

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(С83.75)

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.КАЮКОВА, 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.к.Демурова
Литературный редактор М.Г.Полоновская
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректор Л.Ф.Петрухина

Подписано к печати 19.12.85

Печать офсетная

Заказ № 443/85

Усл.печ.л. 6,9 Уч.-изд.л. 5,0

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						
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 промперегрева	-	°С	265,4	°С	265,4	
г) потеря давления в тракте промперегрева	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 = 4x20720 = 82880 т/ч; t_{1ном}^в = 12°С и параметрах п.Г.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
<p>I. Характеристика при постоянном давлении (вакууме) в конденсаторе</p> <p>I.1. Дополнительный удельный расход (прирост)</p> <p>I.2. Излом характеристики</p> <p>I.3. Условия характеристики:</p> <p>а) давление свежего пара и по ступеням</p> <p>б) температура свежего пара</p> <p>в) температура пара после промперегрева</p> <p>г) потеря давления в тракте промперегрева</p> <p>д) давление отработавшего пара</p> <p>е) температура питательной воды и основного конденсата</p> <p>ж) расход питательной воды</p> <p>2. Характеристика при постоянном расходе и температуре охлаждающей воды (для конденсатора К-11520-2ХТГЗ $W = 51480$ т/ч; $t_{ном}^в = 12^\circ\text{C}$) и параметрах п.1.3 (а, б, в, г, е, ж)</p> <p>2.1. Дополнительный удельный расход (прирост)</p> <p>2.2. Излом характеристики</p> <p>3. Поправки к удельному расходу теплоты на отклонение параметров от номинальных значений, %:</p> <p>на ± 1 МПа (10 кгс/см²) свежего пара</p> <p>на $\pm 10^\circ\text{C}$ свежего пара</p> <p>на $\pm 10^\circ\text{C}$ температуры пара промперегрева</p> <p>на изменение потери давления в тракте промперегрева</p> <p>на изменение давления в конденсаторе</p>	Рис.3	кг/(кВт·ч) т/ч МВт	2,9856 3,5971 1358,0 457,1		Гкал/(МВт·ч) Гкал/ч МВт	1,7309 1,8823 877,0 457,1	
	Рис.5,6,7	МПа (кгс/см ²) °C °C	24 (240) 540 540		МПа (кгс/см ²) °C °C	24 (240) 540 540	
	Рис.14	% $\rho'_{цсд}$	9,9		% $\rho'_{цсд}$	9,9	
	Рис.8,9	кПа (кгс/см ²)	3,5 (0,035)		кПа (кгс/см ²)	3,5 (0,035)	
	Рис.2		$G_{п.в} = D_0$			$G_{п.в} = D_0$	
			кг/(кВт·ч) т/ч МВт	3,0493 3,6962 1358,0 457,5		Гкал/(МВт·ч) Гкал/ч МВт	1,7695 1,9333 877,0 457,5
					Рис.28,а		
					Рис.28,б		
					Рис.28,в		
					Рис.28,г		
				Рис.28,м			

Т а б л и ц а 3	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕТТО ТУРБОАГРЕГАТА					Тип К-500-240-2 ХТГЗ
УСЛОВИЯ ХАРАКТЕРИСТИК: 1. Параметры и тепловая схема - рис.1 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	380	415	457,5	470	500
	12,60	13,80	14,80	16,10	16,90	18,10
	7,636	7,756	7,861	7,989	8,026	8,116
	2,116					
	674,62	743,85	804,43	877,99	901,53	957,99
	332,36	372,24	407,14	449,51	461,97	491,88
	0,96					
	651,48	718,74	777,68	849,10	871,19	925,67
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	

$$Q_T^H = 90,79 + 1,6870 N_T^H + 0,1210 (N_T^H - 449,51)$$

Т а б л и ц а 4		ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА										Тип К-500-240-2 ХТГЗ	
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 Па(кгс/см ²)	t_0 °C	$\Delta P_{пп}/P'_{цсд}$ %	$t'_{цсд}$ °C	$t_{ном}^B$ °C	$t_{1макс}^B$ °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 $P_0, t_0, t'_{цсд}, t_1^B, W, F$)													
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 питательного 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 гарантийным условиям	q	ккал/(кВт·ч)			1847,1	1869,9	1918,4						
Отклонение удельного расхода теплоты от гарантийного	Δq	ккал/(кВт·ч)			+0,33	+0,10	-0,50						

Рис. I

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПРИНЦИПАЛЬНАЯ ТЕПЛОВАЯ СХЕМА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

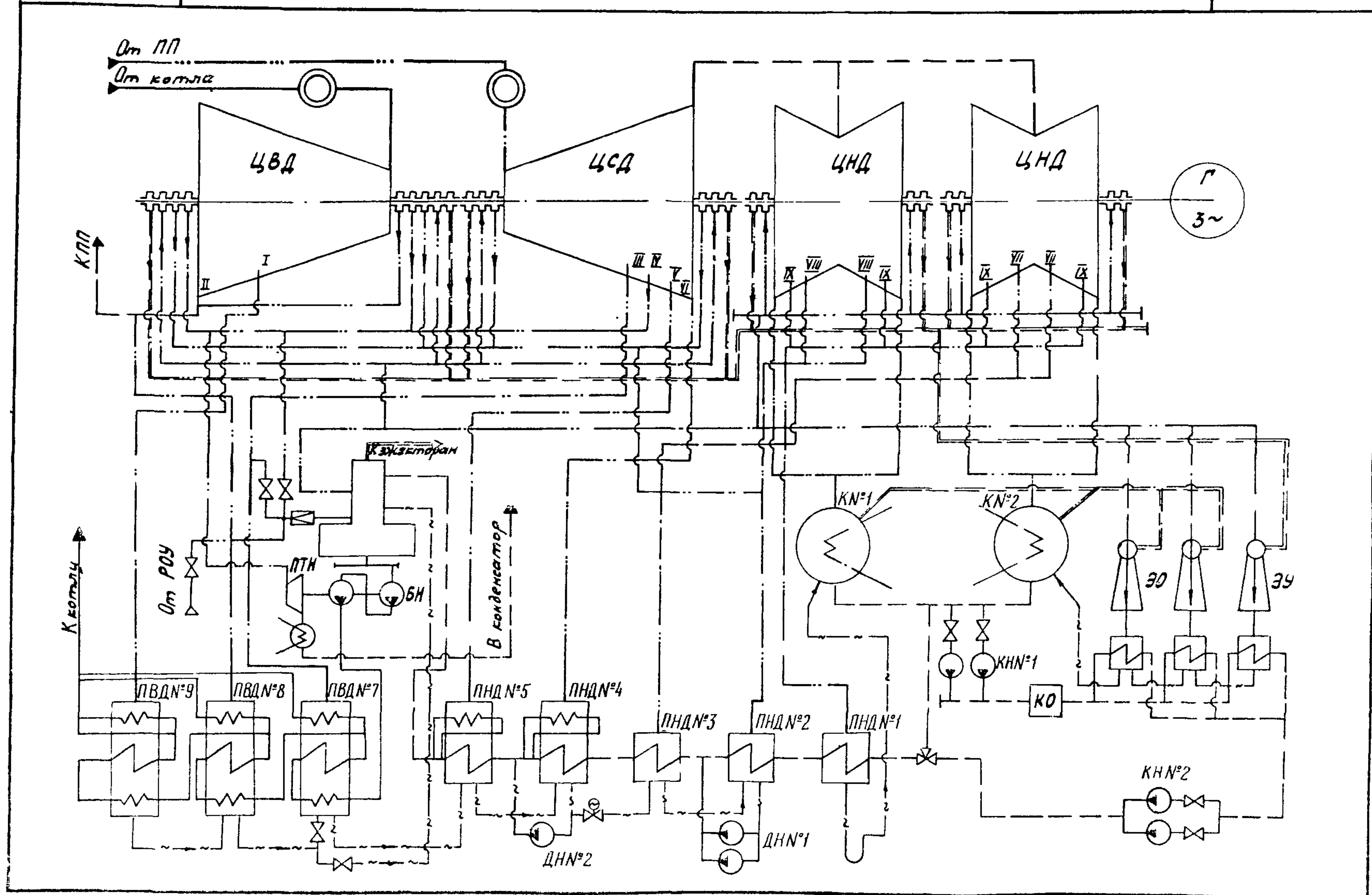


Рис.2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА И ТЕПЛОТЫ	Тип К-500-240-2 ХТГЗ
-------	--	----------------------------

Условия характеристики

P_0 МПа ² (кгс/см ²)	t_0 °C	$t'_{цсд}$ °C	$\Delta P_{пп}$		t_1^{β} °C	W т/ч	P_2 кПа (кгс/см ²)	$\Delta \bar{t}_{птн}$ ккал/кг	$\Delta N_{пот}$ МВт	$G_{п.в} = D_0$	$G_{в.п.р} = D$	$t_{п.в}$ °C	$t_{о.к}$ °C	$N_{i птн}^{ном}$ МВт	Генератор		Теп- ловая схема
			МПа ² (кгс/см ²)	%											Тип	$\cos \varphi$	
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

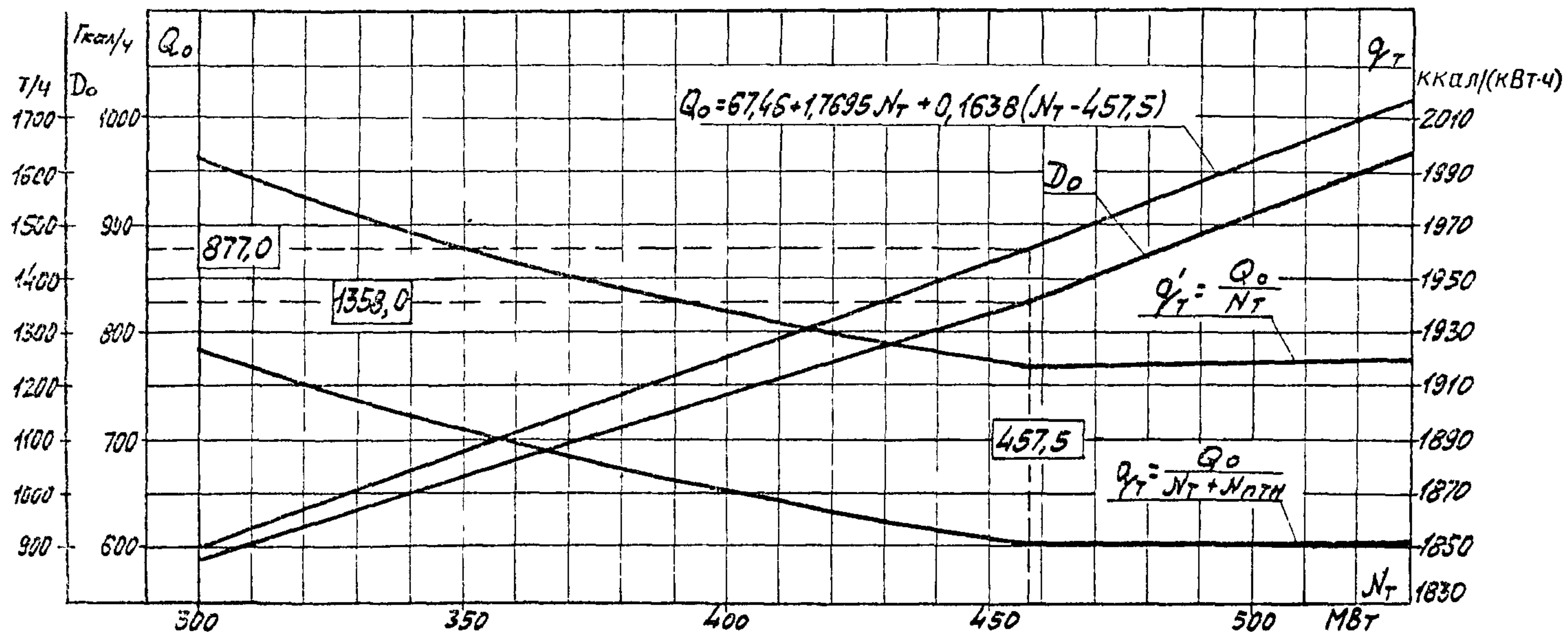


Рис.3	ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА И ТЕПЛОТЫ	Тип К-500-240-2 ЛТЗ
-------	---	---------------------------

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	$G_{пв} = D_0$	$G_{впр} = 0$	$t_{пв}$ °C	$t_{ок}$ °C	$N_{i птн}^{ном}$ МВт	Генератор		Тепловая схема
			МПа (кгс/см ²)	%									Тип	$\cos \varphi$	
210	540	540	Рис.14	9,9	0,035	Рис.13	Рис.23			Рис.8	Рис.9	Рис.11	ТГВ-500	0,85	Рис.1

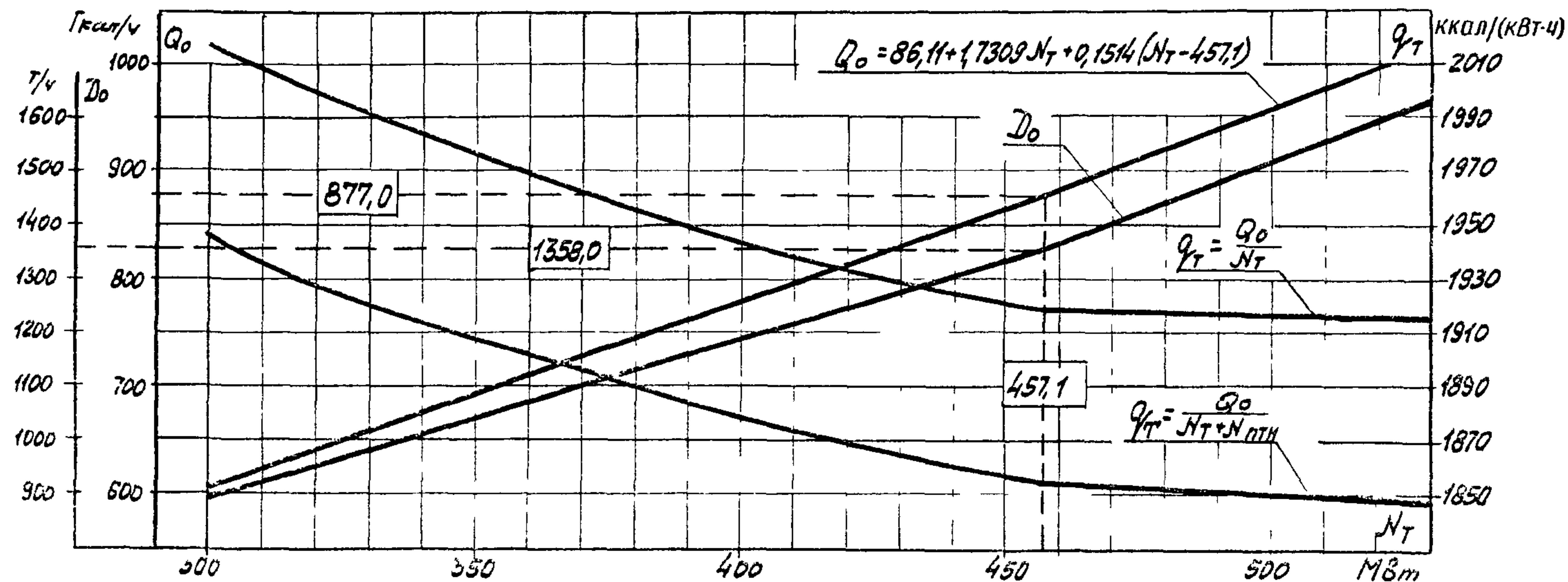


Рис.7

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ДАВЛЕНИЕ В ОТБОРАХ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

