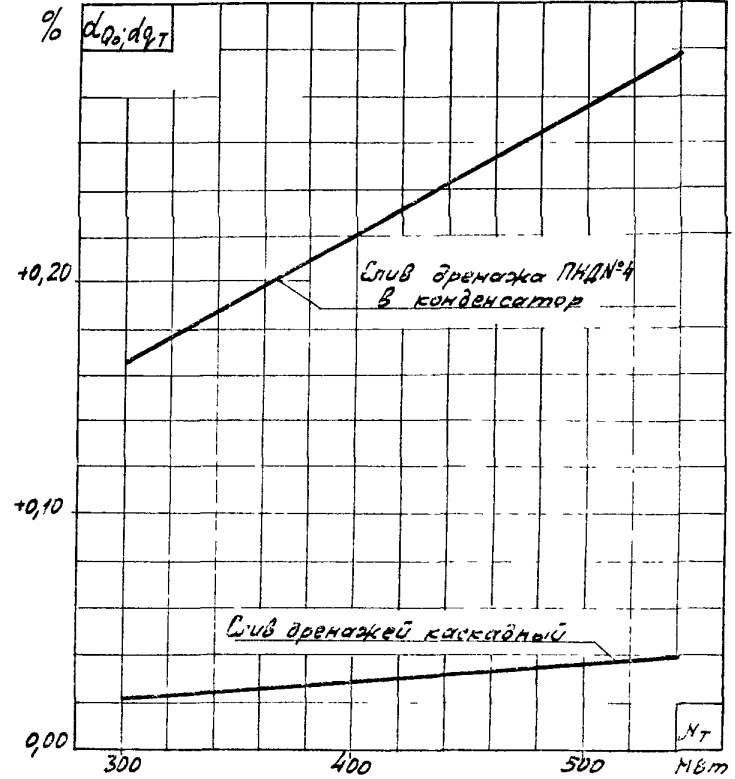
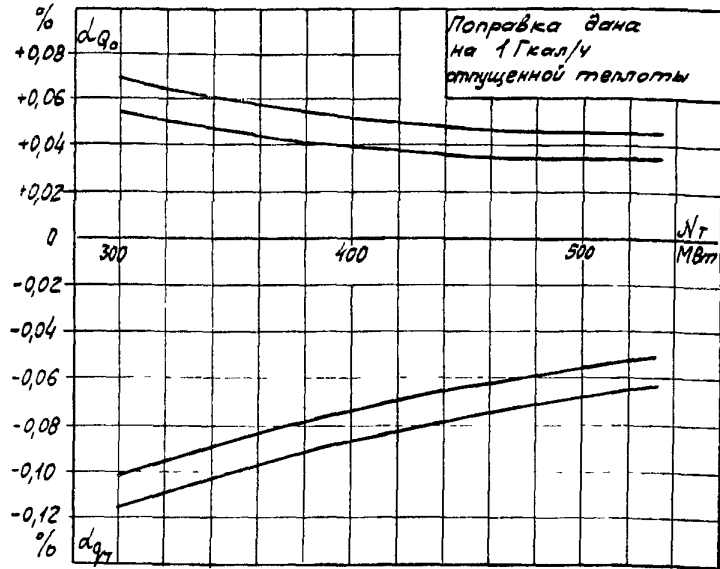


Рис. 28, ф, х, ц

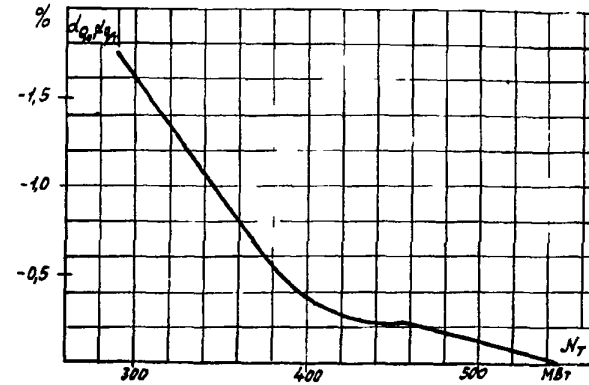
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

ф) на включение в работу подогревателей сетевой воды
(конденсат отбираемого пара возвращается в линию
основного конденсата)



х) при работе на скользящем давлении свежего пара
(открыты I-III регулирующие клапаны)



ц) при работе на скользящем давлении свежего пара
(открыты I-V регулирующие клапаны)