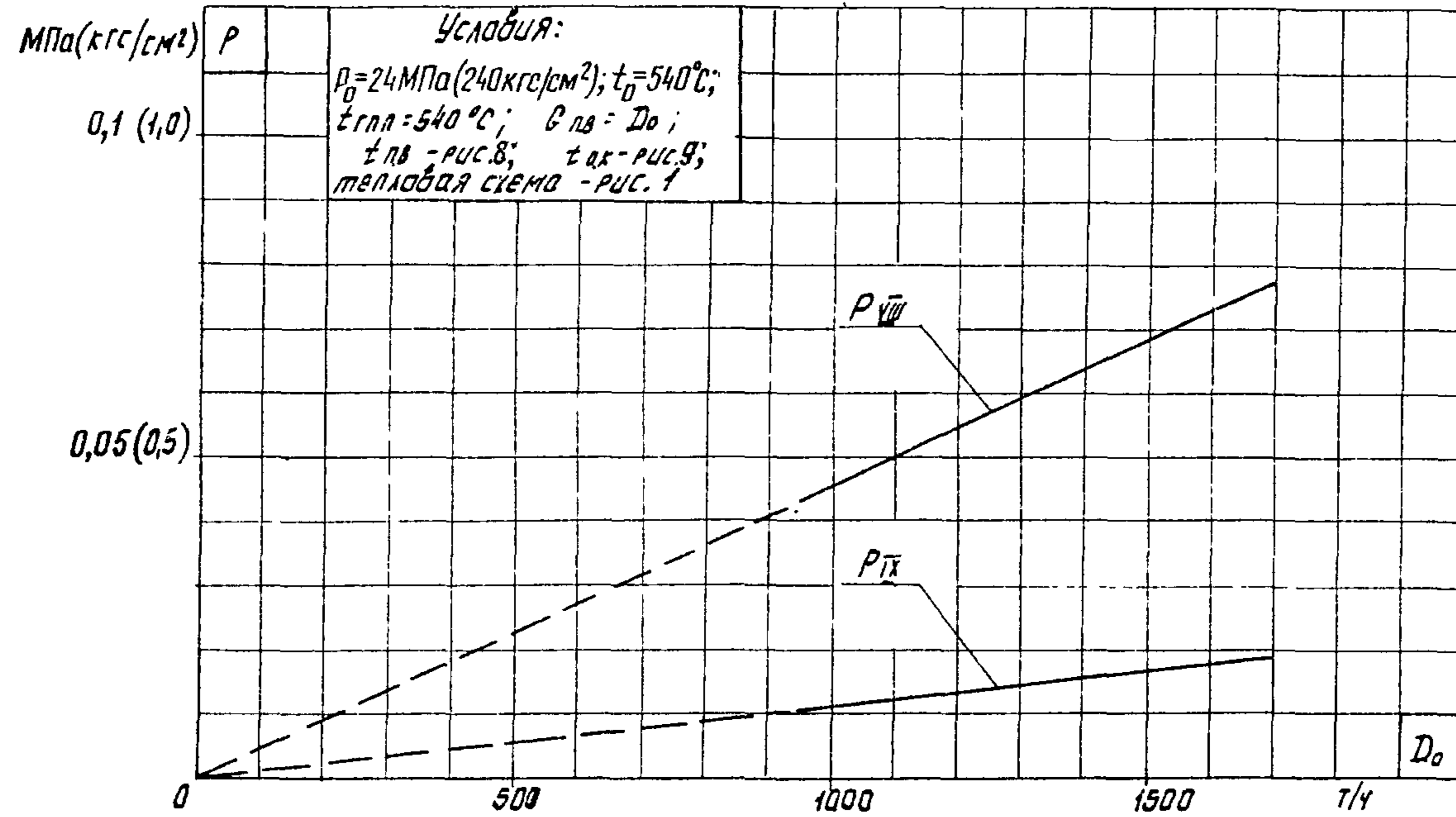
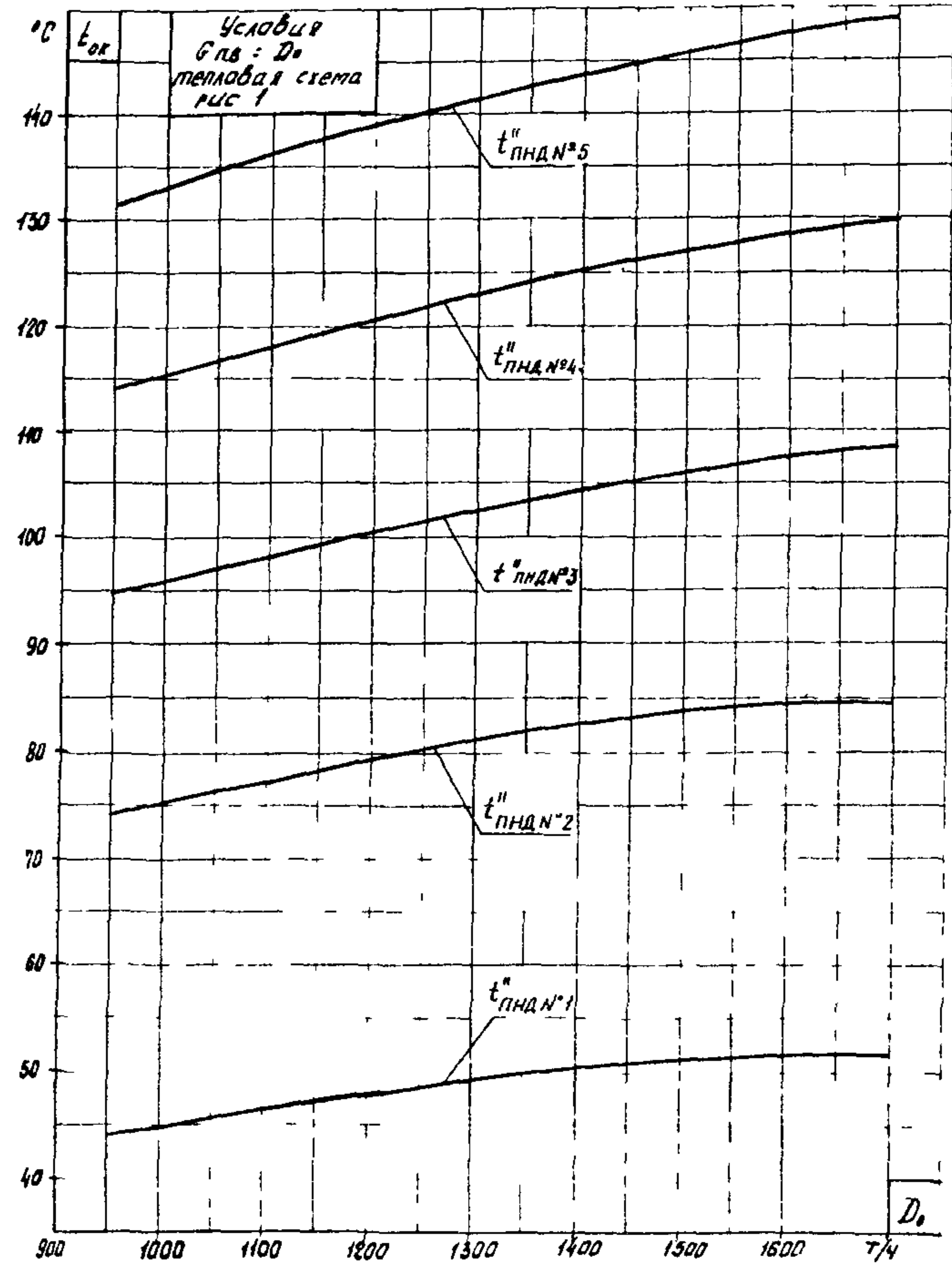
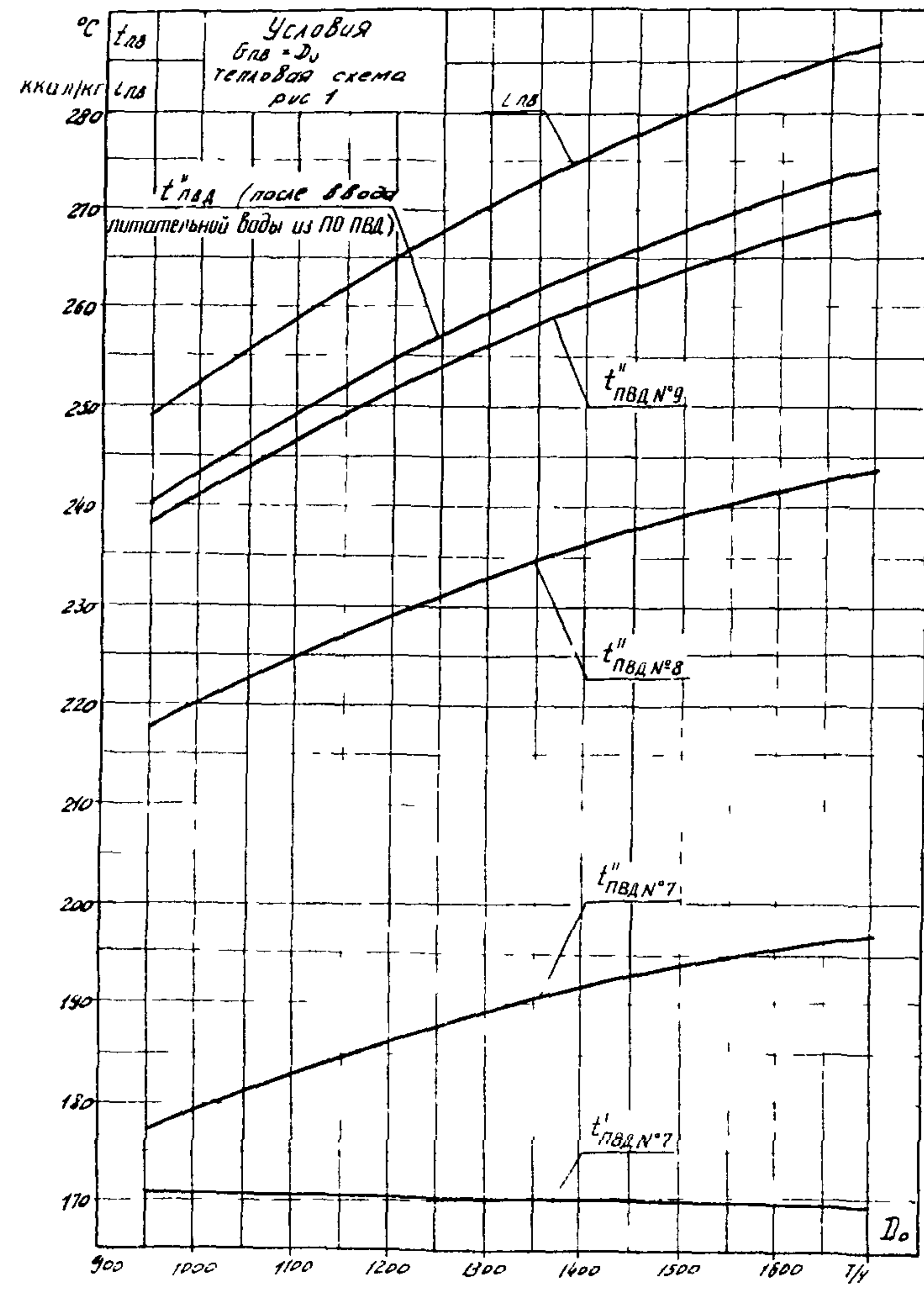
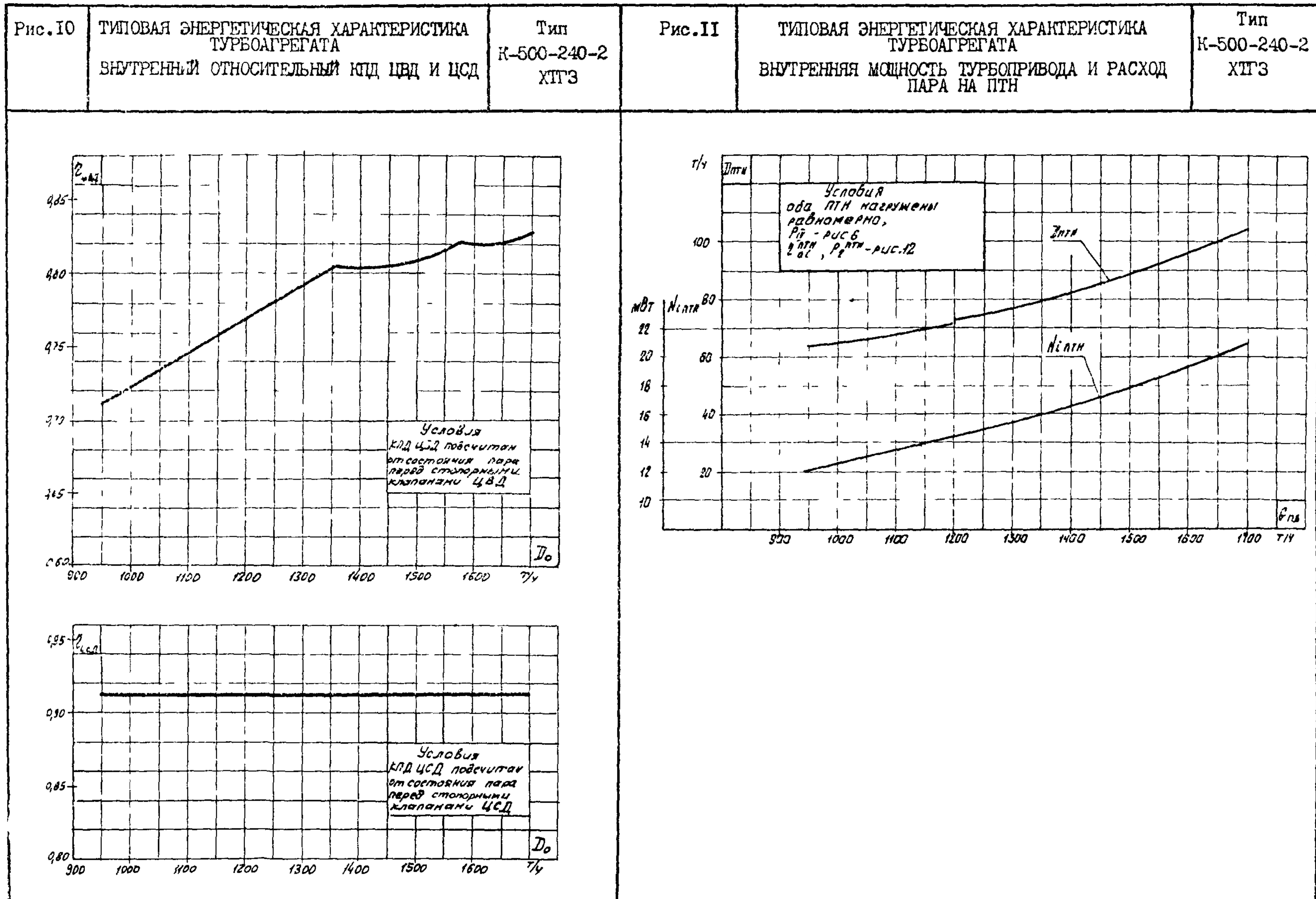


Рис.8	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА И ЭНТАЛЬПИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ	Тип К-500-240-2 ХТЗ	Рис.9	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА	Тип К-500-240-2 ХТЗ
-------	--	---------------------------	-------	--	---------------------------





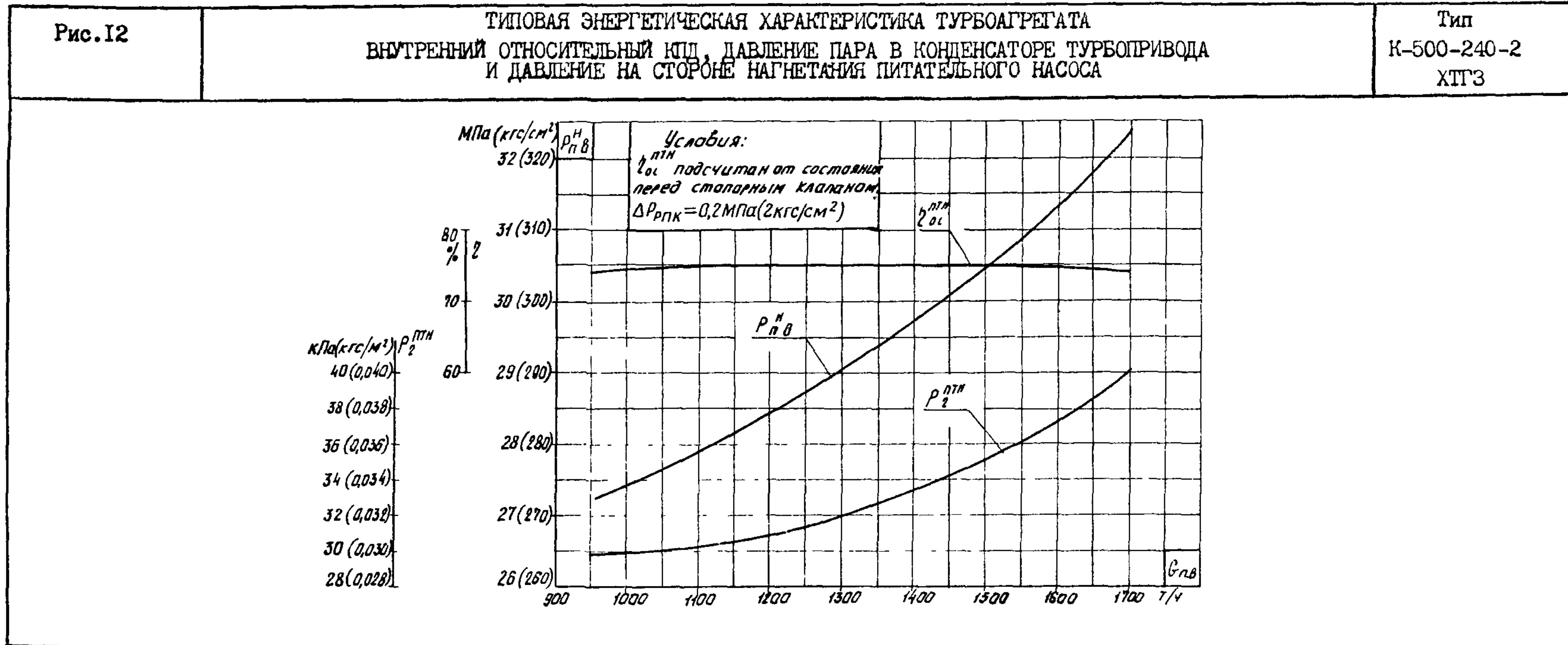


Рис. I4

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА
ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ТРАКТЕ ПРОМЕРЕГРЕВА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

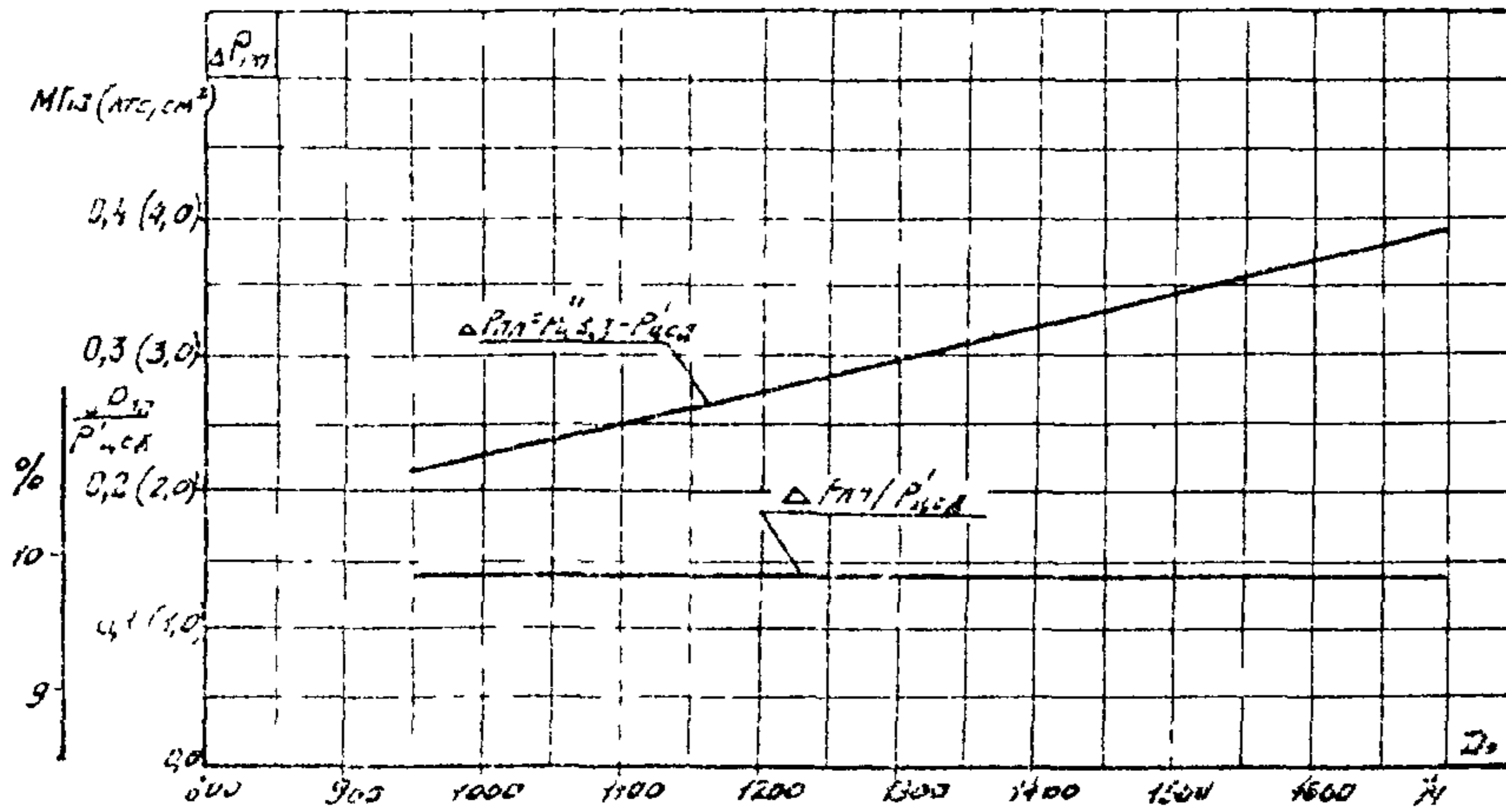


Рис. I5

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА
ЭНТАЛЬПИИ СВЕЖЕГО ПАРА, ПАРА ПЕРЕД СТОПОРНЫМИ
КЛАПАНАМИ ЦСД И ЗА ЦВД

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

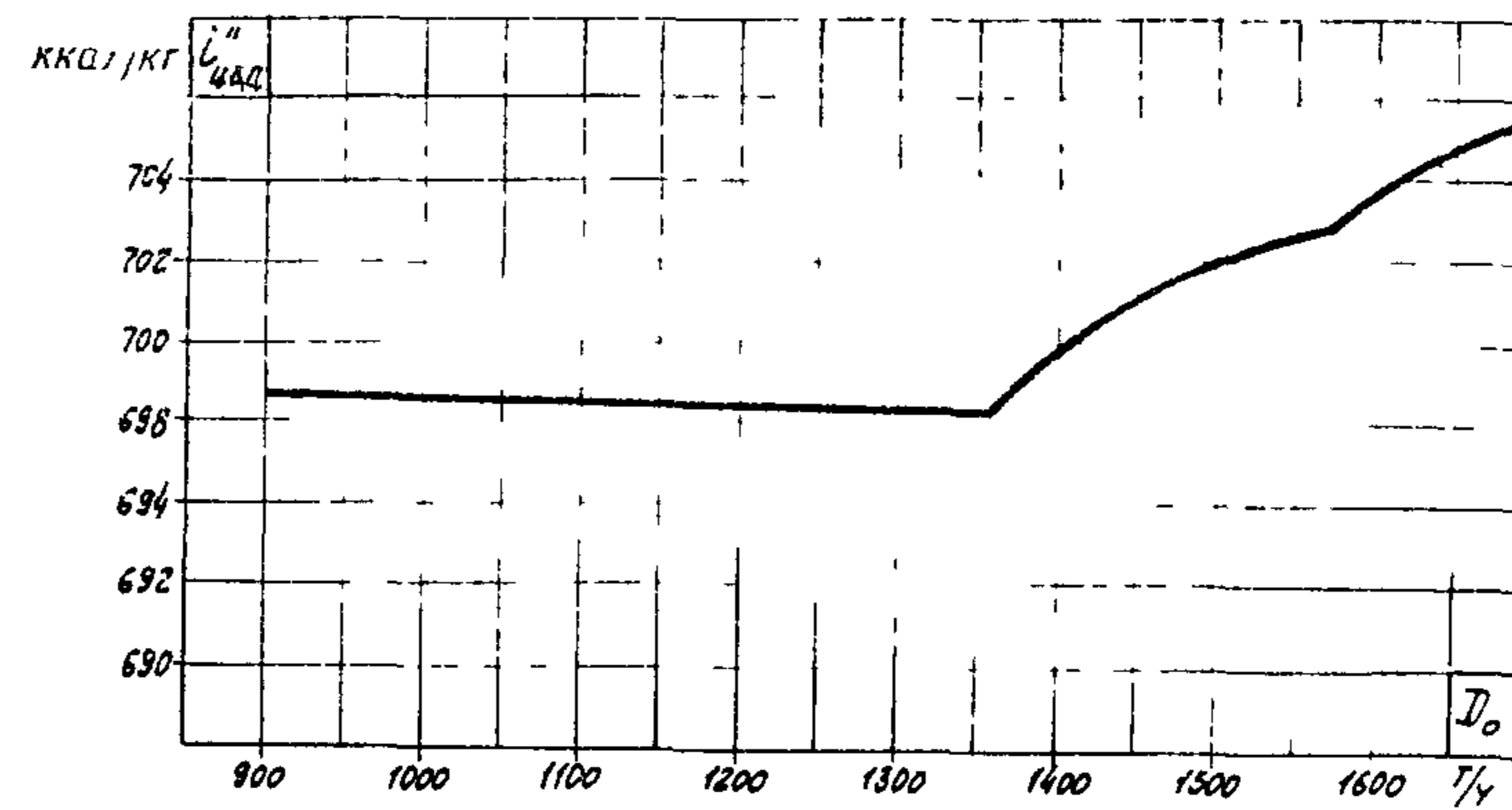
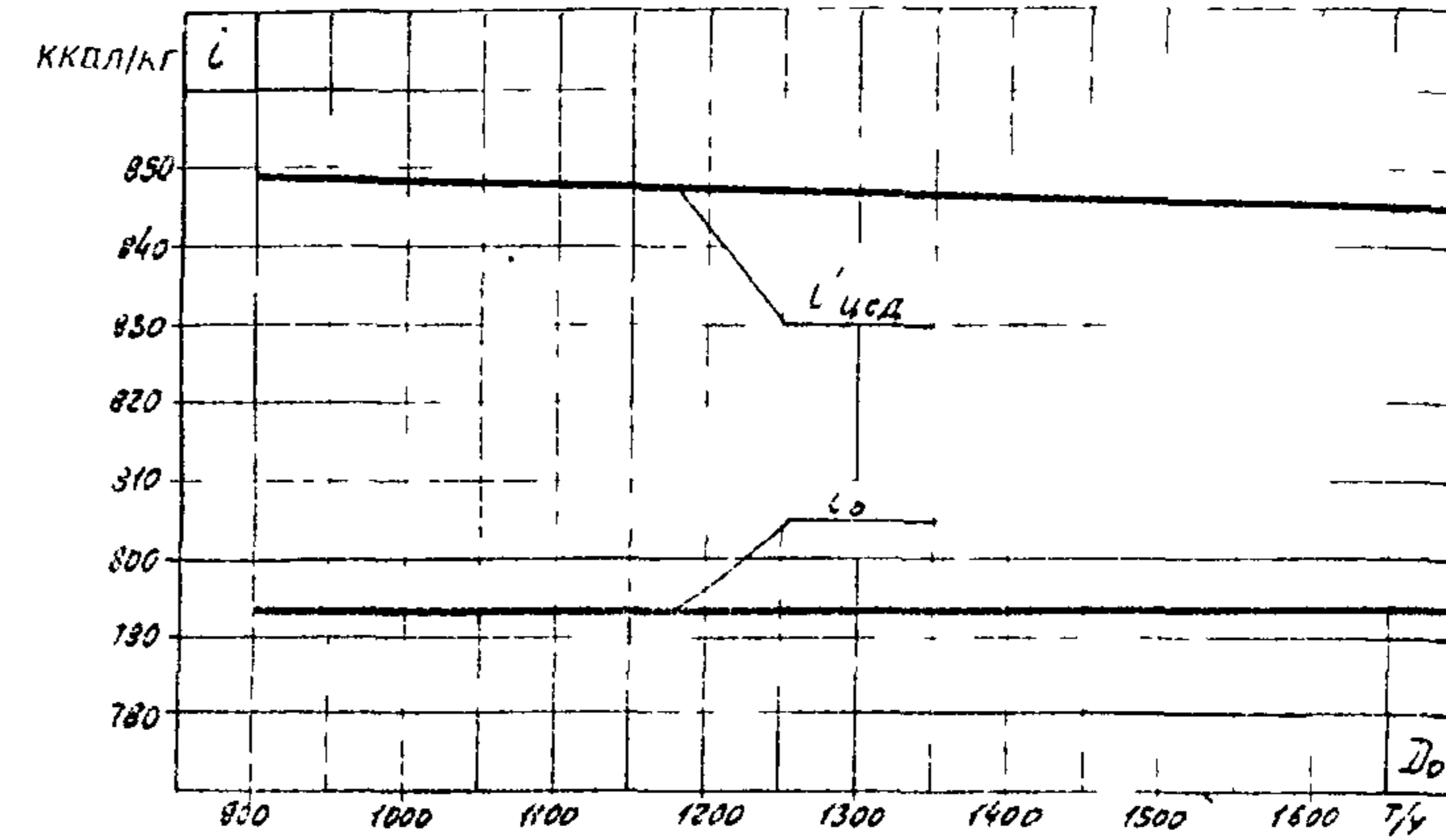


Рис. 16	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА НА ПРОМПЕРЕГРЕВ, В КОНДЕНСАТОР	Тип К-500-240-2 ХТГЗ	Рис. 17	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА НА ПВД	Тип К-500-240-2 ХТГЗ
---------	--	----------------------------	---------	--	----------------------------

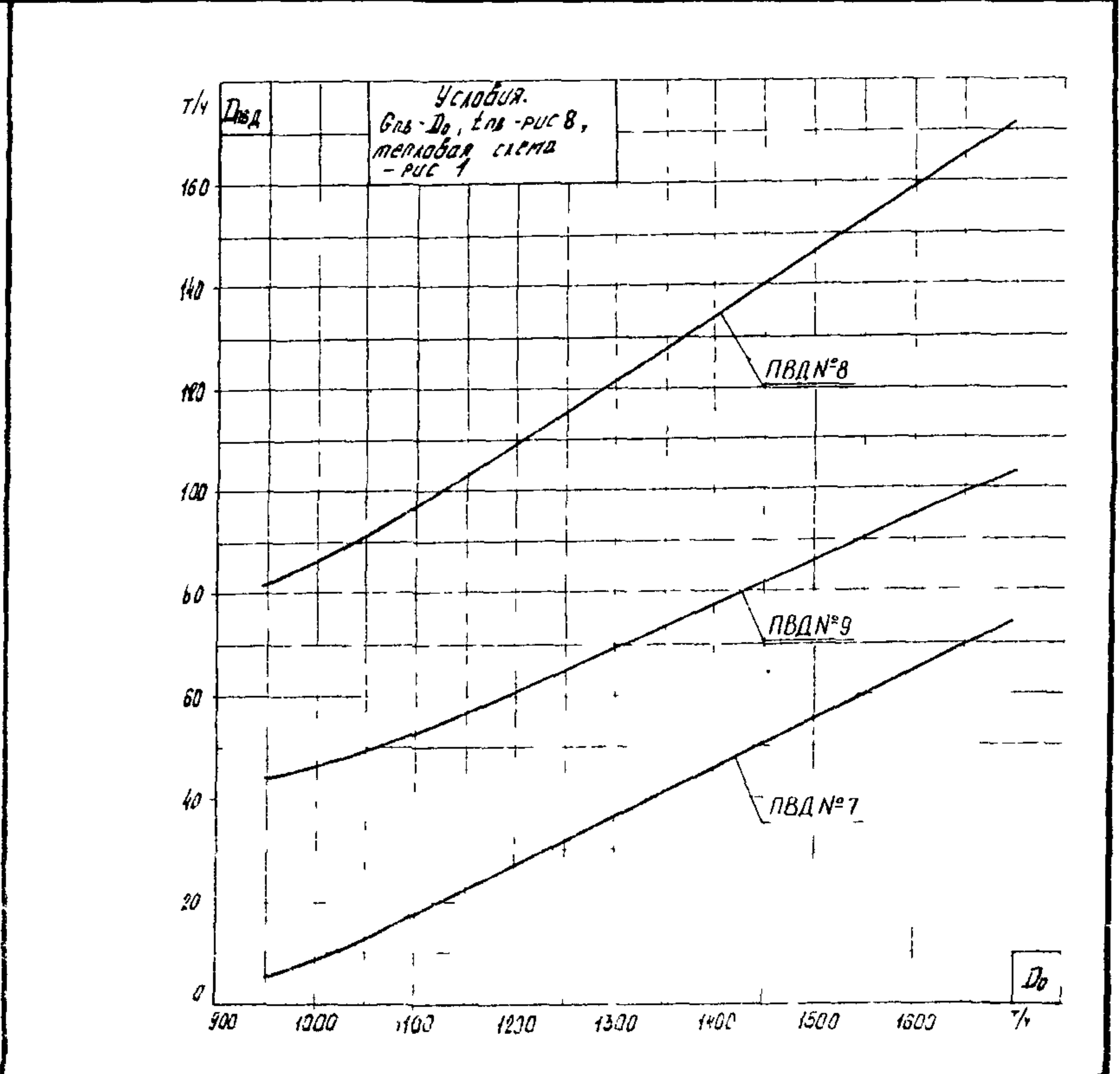
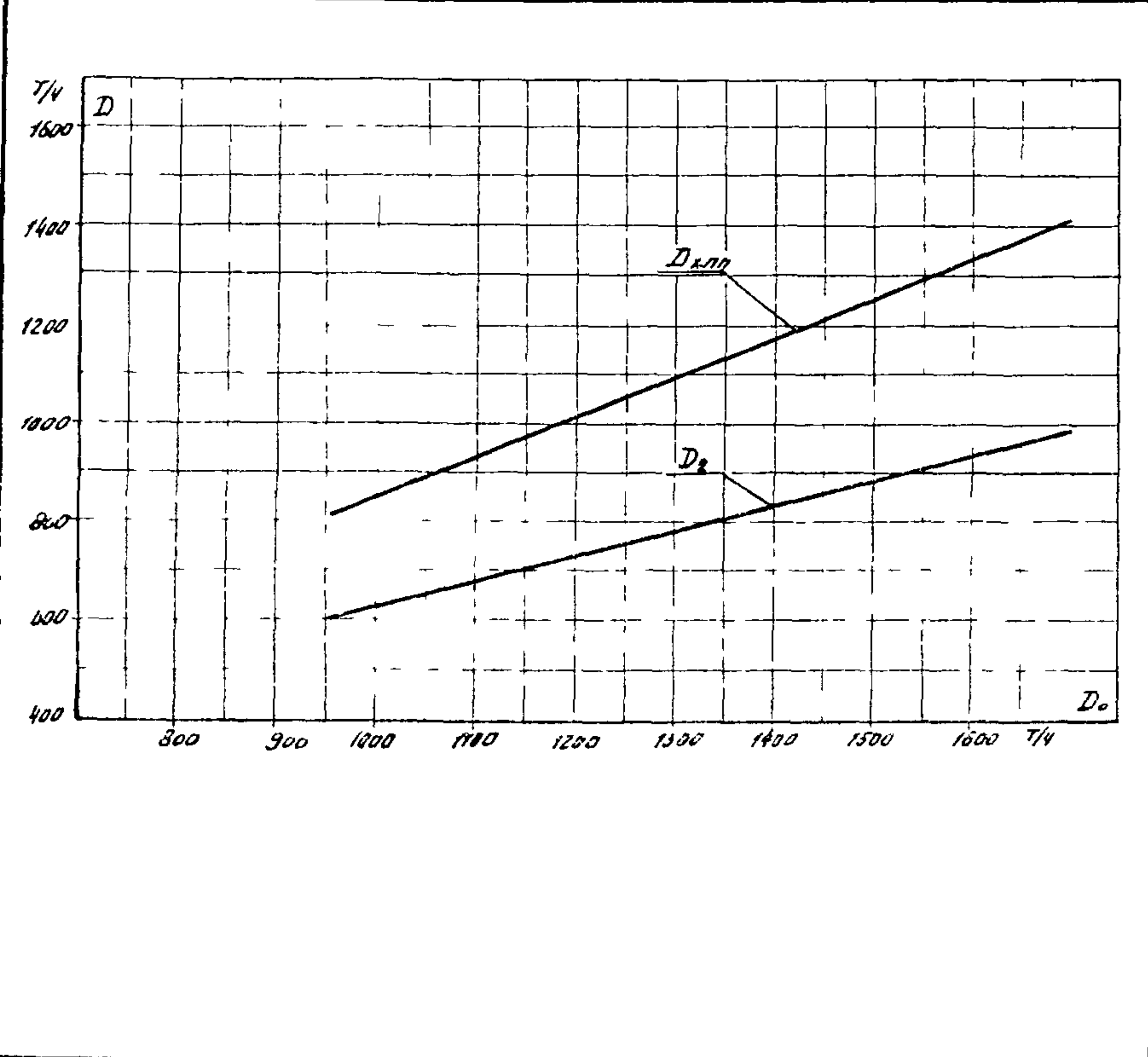


Рис. 18
 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ТУРБОАГРЕГАТА
 РАСХОД ПАРА НА ДЕАЭРАТОР
 Тип
 К-500-240-2
 ХТГЗ

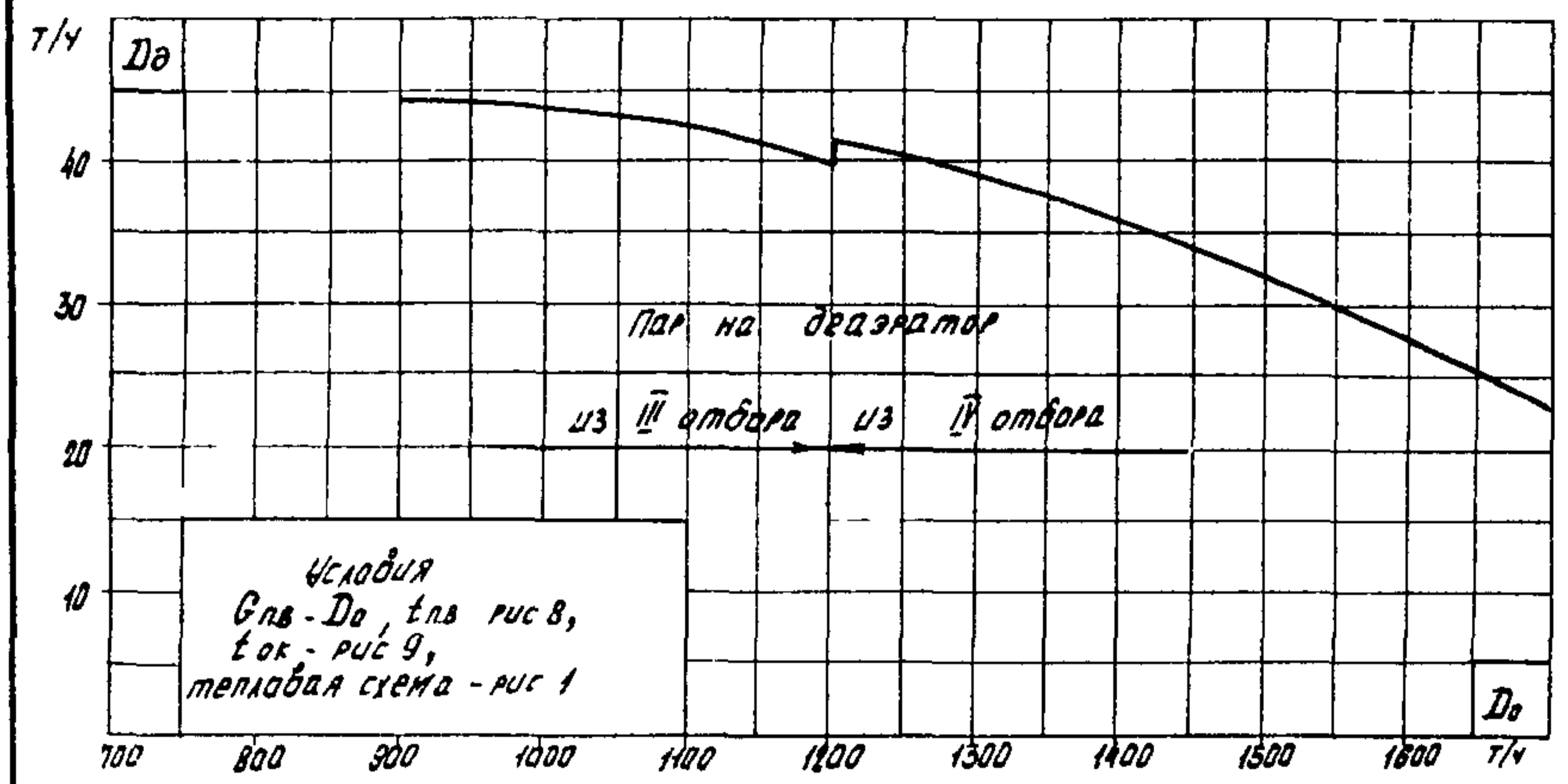
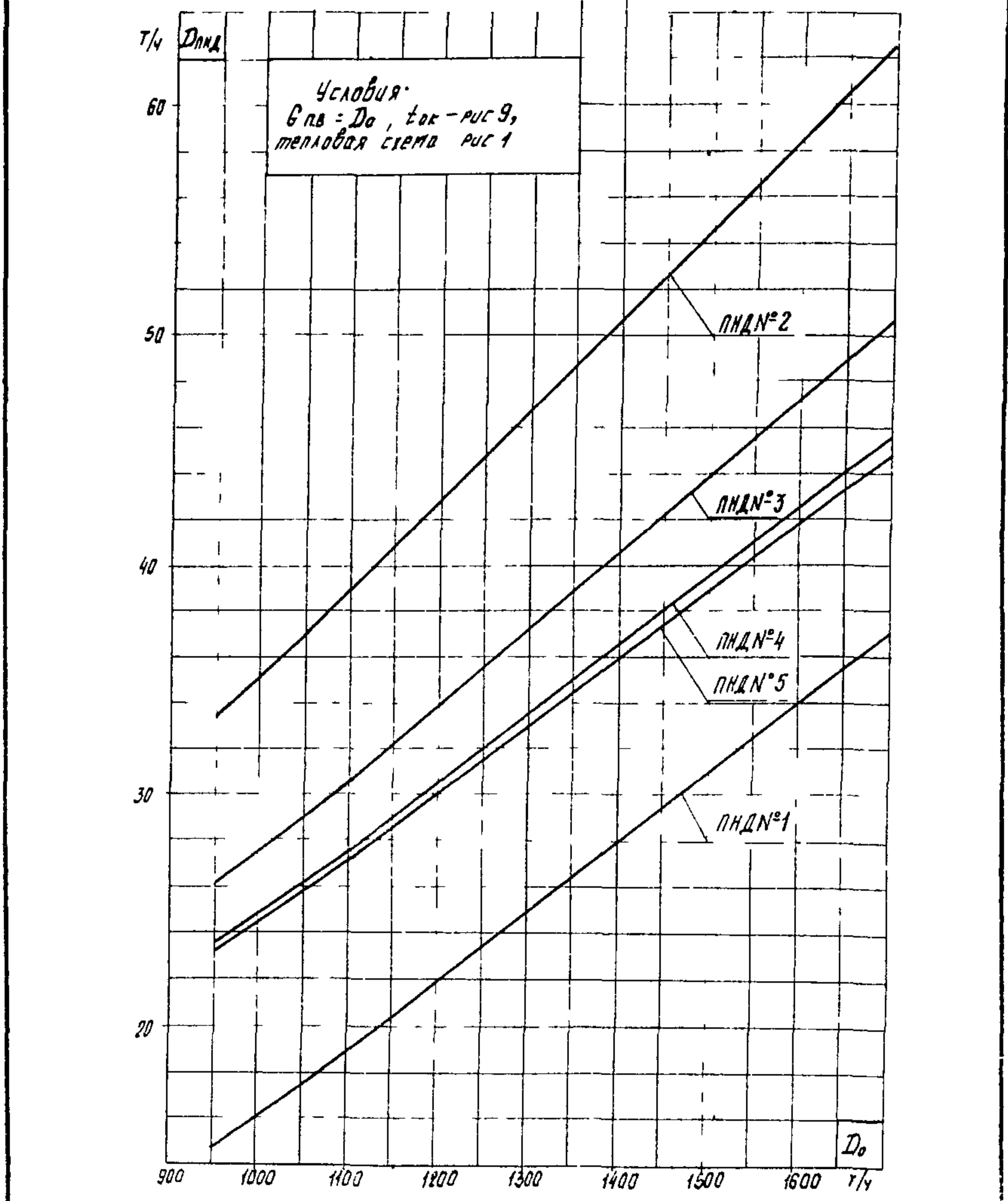


Рис. 19
 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
 ТУРБОАГРЕГАТА
 РАСХОД ПАРА НА ПИД
 Тип
 К-500-240-2
 ХТГЗ