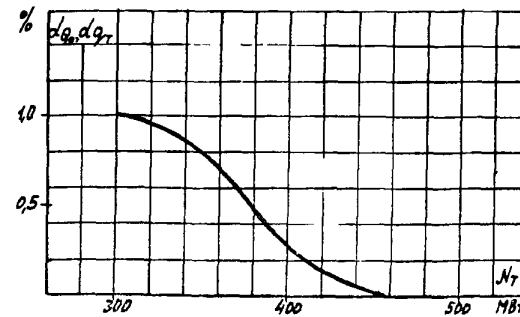
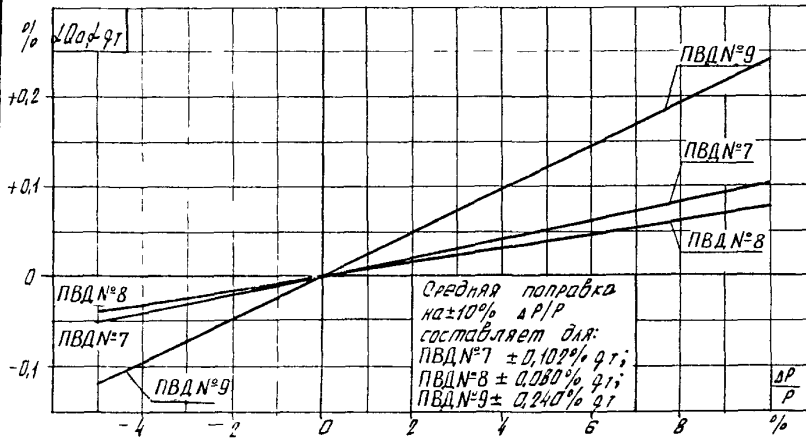


Рис. 28, ч, ш

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОСПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

ч) на изменение относительных потерь давления ($\frac{\Delta P}{P}$)
в трубопроводах греющего пара к ПВД



ш) на изменение относительной потери давления в трубопроводах греющего пара к ПНД

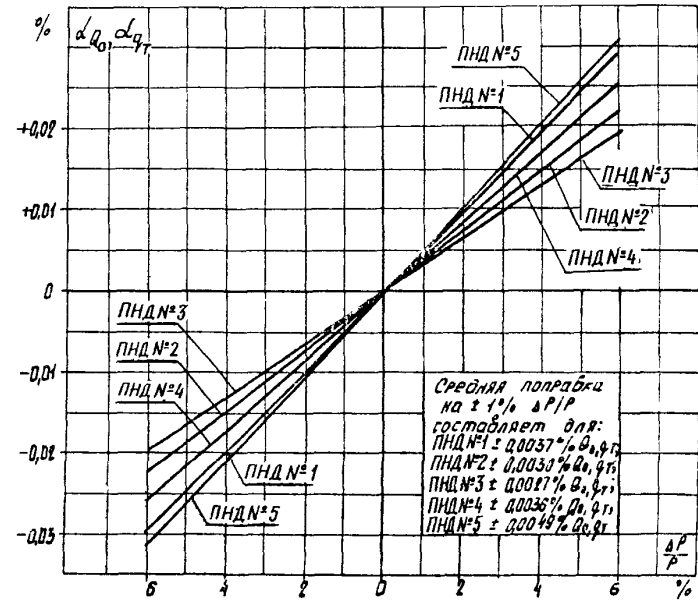
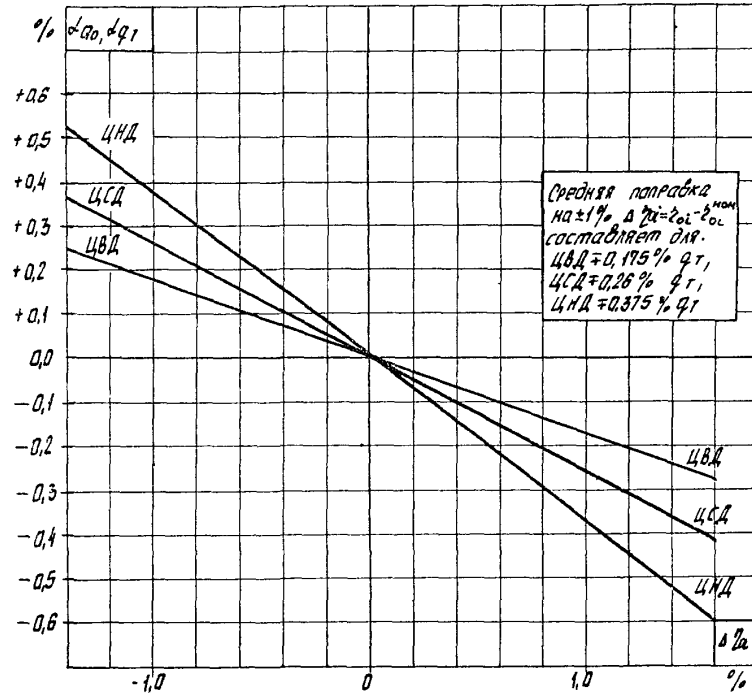