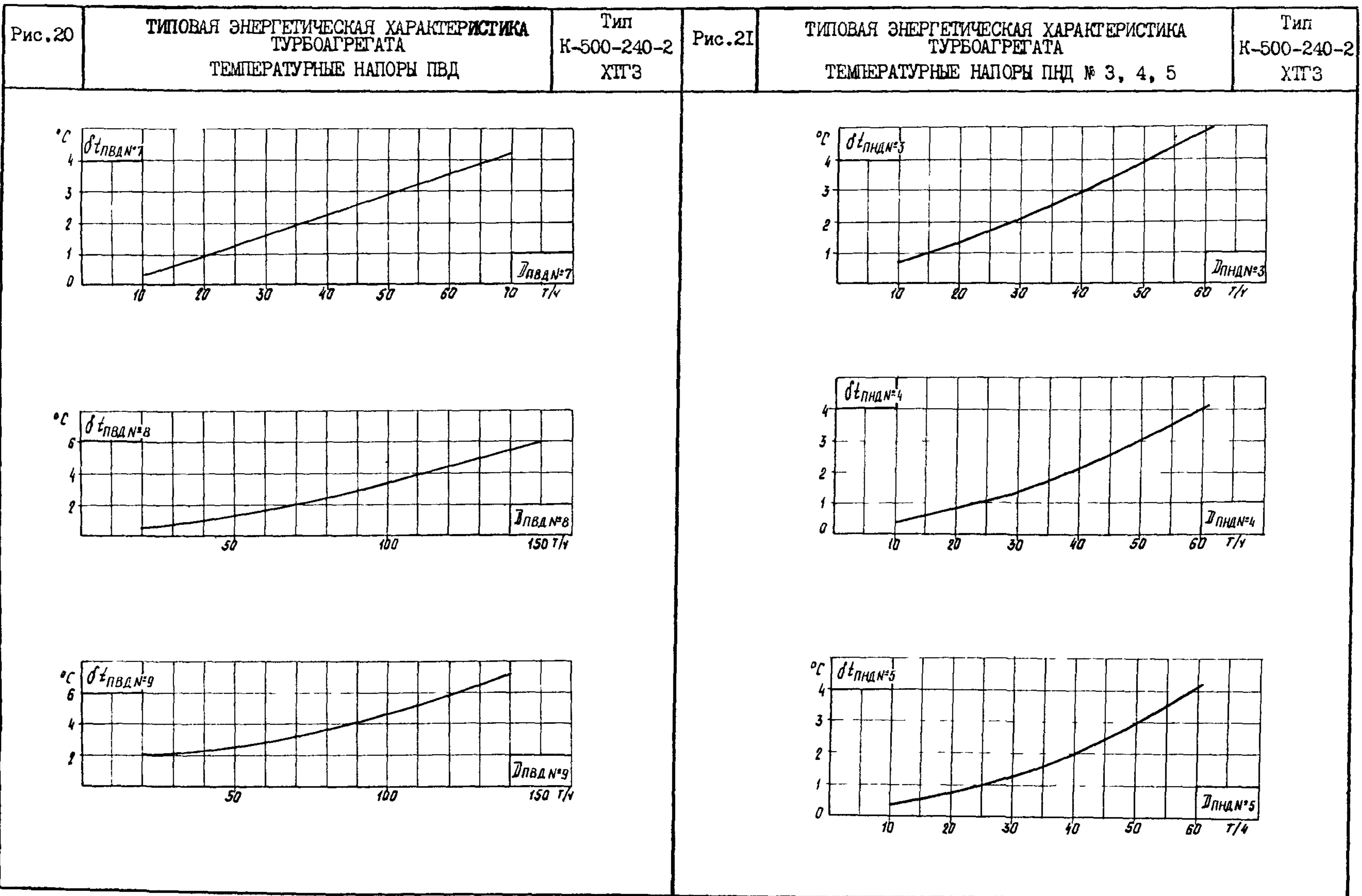


Рис.22 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПОРЫ ПИД № 1, 2
Тип К-500-240-2 ХТГЗ

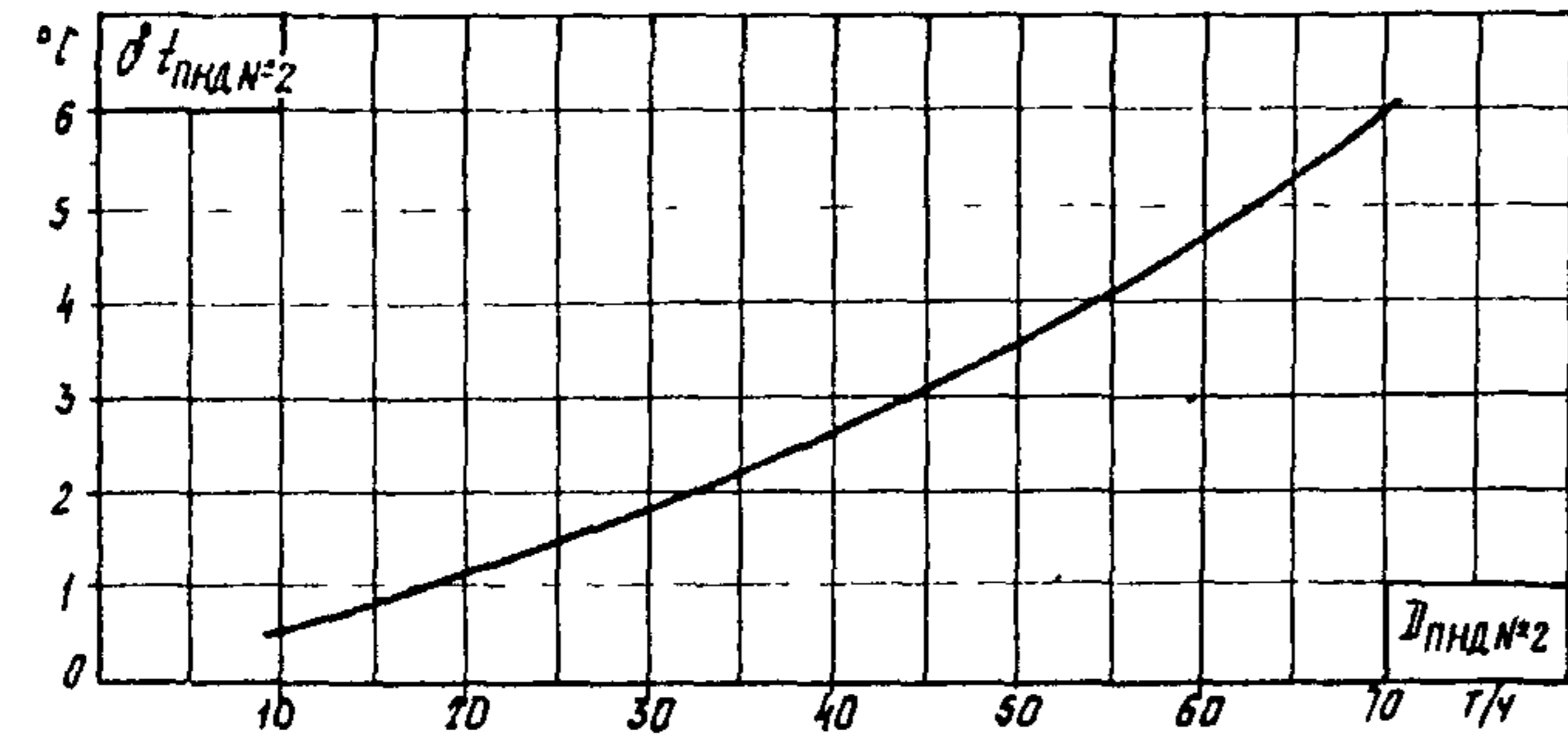
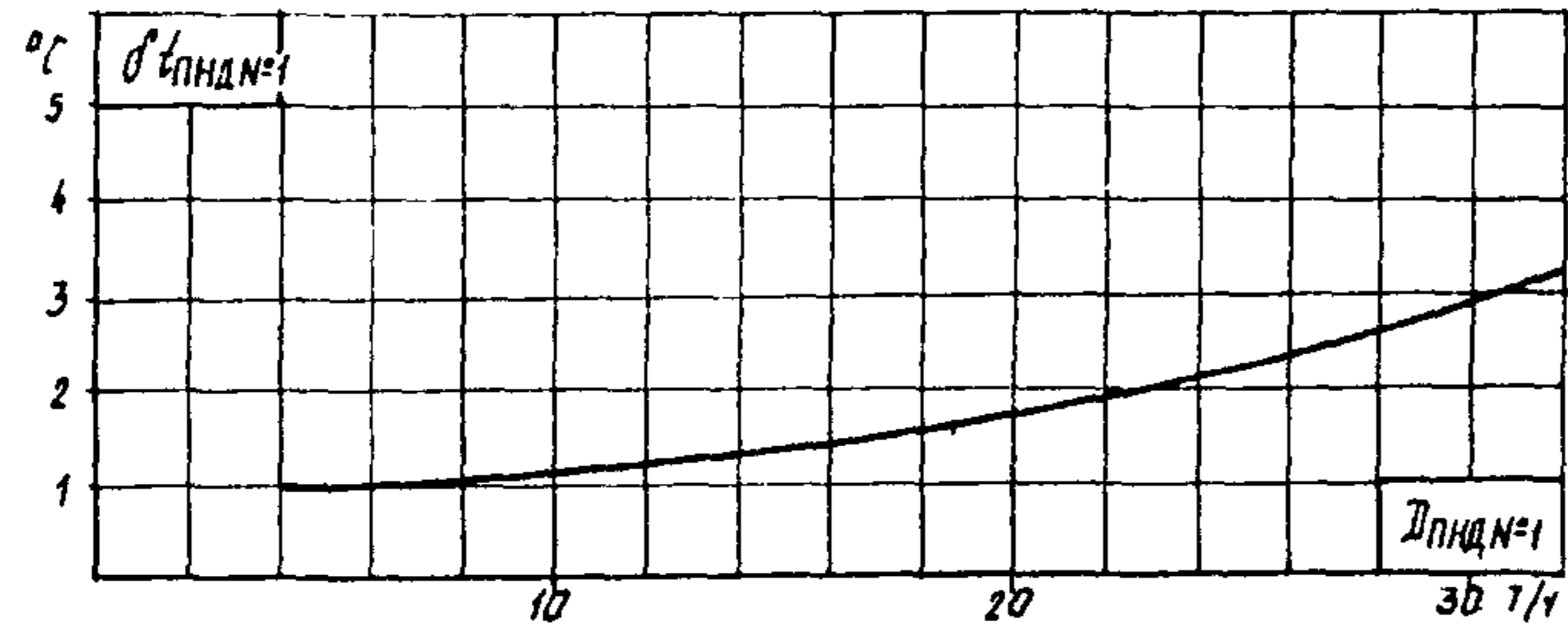


Рис.23 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ КПД ТУРБОАГРЕГАТА,
ПОТЕРИ МЕХАНИЧЕСКИЕ И ГЕНЕРАТОРА
Тип К-500-240-2 ХТГЗ

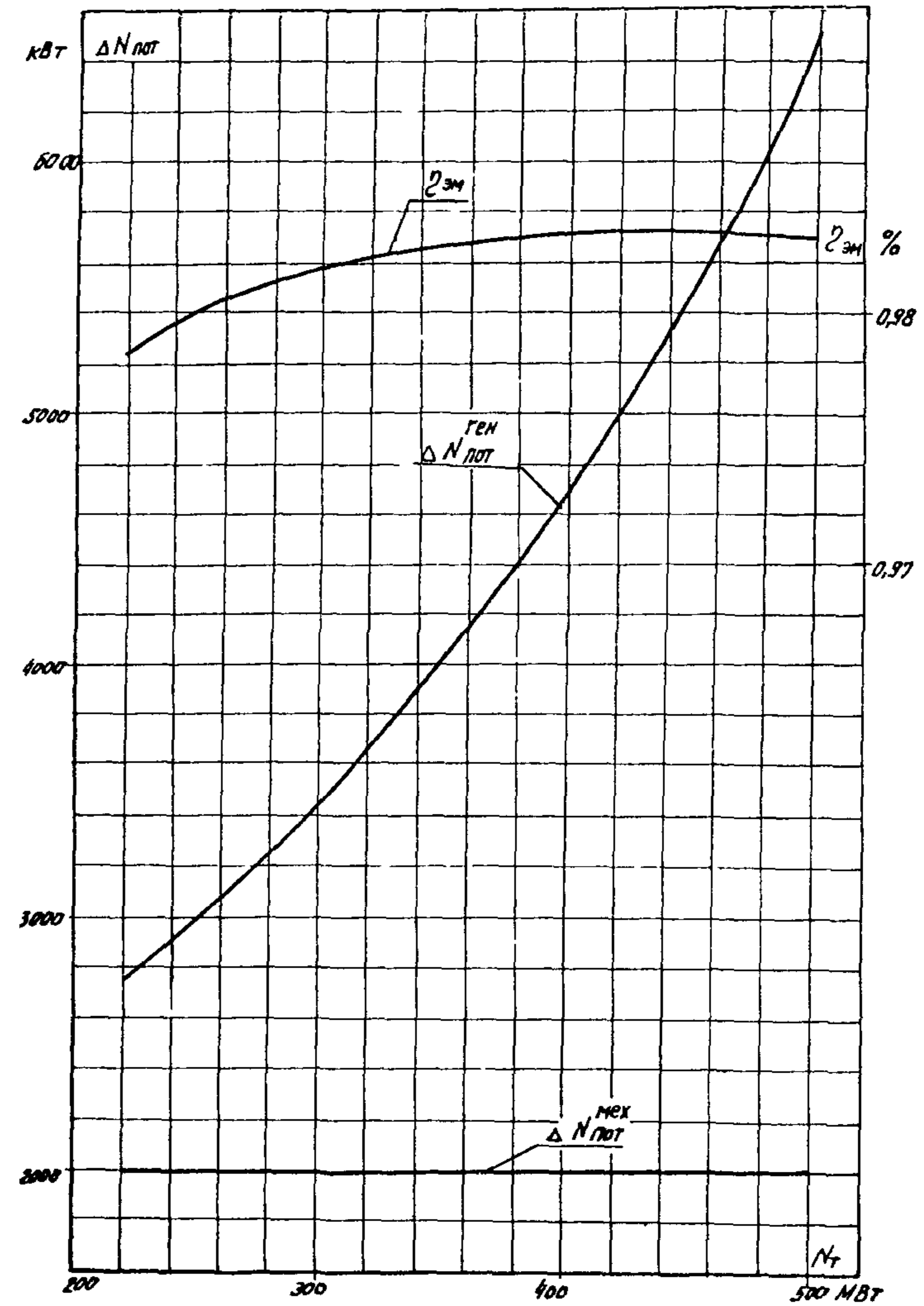


Рис.24,а

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ХАРАКТЕРИСТИКА КОНДЕНСАТОРА К-II520-2 ХТГЗ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