Рис. 28, щ

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

щ) на изменение КПД ЦВД, ЦСД, ЦНД



1. УСЛОВИЯ СОСТАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-500-240-2 ХТЗ составлена на базе тепловых испытаний двух турбин, проведенных предприятием Уралтехэнерго на Троицкой и Рефтинской ГРЭС. Характеристика отражает технически достижимую экономичность турбоагрегата, работающего по заводской расчетной тепловой схеме (рис. I) и при следующих условиях, принятых за номинальные:

- давление свежего пара перед стопорными клапанами ЦВД - 24 МПа (240 кгс/см²);
- температура свежего пара перед стопорными клапанами ЦВД - 540°C;
- температура пара после промпрегрева перед стопорными клапанами ЦСД - 540°C;
- потери давления в тракте промпрегрева на участке от выхлопа ЦВД до стопорных клапанов ЦСД по отношению к давлению перед стопорными клапанами ЦСД - 9,9% (рис. I4);
- давление отработавшего пара: для характеристики при постоянном давлении пара в конденсаторе - 3,5 кПа (0,035 кгс/см²); для характеристики при постоянных расходе и температуре охлаждающей воды - в соответствии с тепловой характеристикой конденсатора К-11520-2 при $W = 51480$ т/ч и $t_1^{\delta} = 12^{\circ}\text{C}$ (рис. 24, а);
- суммарная внутренняя мощность турбопривода ПТН и давление питательной воды на стороне нагнетания - в соответствии с рис. II, I2;
- прирост энтальпии питательной воды в питательном насосе - по рис. I3;
- впрыск в промежуточный пароперегреватель отсутствует;
- пар на уплотнения турбины и на эжекторы подается из деаэратора в количестве II,0 т/ч;
- система регенерации высокого и низкого давления включена полностью, на деаэратор 0,7 МПа (7 кгс/см²) подается пар Ш, IV отборов турбины (в зависимости от нагрузки);

- расход питательной воды равен расходу свежего пара;
 - температура питательной воды и основного конденсата соответствует зависимостям, приведенным на рис. 8, 9;
 - пар нерегулируемых отборов турбины используется только для нужд регенерации, питания питательных турбонасосов; общестанционные потребители тепла отключены;
 - электромеханические потери турбоагрегата приняты по расчетам завода (рис. 23);
 - номинальный $\cos \varphi = 0,85$.
- Положенные в основу настоящей характеристики данные испытаний обработаны с применением таблиц "Теплофизических свойств воды и водяного пара" (М.: Издательство стандартов, 1969).

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ, ВХОДЯЩЕГО В СОСТАВ ТУРБОУСТАНОВКИ

В состав турбоустановки помимо турбины входит следующее оборудование:

- генератор ТГВ-500 завода "Электротяжмаш";
- три подогревателя высокого давления - ПВД № 7-9 соответственно типа ПВ-2300-380-17, ПВ-2300-380-44, ПВ-2300-380-61, парохладители которых включены по схеме Рикара-Некольного;
- деаэратор 0,7 МПа (7 кгс/см²);
- пять подогревателей низкого давления:
 - ПНД № 4,5 типа ПН-900-27-7;
 - ПНД № 1,2,3 типа ПН-800-29-7;
- два поверхностных двухпоточных конденсатора К-11520-2;
- два основных пароструйных эжектора ЭП-3-50/150;
- один эжектор уплотнений ЭУ-16-1;
- два питательных турбонасосных агрегата (ПТН), каждый из которых состоит из питательного насоса ПТН-950-350 ЛМЗ, приводной турбины ОК-18 IV Калужского турбинного завода; предвключенные (бустерные) насосы расположены на одном валу с питательным насосом (оба ПТН постоянно в работе);
- два конденсатных насоса I ступени КСВ-1600-90 с приводом от электродвигателя АВ-500-1000 (постоянно в работе один

насос, один - в резерве);

- два конденсатных насоса II ступени ЦН-1600-220 с приводом от электродвигателя АВ-1250-6000 (постоянно в работе один насос, один - в резерве);

- два сливных насоса ПНД№2 КСВ-200-210 с приводом от электродвигателя АВ-113-4;

- один сливной насос ПНД№4 6Н-7х2а с приводом от электродвигателя МА36-41/2.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА БРУТТО ТУРБОАГРЕГАТА

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

при постоянном давлении пара в конденсаторе:

$$P_2 = 3,5 \text{ кПа (0,035 кгс/см}^2\text{)} \text{ (см.рис.3)}$$

$$Q_0 = 86,11 + 1,7309 N_T + 0,1514 (N_T - 457,1) \text{ Гкал/ч;}$$

$$D_0 = -6,37 + 2,9866 N_T + 0,6105 (N_T - 457,1) \text{ т/ч;}$$

при постоянном расходе ($W = 51480 \text{ т/ч}$) и температуре ($t_1^b = 12^\circ\text{C}$) охлаждающей воды (рис.2):

$$Q_0 = 67,46 + 1,7695 N_T + 0,1638 (N_T - 457,5) \text{ Гкал/ч;}$$

$$D_0 = -37,05 + 3,0493 N_T + 0,6469 (N_T - 457,5) \text{ т/ч.}$$

Характеристика справедлива при работе с собственным возбудителем генератора. При работе с резервным возбудителем мощность турбоагрегата брутто определяется как разность между мощностью на выводах генератора и мощностью, потребляемой резервным возбудителем.

4. ПОПРАВКИ НА ОТКЛОНЕНИЯ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

Расход пара и теплоты для заданной в условиях эксплуатации мощности определяется по соответствующим зависимостям характеристики с последующим введением необходимых поправок (рис.27,28). Эти поправки учитывают отличие эксплуатационных условий от условий характеристики. Поправки даны при постоянной мощности на выводах генератора. Знак поправок соответствует переходу от условий характеристики к эксплуатационным. При наличии в условиях работы турбоагрегата двух и более отклонений от номинальных поправок алгебраически суммируются.

Пользование поправочными кривыми поясняется на следующем примере.

Дано:

$$N_T = 500 \text{ МВт;}$$

$$P_0 = 24,3 \text{ МПа (243 кгс/см}^2\text{);}$$

$$\frac{\Delta P_{пп}}{P_{исд}} = 12,5\%; \quad t_1^b = 12^\circ\text{C; } W = 51480 \text{ т/ч;}$$

дренаж ПНД№4 сливается каскадно в ПНД№3.

Остальные параметры - номинальные.

Определить расход свежего пара, полный и удельный расходы теплоты при заданных условиях. Результаты расчета сведены в приведенную ниже таблицу.

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Способ определения	Полученное значение
Расход теплоты на турбоагрегат при номинальных условиях	Q_0	Гкал/ч	Рис.3	959,17
Расход свежего пара при номинальных условиях	D_0	т/ч	Рис.3	1515,09
Удельный расход теплоты при номинальных условиях	q_T	ккал/(кВт·ч)	Рис.3	1851,68
Поправка на отклонение P_0 от $P_0^{ном}$: к полному и удельному расходу теплоты;	α_{Q_0, q_T}	%	Рис.28, а	-0,087
к расходу свежего пара	α_{D_0}	%	Рис.27, а	-0,086
Поправка на отклонение потери давления в тракте промперегрева от номинального значения: к полному и удельному расходам теплоты;	α_{Q_0, q_T}	%	Рис.28, г	+0,440
к расходу свежего пара	α_{D_0}	%	Рис.27, г	+0,415
Поправка на изменение схемы слива дренажа:				

Показатель	Обозначение	Единица измерения	Способ определения	Полученное значение
к полному и удельному расходам теплоты;	α_{D_0}, q_T	%	Рис. 28, у	+0,037
к расходу свежего пара	α_{D_0}	%	Рис. 27, у	+0,044
Расход свежего пара при заданных условиях	D_0'	т/ч	$D_0 \left(1 + \frac{\sum \alpha_{D_0}}{100}\right)$	1521,00
Полный расход теплоты при заданных условиях	Q_0'	Гкал/ч	$Q_0 \left(1 + \frac{\sum \alpha_{Q_0}}{100}\right)$	962,75
Удельный расход теплоты при заданных условиях	q_T'	ккал/(кВт·ч)	$q_T \left(1 + \frac{\sum \alpha_{q_T}}{100}\right)$	1858,59