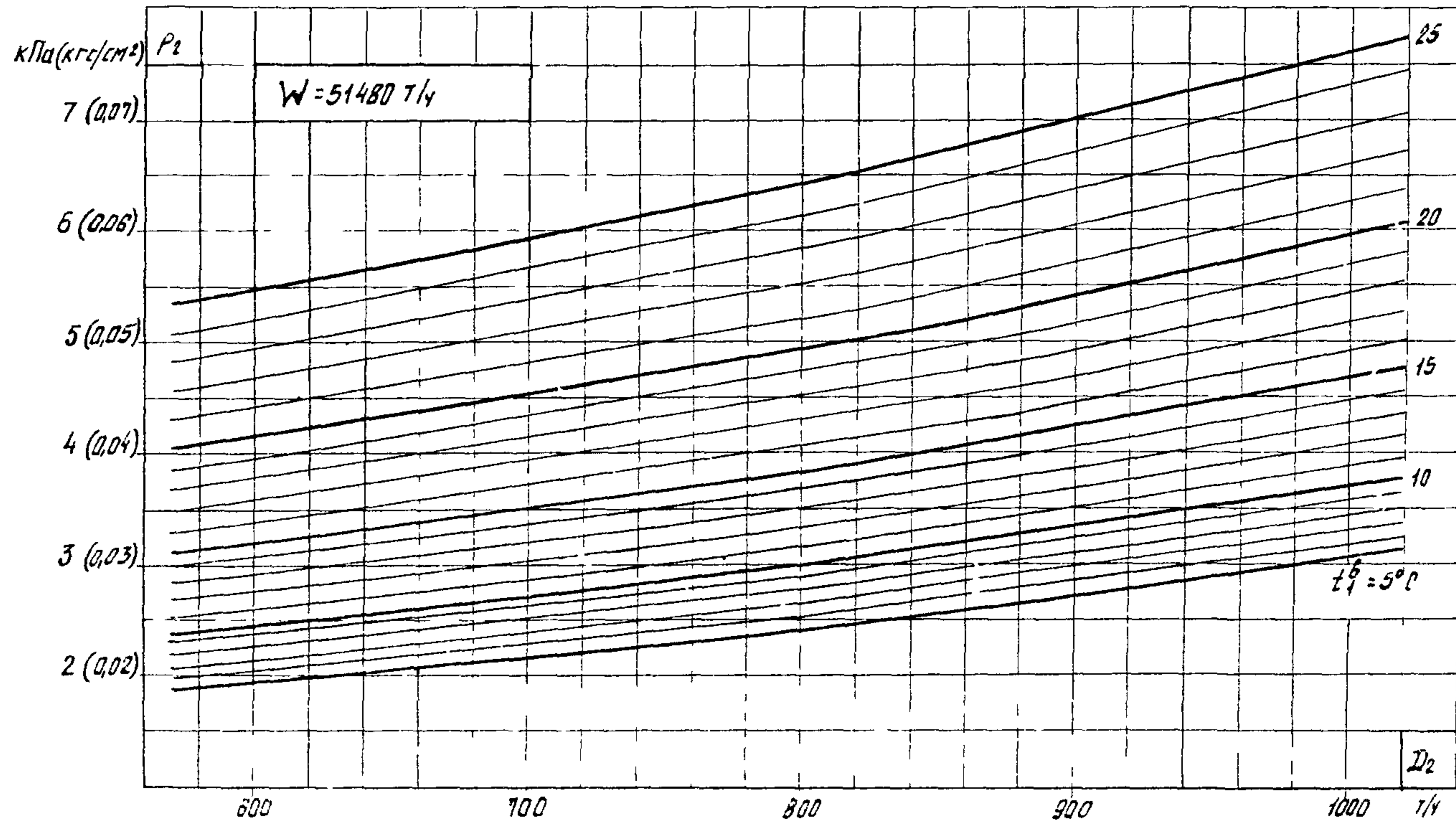
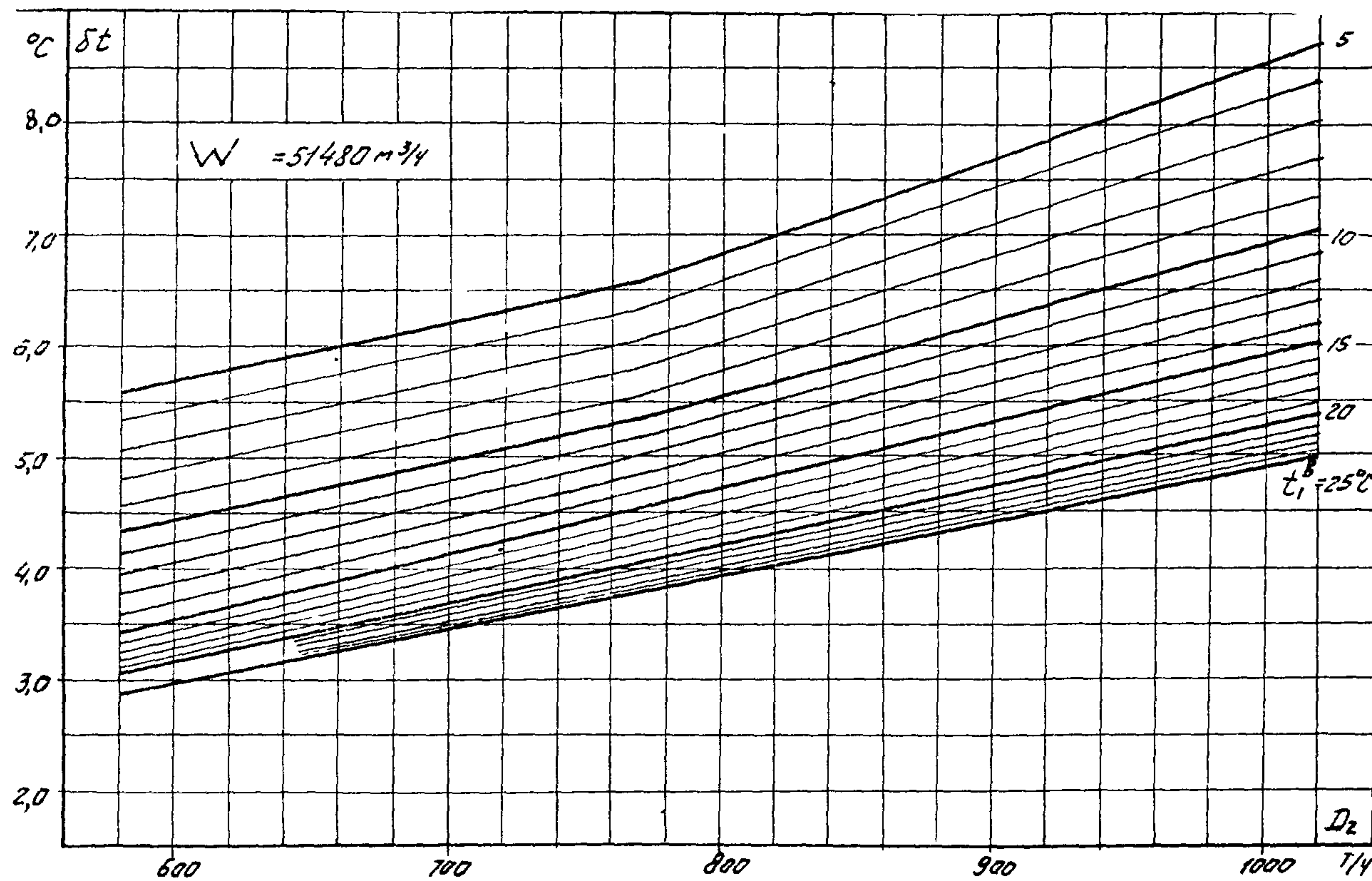
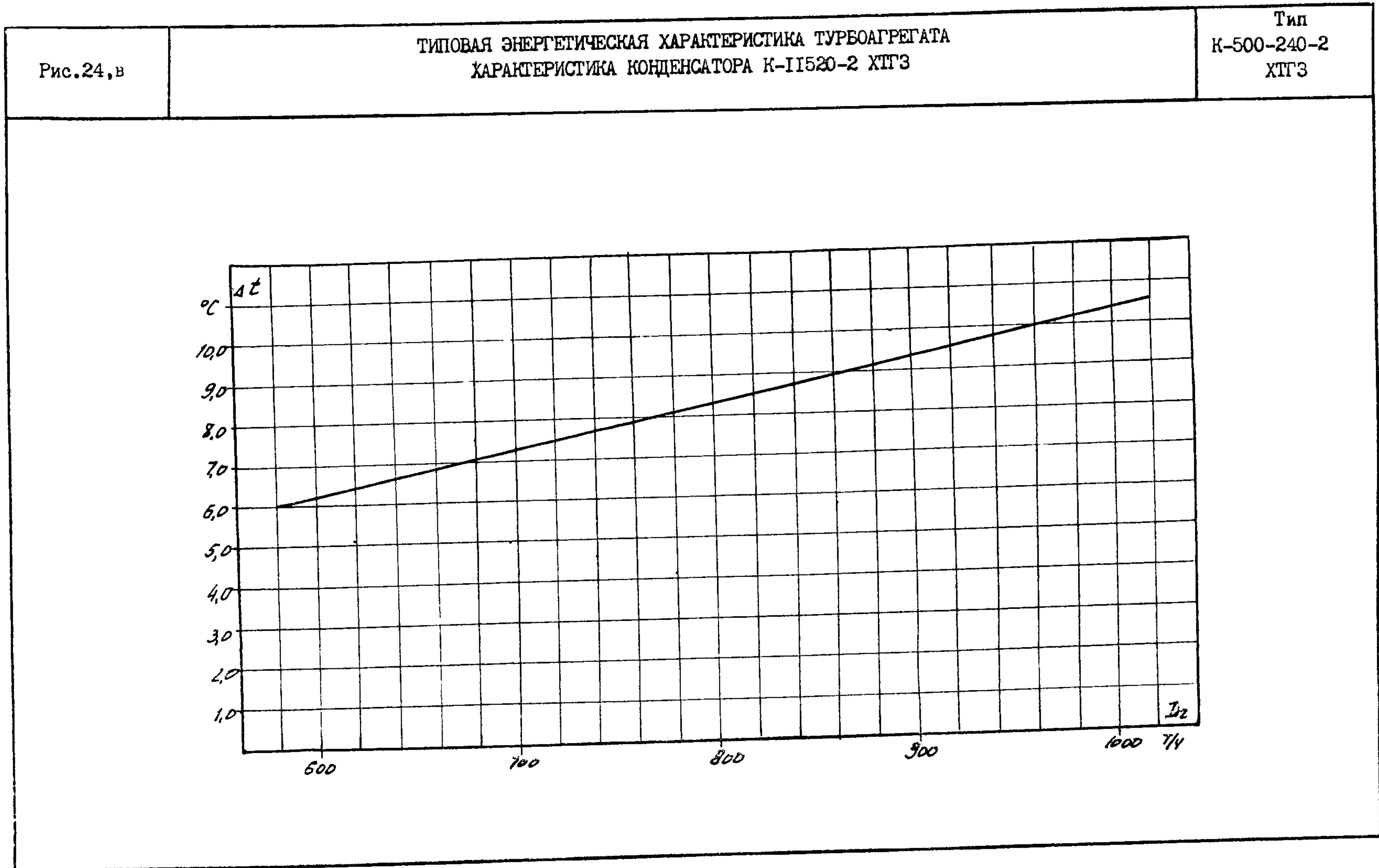


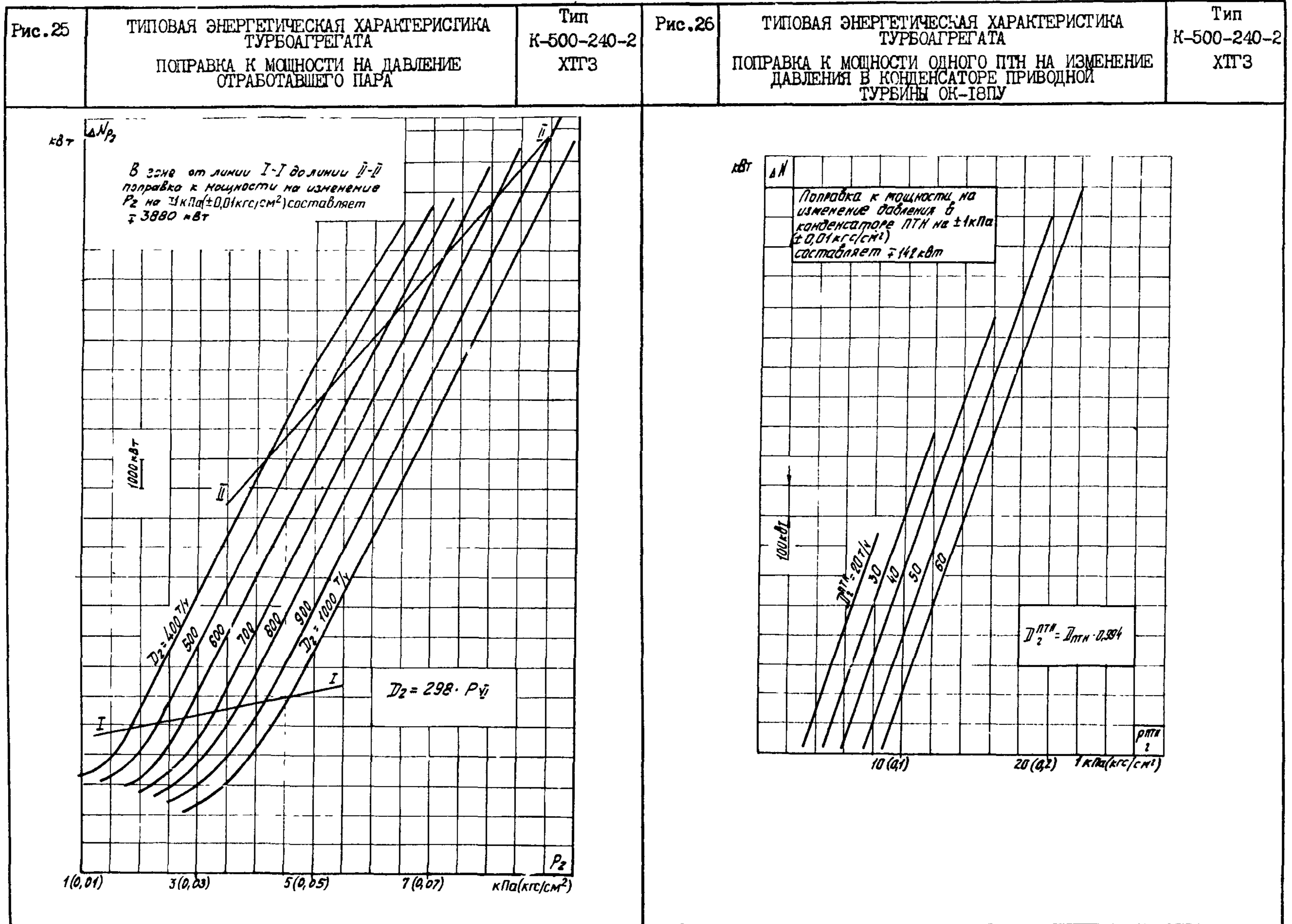
Рис. 24,6

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

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ







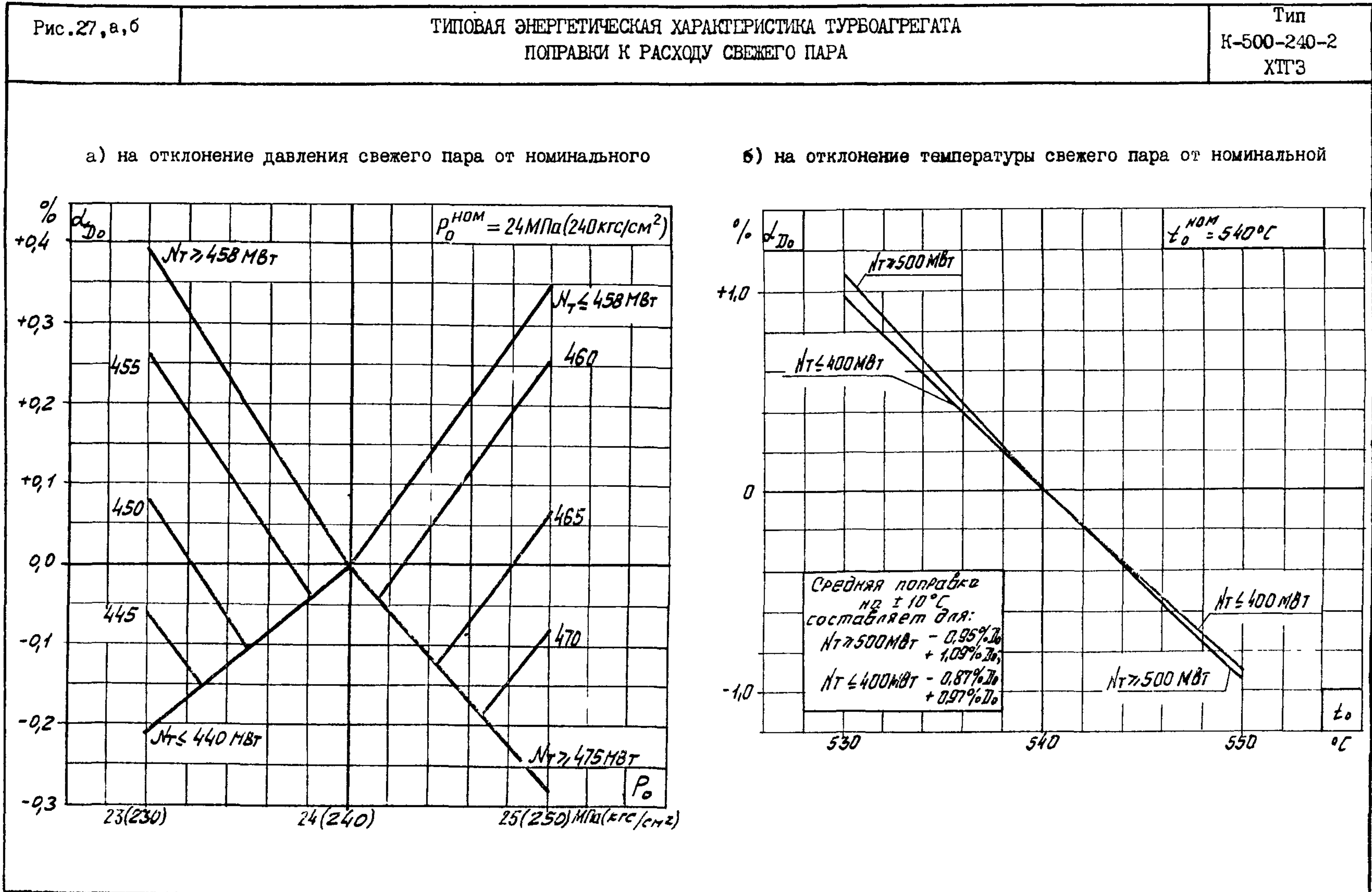
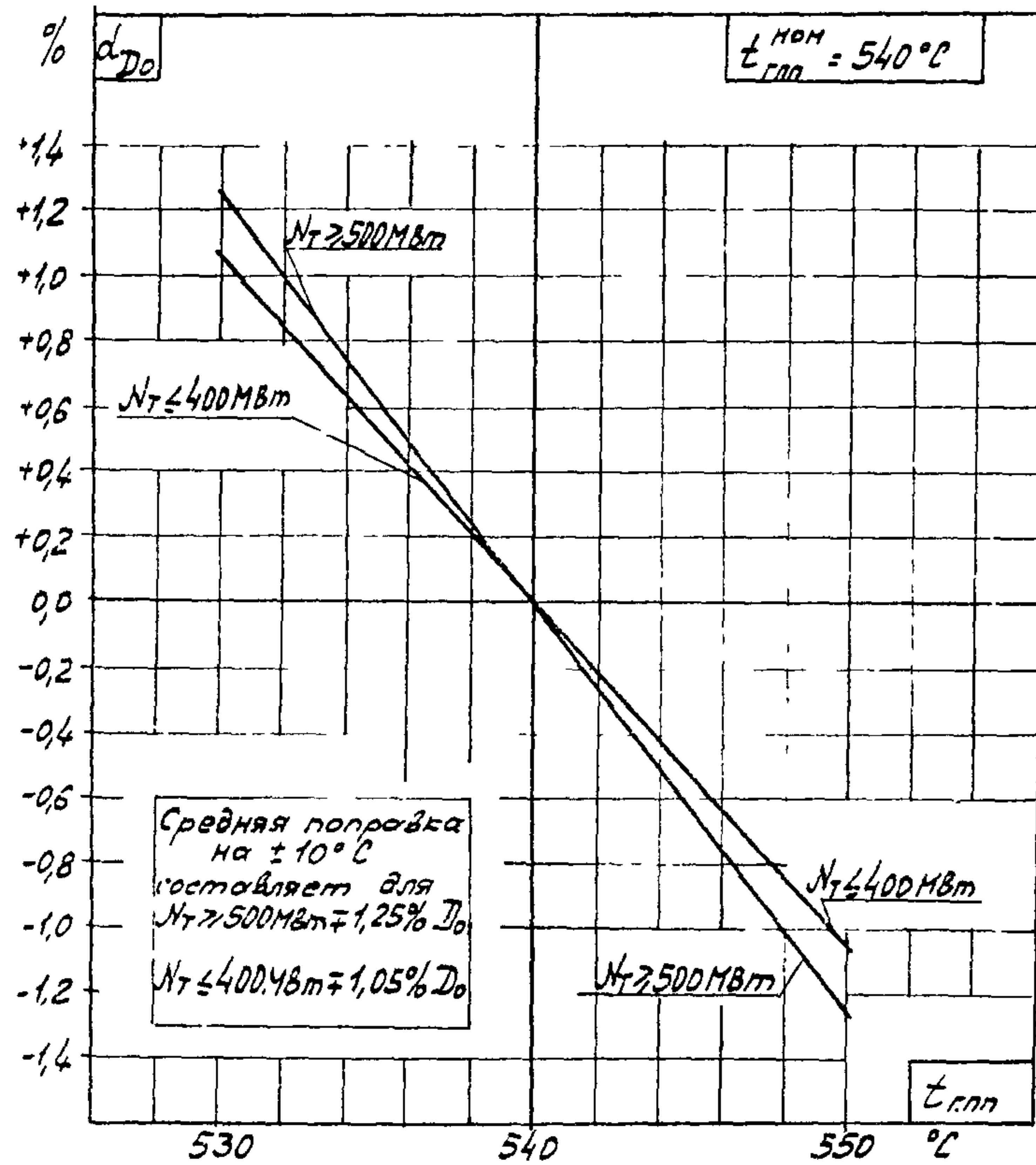


Рис. 27, в, г	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА	Тип К-500-240-2 ХТГЗ
---------------	--	----------------------------

в) на отклонение температуры пара промперегрева от номинальной



г) на изменение потери давления в тракте промперегрева

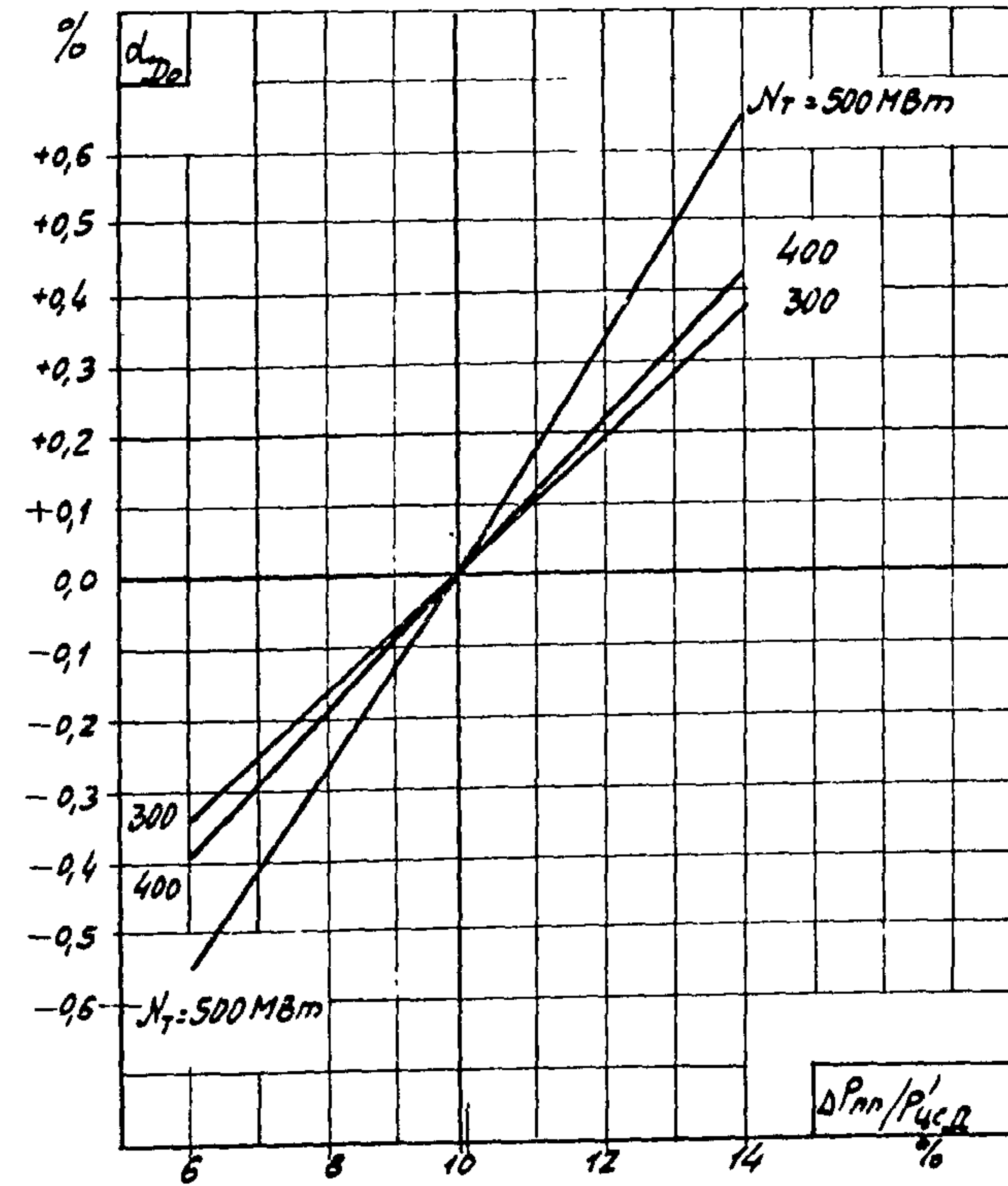
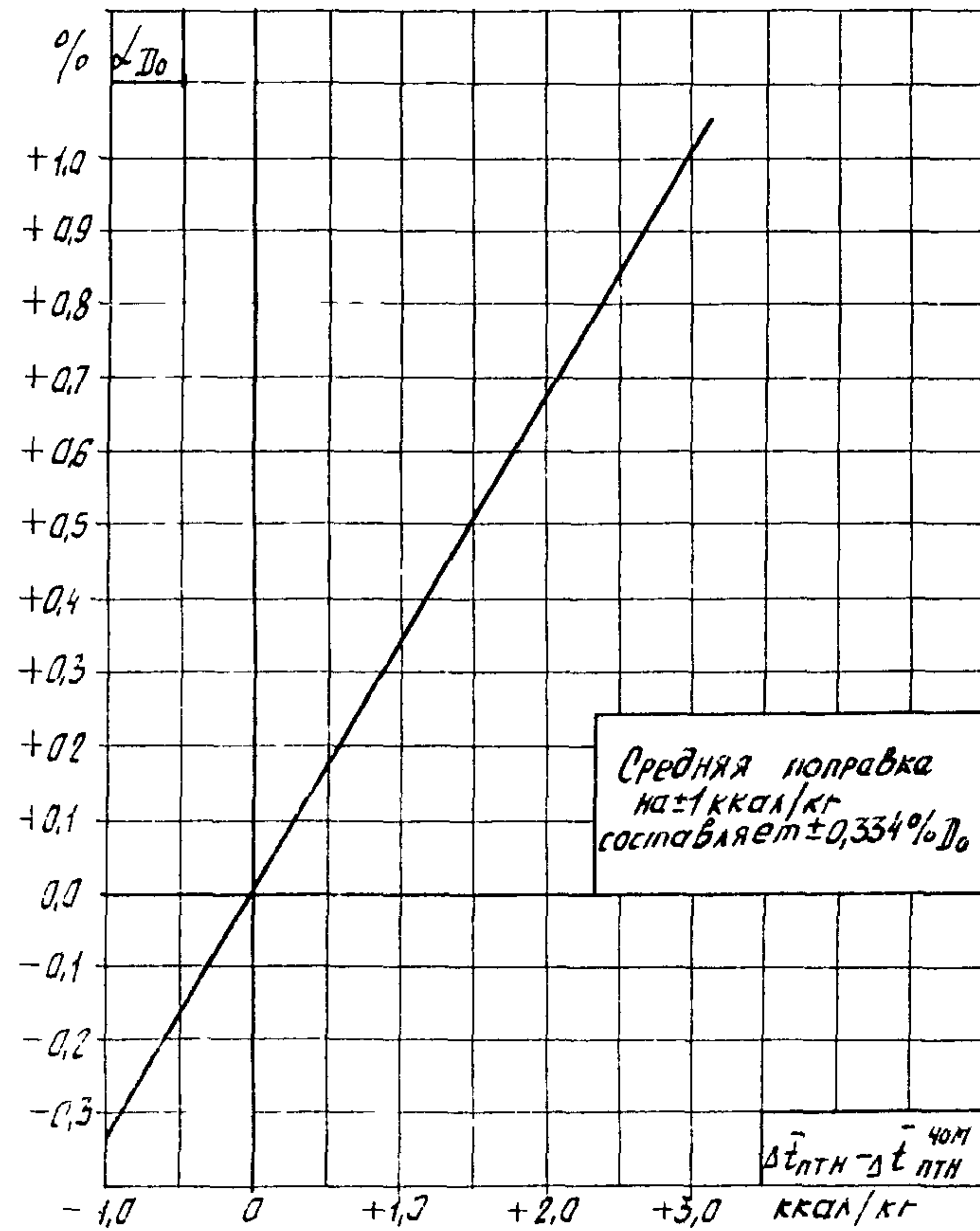


Рис. 27, д, е	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА	Тип К-500-240-2 ХТГЗ
---------------	--	----------------------------

д) на изменение нагрева воды в питательном турбонасосе



е) на отклонение нагрева питательной воды в ПВД

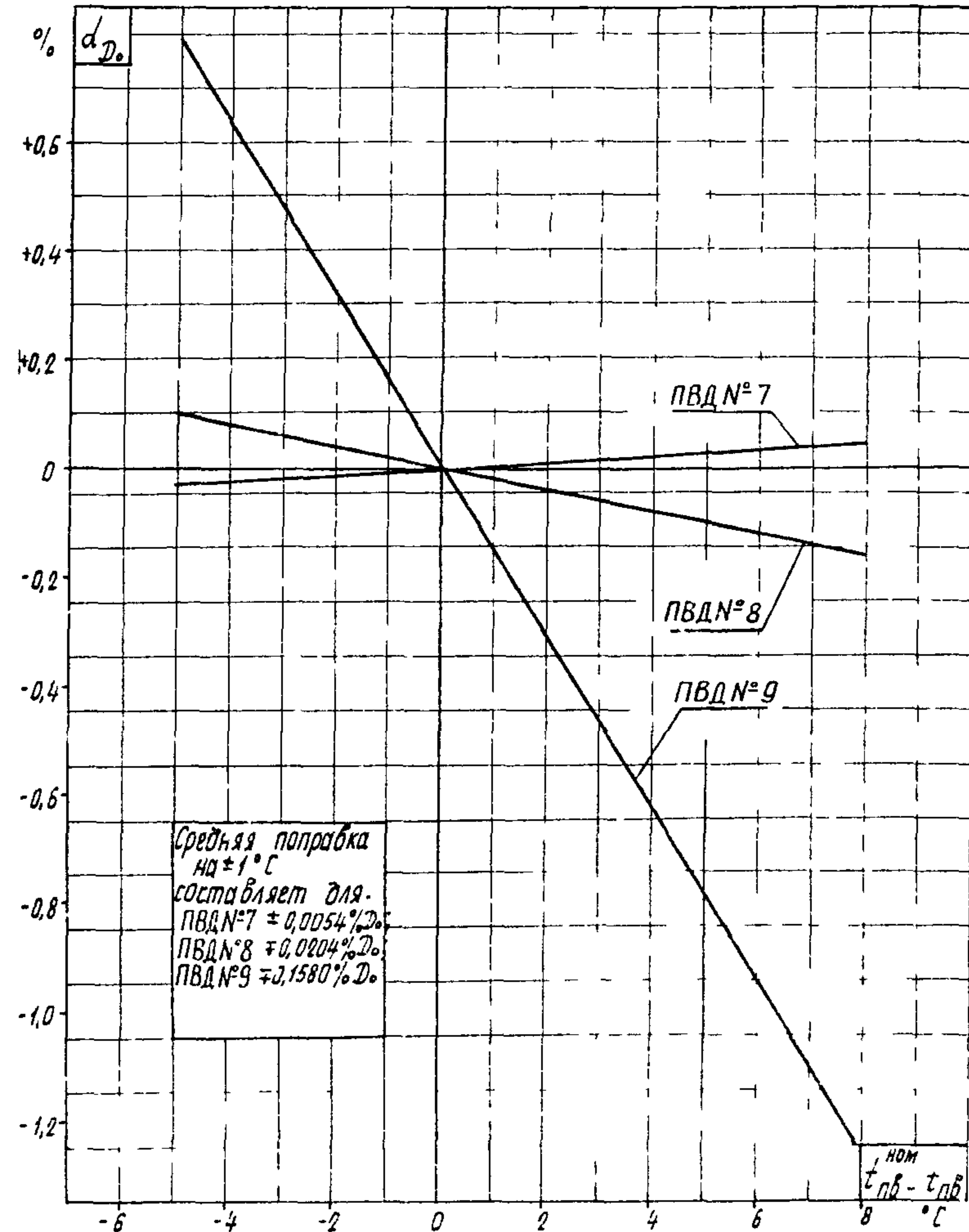


Рис.27, ж, з

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

ж) на отклонение нагрева основного конденсата в ПВД

з) на отключение группы ПВД

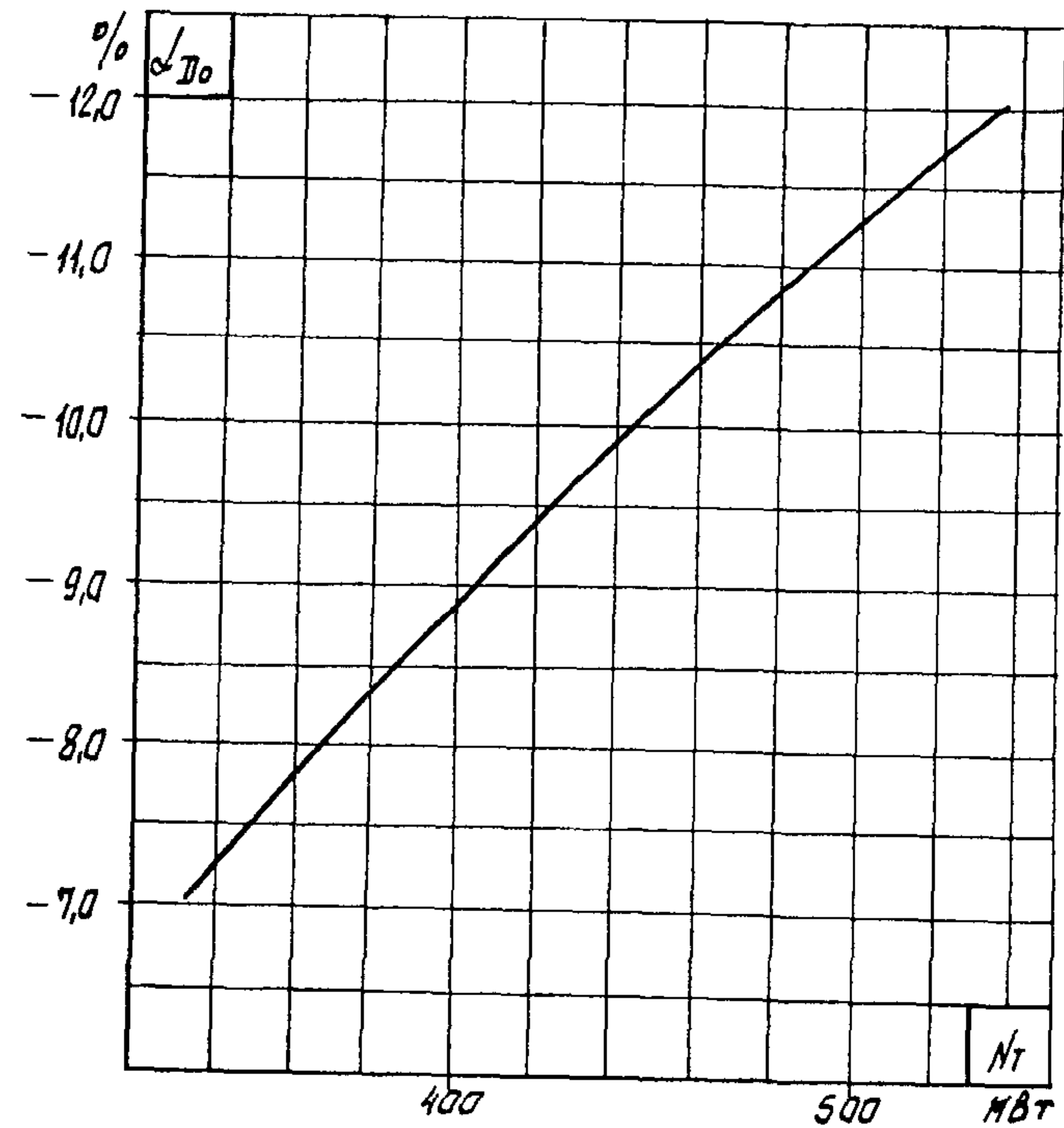
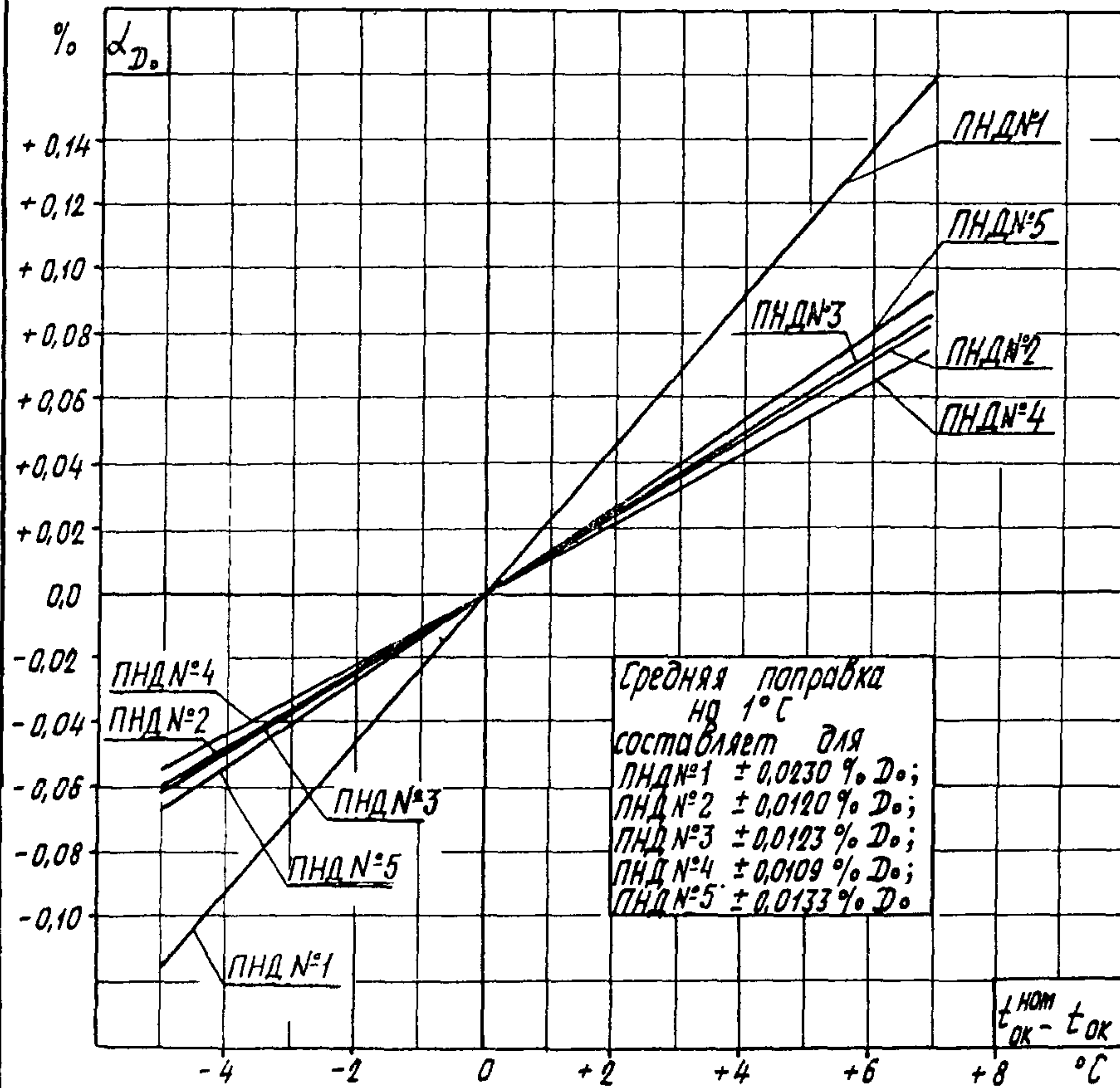
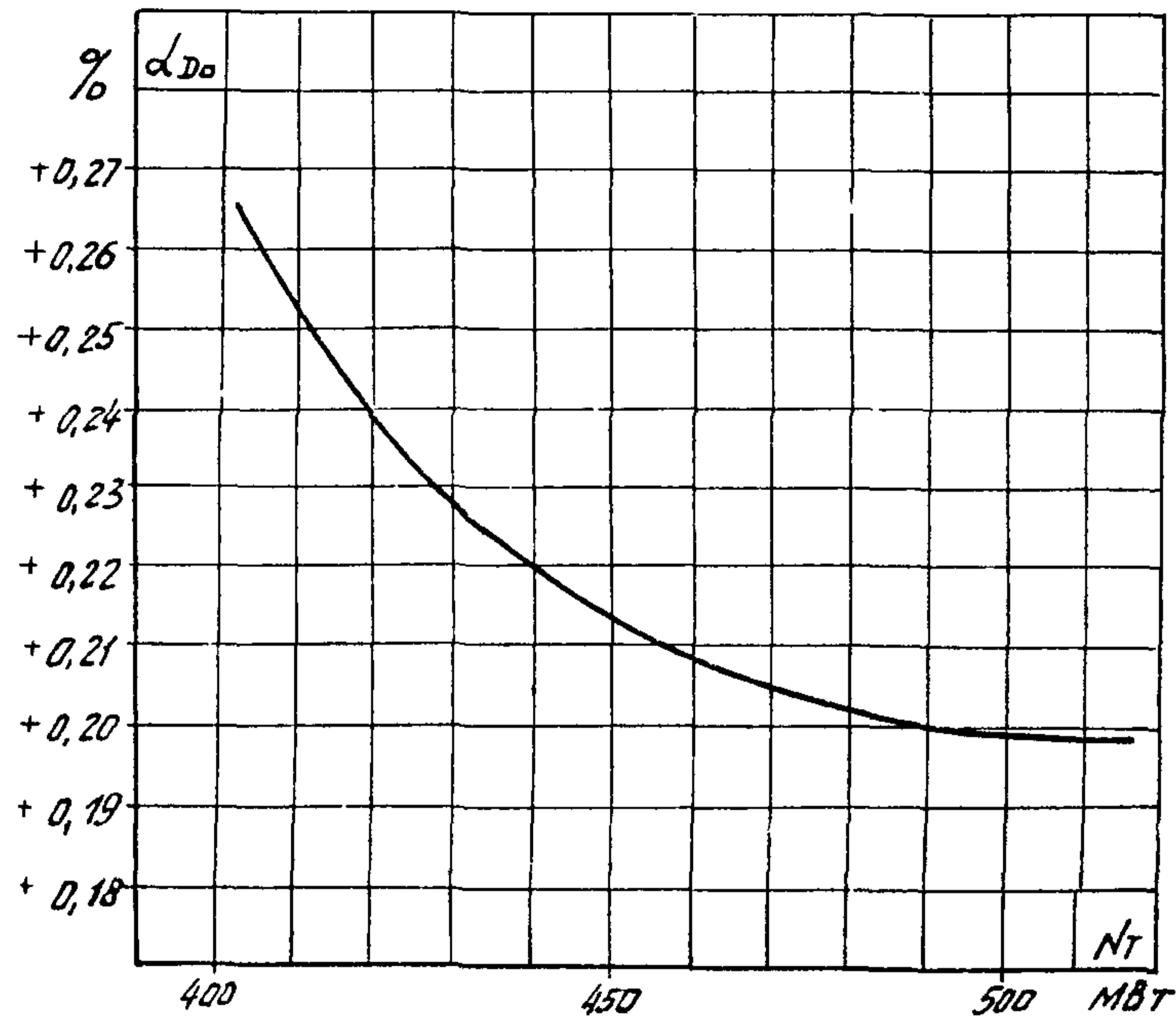