5. ХАРАКТЕРИСТИКА НЕТТО ТУРБОАГРЕГАТА

Типовая энергетическая характеристика нетто турбоагрегата К-500-240-2 ХТЗ рассчитана на основе характеристики брутто при давлении пара в конденсаторе 3,5 МПа (0,035 кгс/см²) и соответствует следующим условиям его эксплуатации:

- параметры и тепловая схема установки - по рис. I;
- давление, развиваемое циркуляционными насосами, - 120 кПа (12 м вод.ст.);
- расход циркуляционной воды через конденсатор турбины - 51480 т/ч;
- КПД циркуляционного насоса - 85,2%;
- расход теплоты на собственные нужды турбоагрегата составляет 0,96 Гкал/ч (0,1% расхода теплоты турбоагрегатом при номинальной мощности);
- расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата учитывает работу насосов (циркуляционных, конденсатных, сливных ПНД, системы регулирования турбины);
- расход электроэнергии на прочие механизмы принят в размере 0,3% номинальной мощности турбоагрегата.

При определении мощности нетто (N_T^H) из мощности на выводах генератора (N_T) вычитается мощность, затраченная на

собственные нужды турбоагрегата ($N_T^{C.H.}$):

$$N_T^H = N_T - N_T^{C.H.},$$

Расход теплоты нетто на выработку электроэнергии (Q_T^H) определен по уравнению

$$Q_T^H = Q_0 - Q_{ПТН} + Q_T^{C.H.},$$

где Q_0 - расход теплоты брутто на турбоагрегат, Гкал/ч;
 $Q_{ПТН}$ - расход теплоты на привод ПТН, Гкал/ч,

$$Q_{ПТН} = N_{i ПТН} q_T;$$

$N_{i ПТН}$ - внутренняя мощность турбопривода ПТН, МВт;

q_T - удельный расход теплоты на турбину, ккал/(кВт·ч).

$$q_T = \frac{Q_0}{N_T + N_{i ПТН}};$$

$Q_T^{C.H.}$ - расход теплоты на собственные нужды турбоустановки, Гкал/ч.

Типовая энергетическая характеристика нетто по расходу теплоты аналитически выражается уравнением

$$Q_T^H = 90,79 + 1,667 N_T^H + 1,121 (N_T^H - 449,1) \text{ Гкал/ч.}$$

Удельный расход теплоты нетто на выработку электроэнергии определяется следующим образом:

$$q_T^H = \frac{Q_T^H}{N_T^H},$$

При отклонении давления, развиваемого циркуляционными насосами, от принятого в качестве номинального (120 кПа=12 м вод.ст.), к расходу теплоты нетто, определенному по уравнению для заданной мощности нетто, вводится поправка.

Пользование характеристикой нетто и поправками к расходу теплоты нетто на изменение давления, развиваемого циркуляцион-

ными насосами, поясняется на следующем примере.

Дано:

$$N_T^H = 460 \text{ МВт};$$

$$H_{ц.н} = 100 \text{ кПа (10 м вод.ст.)}.$$

Определить расход теплоты нетто.

1. По уравнению характеристики нетто определяется расход теплоты нетто при $H_{ц.н} = 120 \text{ кПа (12 м вод.ст.)}$

$$Q_T^H = 879,03 \text{ Гкал/ч.}$$

2. Определяется поправка к расходу теплоты нетто

$$\alpha_{QH} = -0,071\%.$$

3. Искомый расход теплоты нетто при $H_{ц.н} = 100 \text{ кПа}$ (10 м вод.ст.) и $N_T^H = 460 \text{ МВт}$ определяется следующим образом:

$$Q_T^H = Q_T \left(1 + \frac{\alpha_{Qэ}}{100} \right) = 864,44 \text{ Гкал.}$$

Нормативные графические зависимости действительны в диапазонах, приведенных на соответствующих графиках данной Типовой энергетической характеристики.

П р и м е ч а н и е . Для перевода из системы МКГСС в систему СИ необходимо пользоваться переводными коэффициентами:

$$1 \text{ кгс/см}^2 = 98066,5 \text{ Па};$$

$$1 \text{ мм вод.ст.} = 9,81 \text{ Па};$$

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ Дж};$$

$$1 \text{ ккал/кг} = 4,1868 \text{ кДж/кг};$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 3,6 \text{ МДж.}$$