Рис. 27, и, к

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

и) на перевод питания деаэратора с IV на III отбор



к) на увеличение расхода пара IV отбора на ПГН

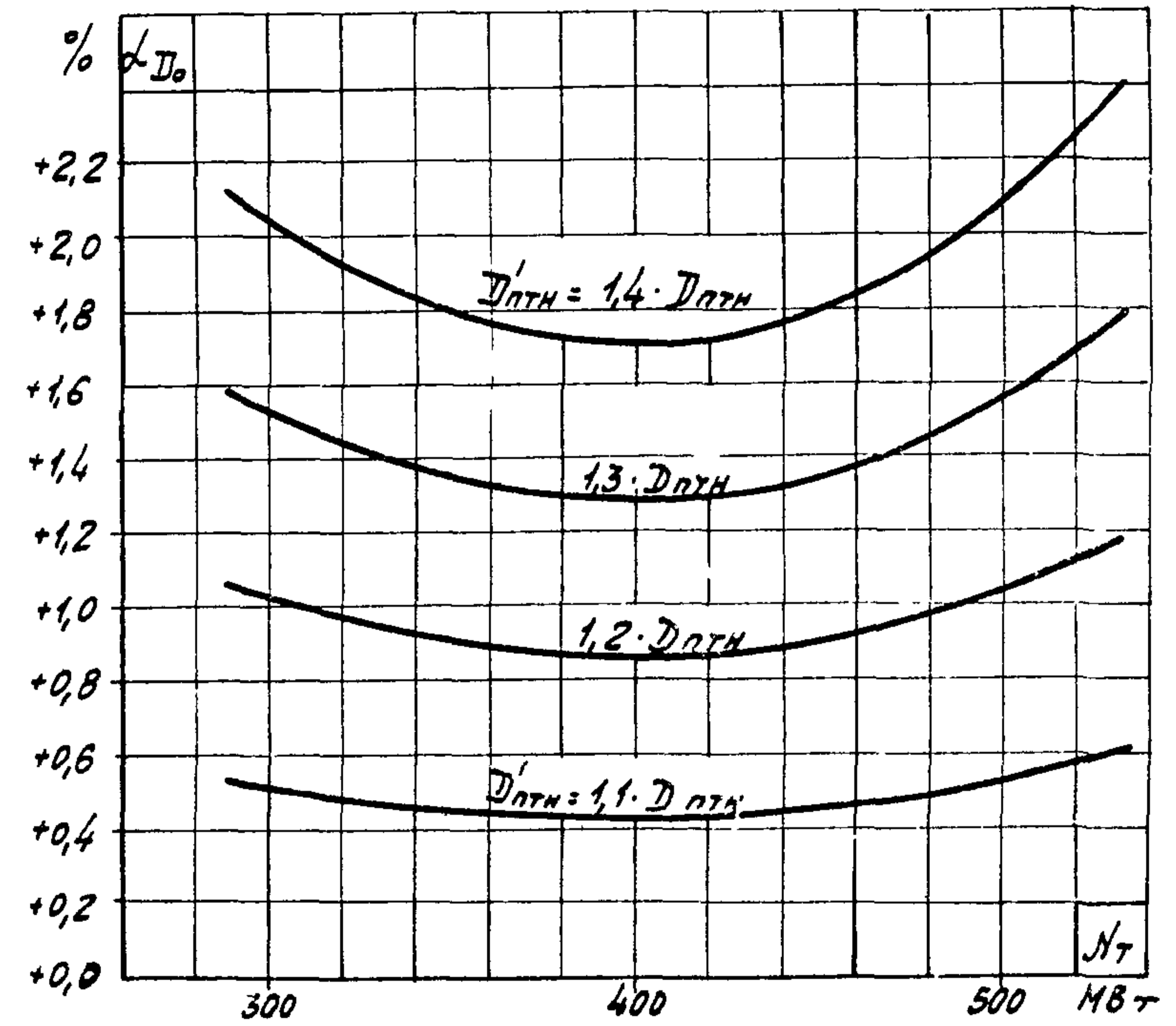
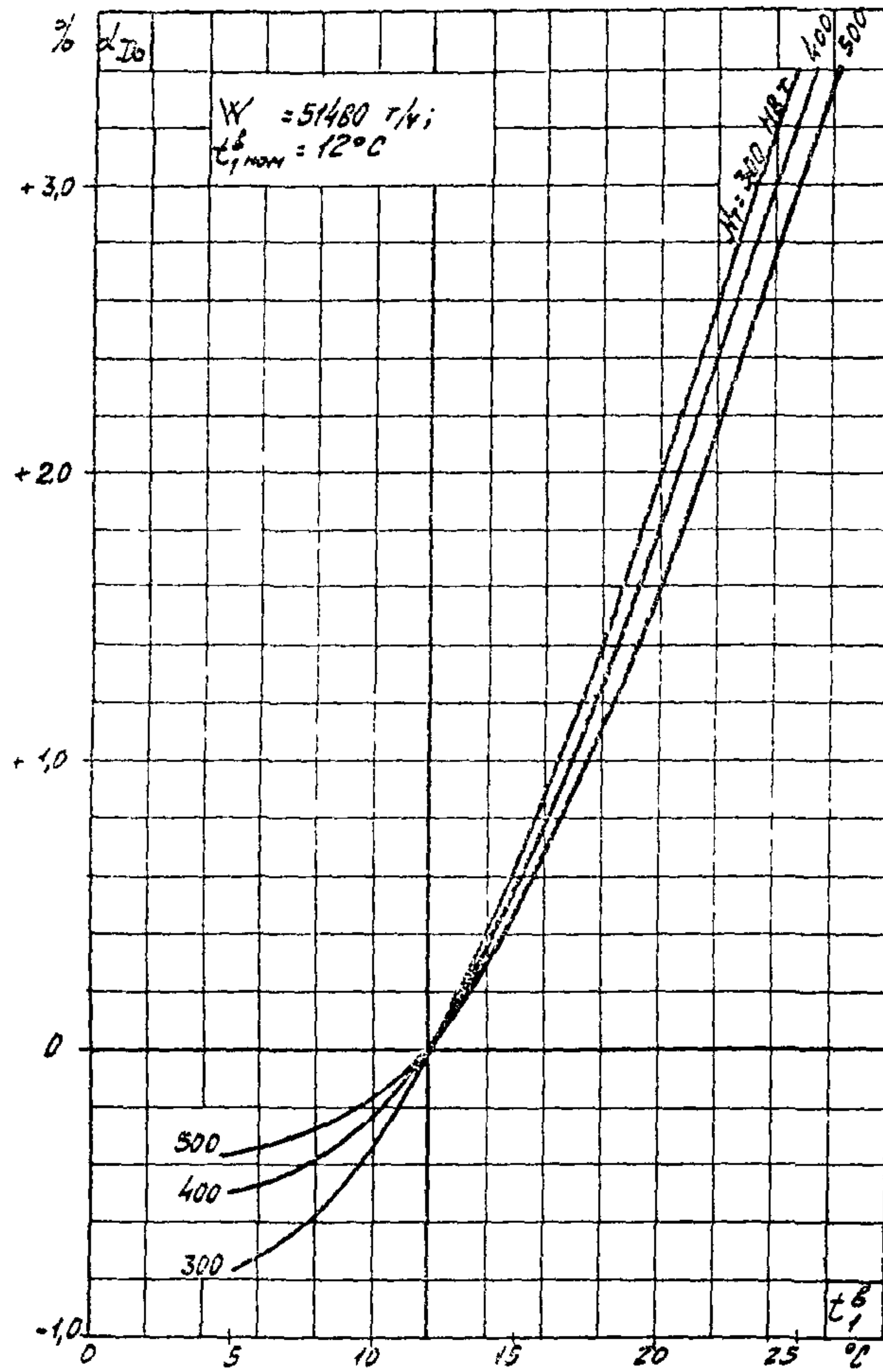


Рис. 27, л, м

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 конденсаторе турбины от номинального

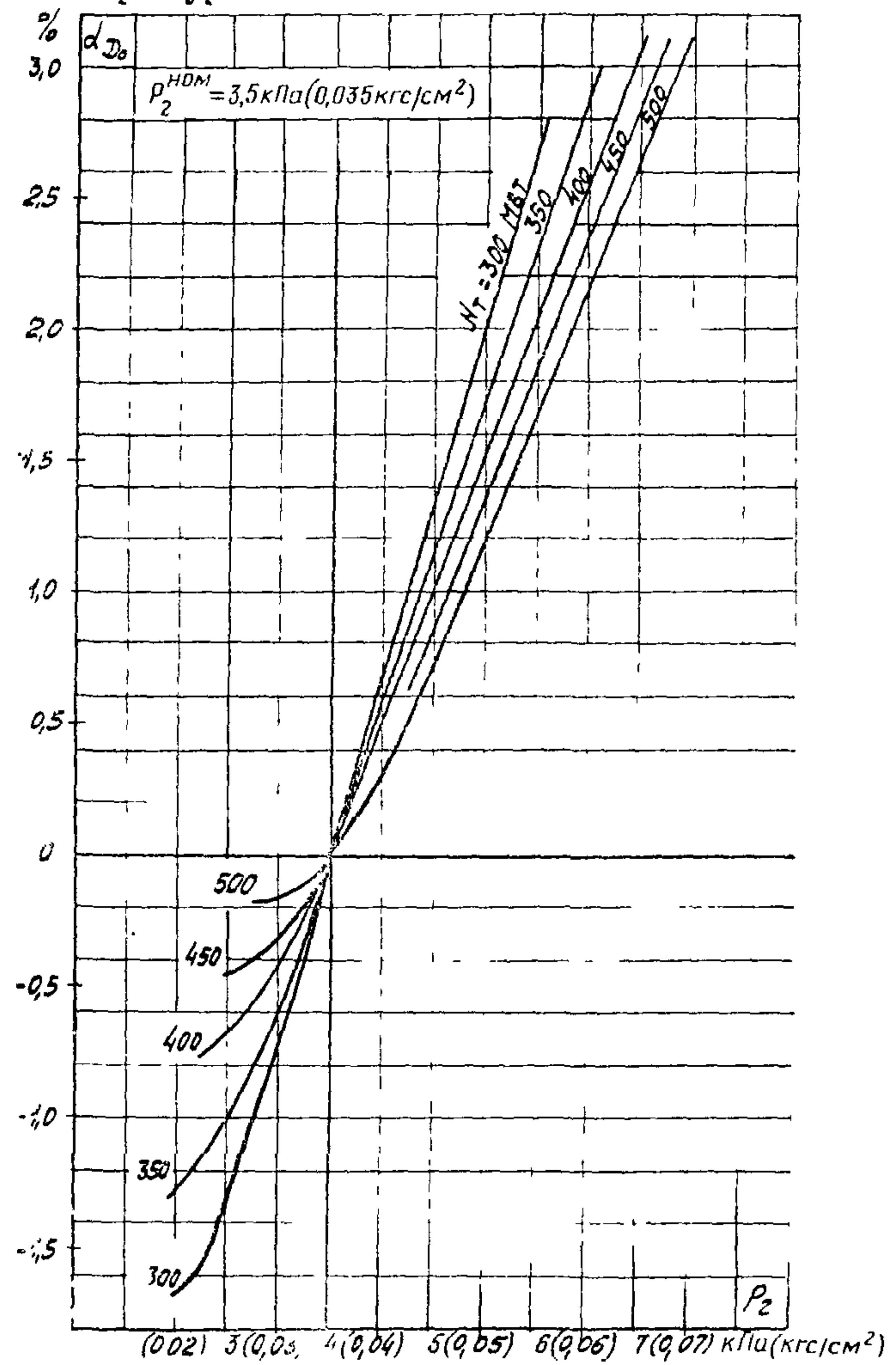
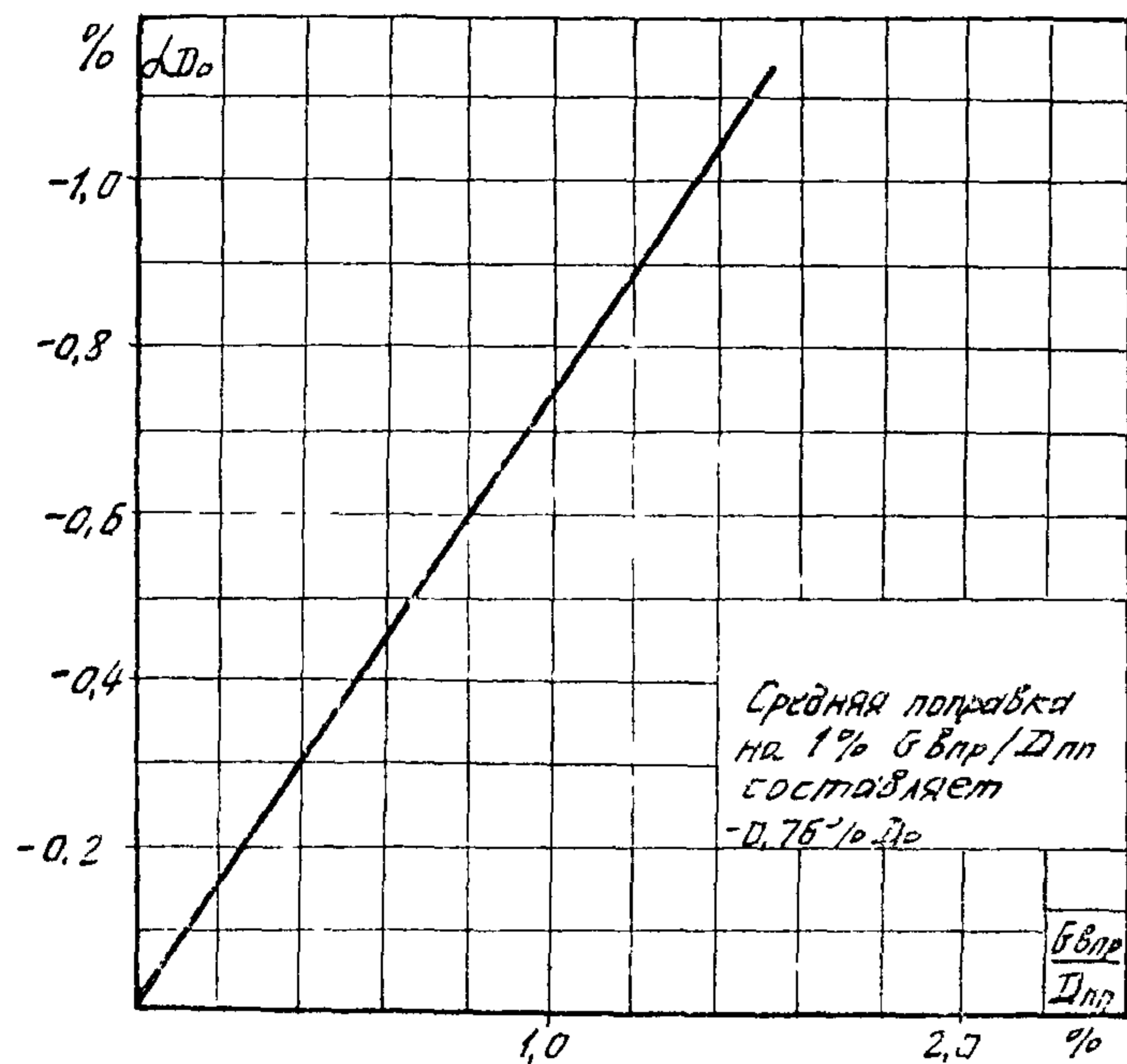


Рис. 27, н, о, п

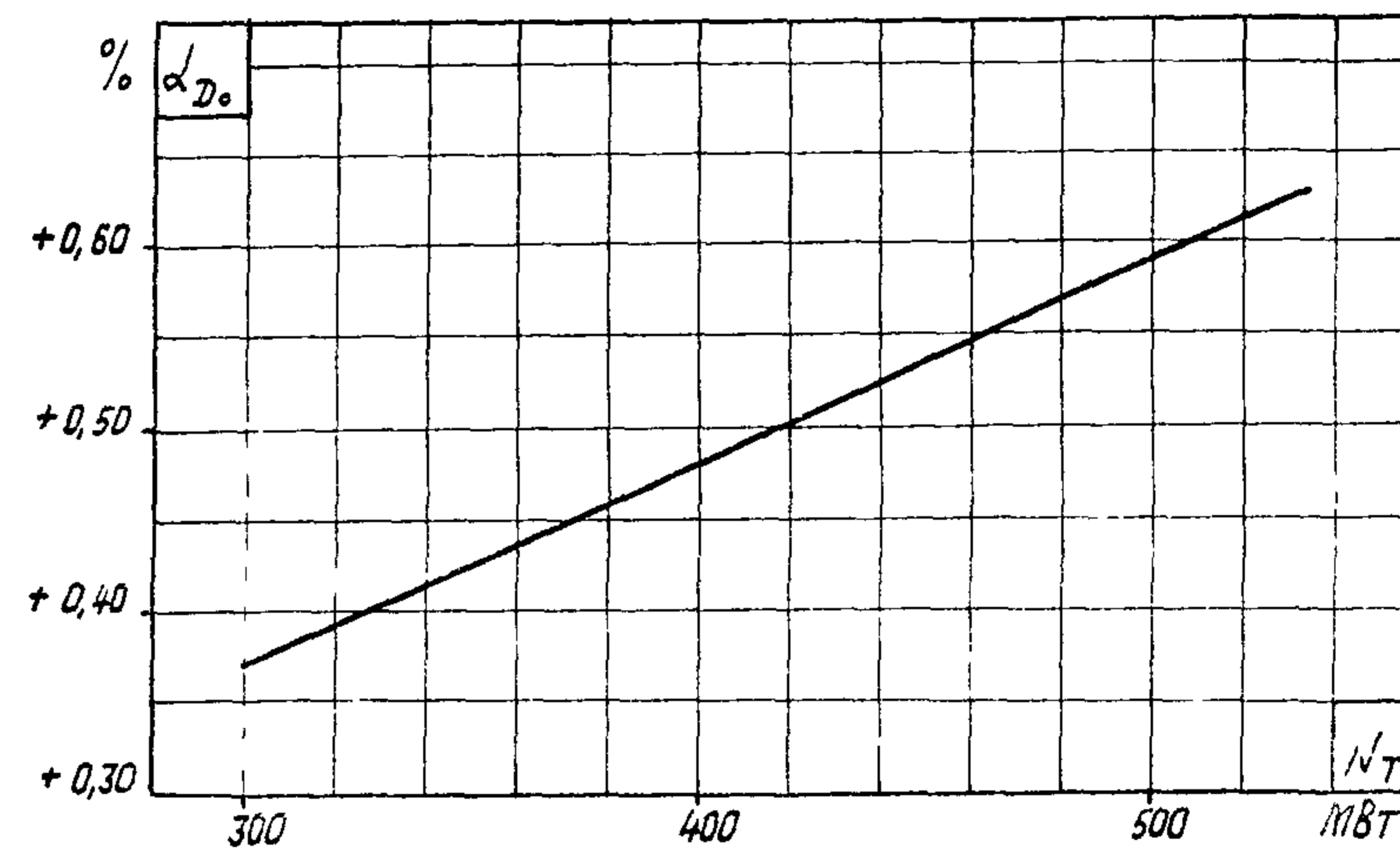
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

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

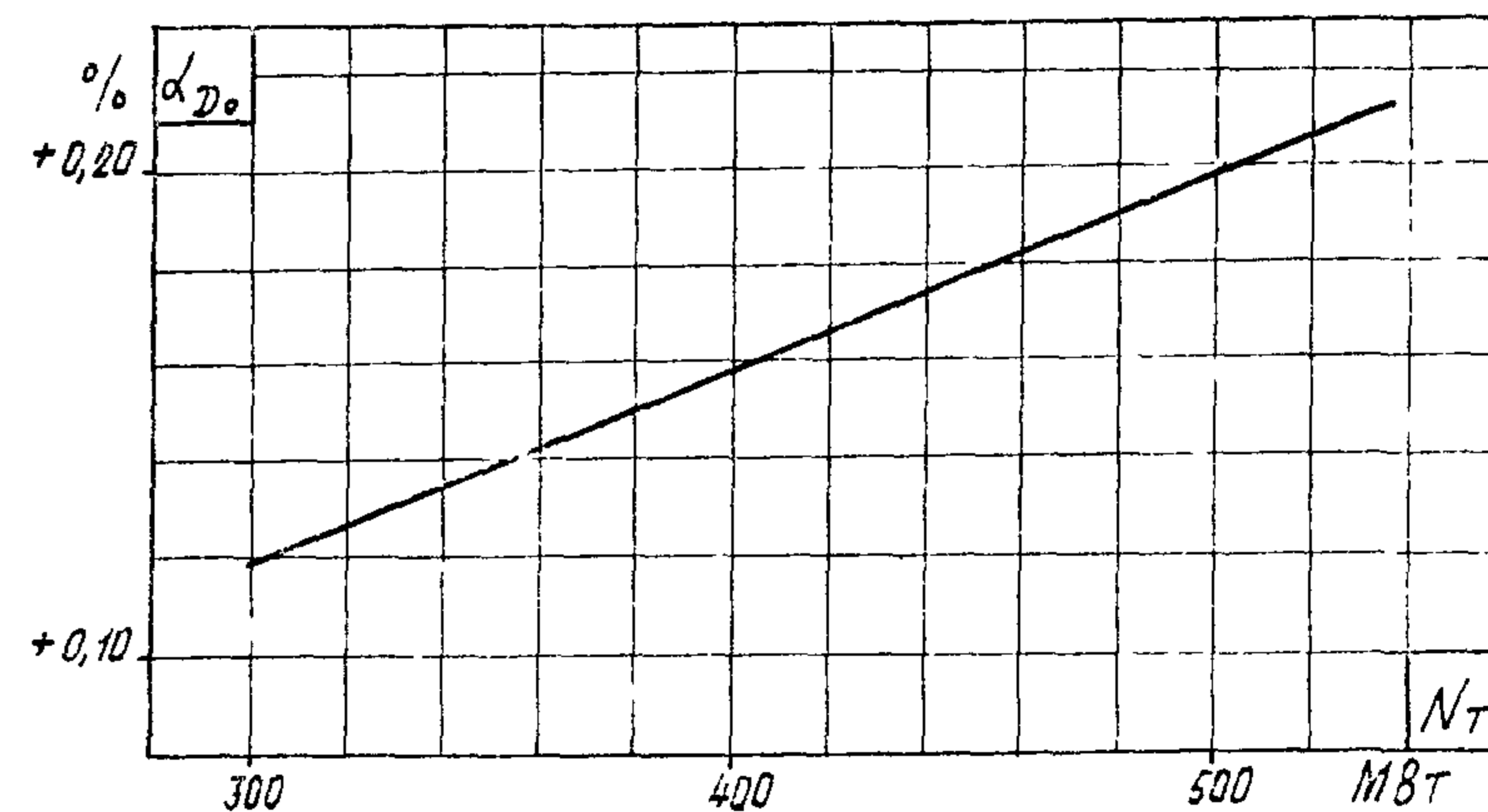
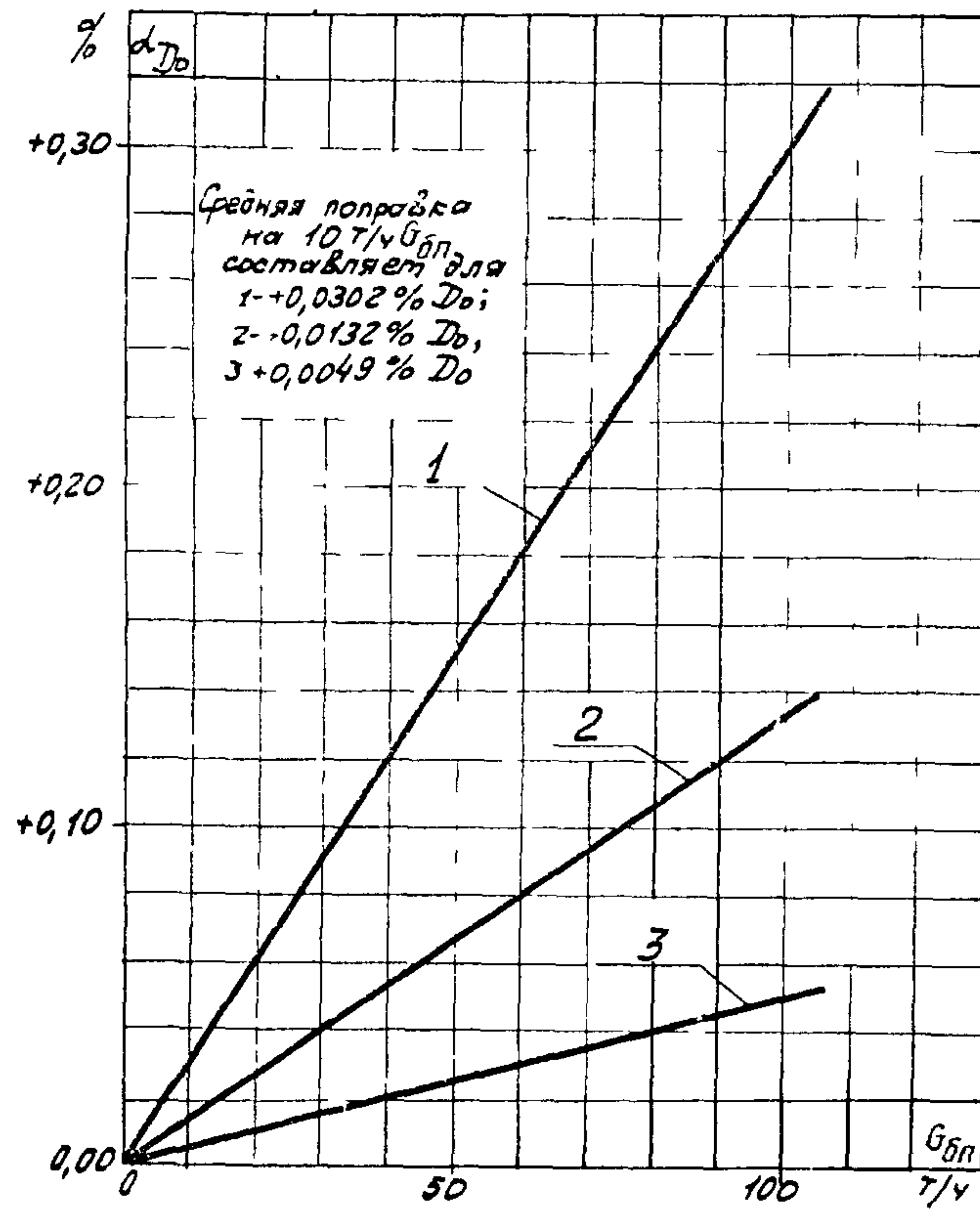


Рис. 27, р, с

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

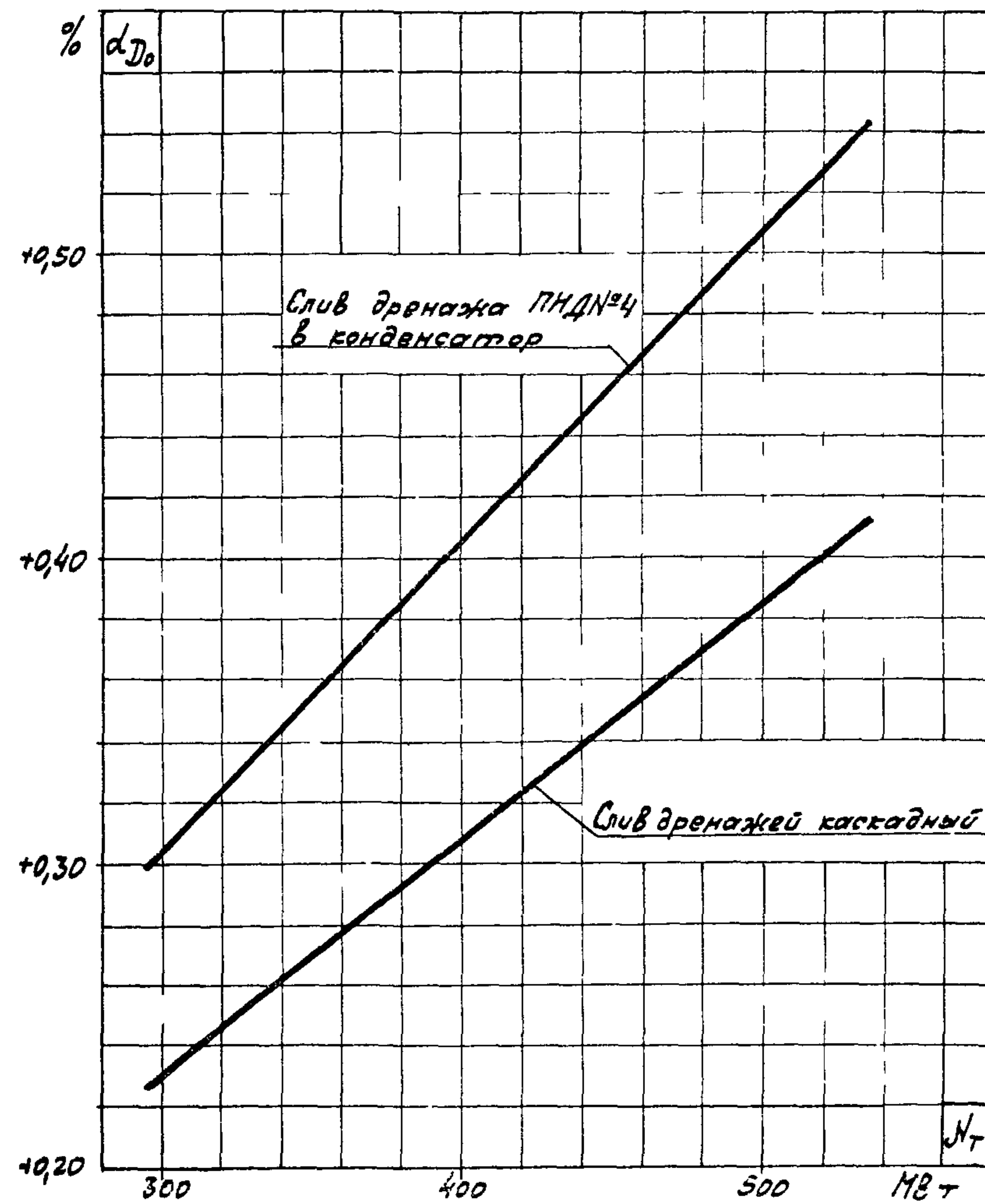
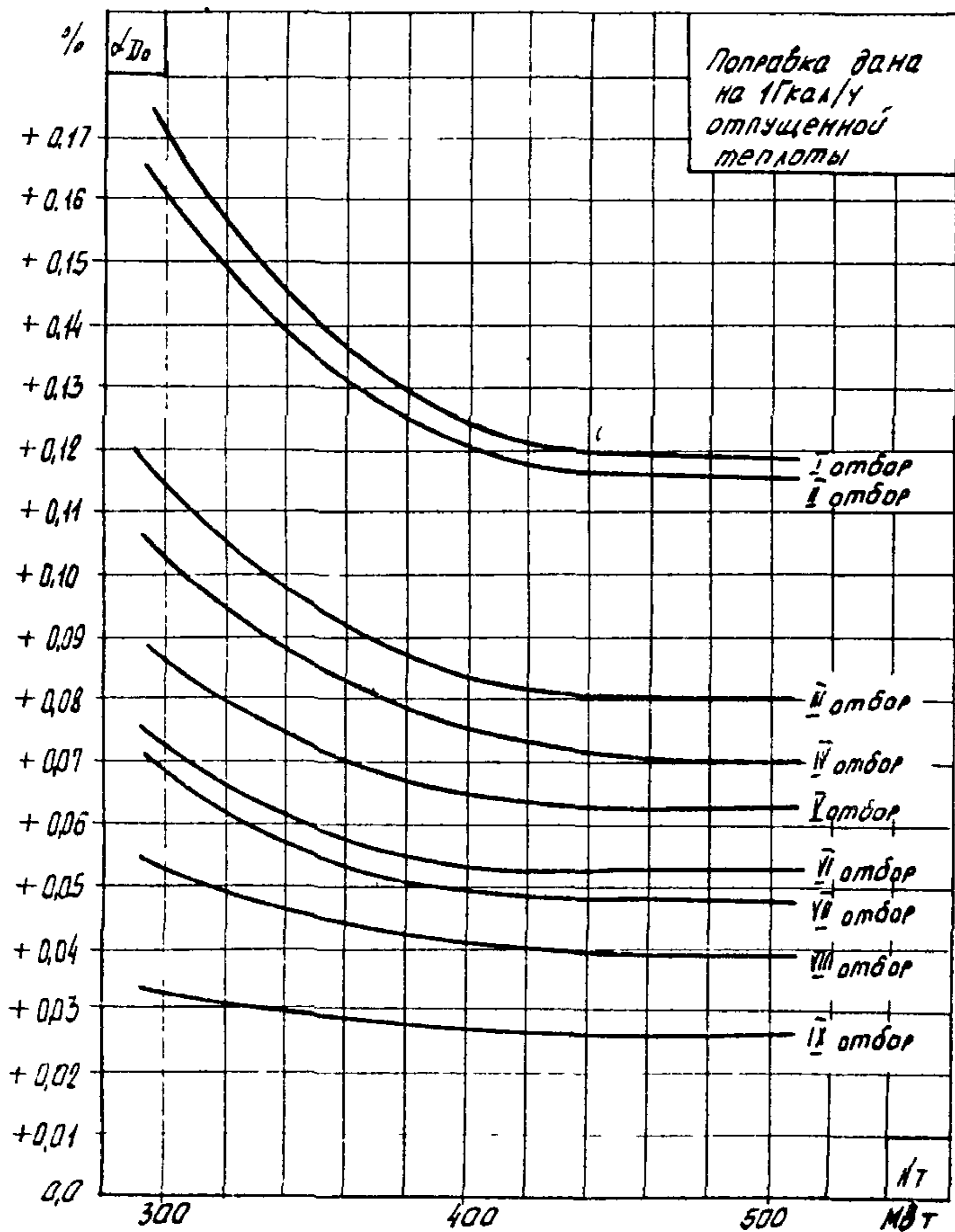


Рис.27, т, у

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

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



у) на отключение дренажного насоса ДН#2

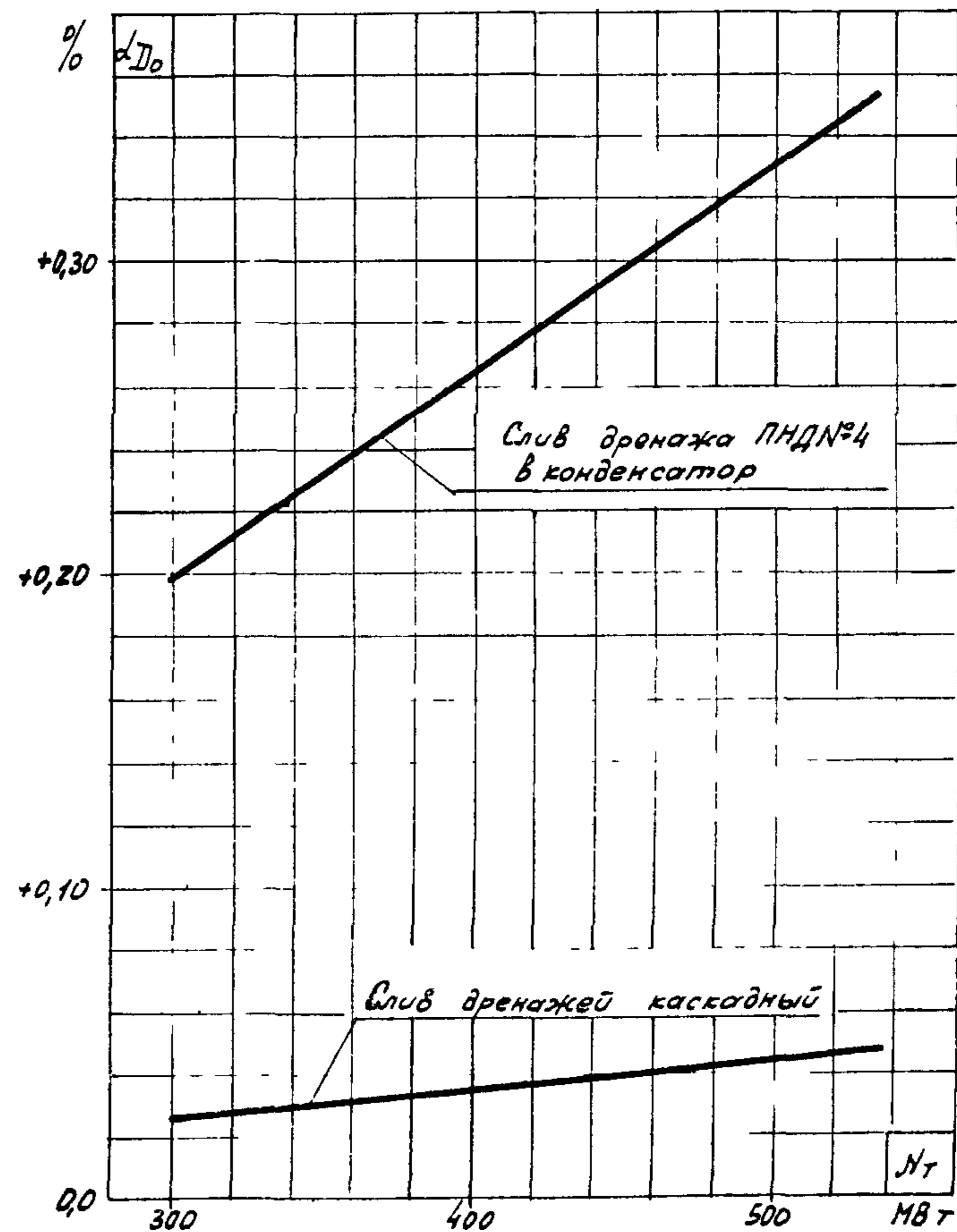
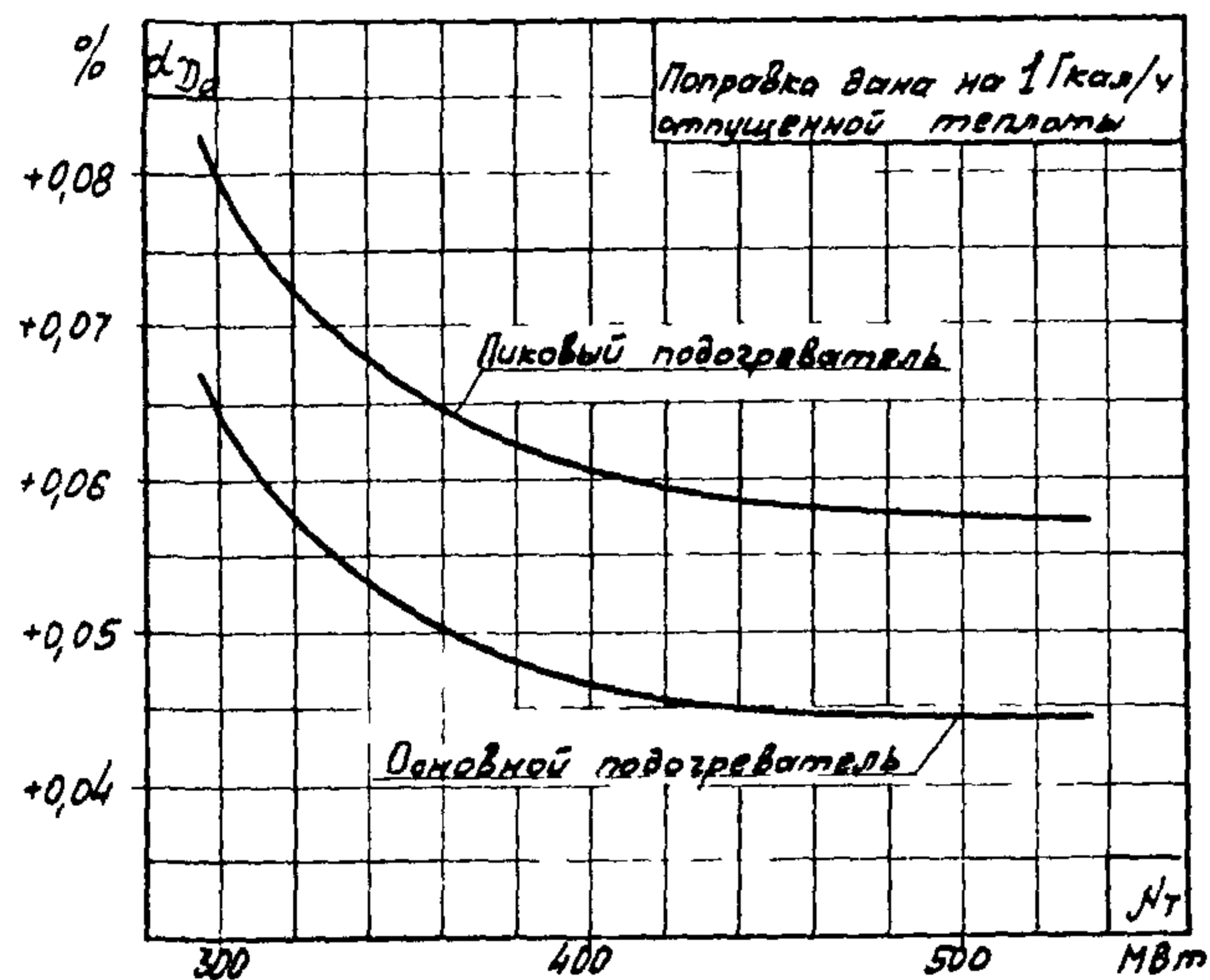


Рис. 27, ф, х, ц

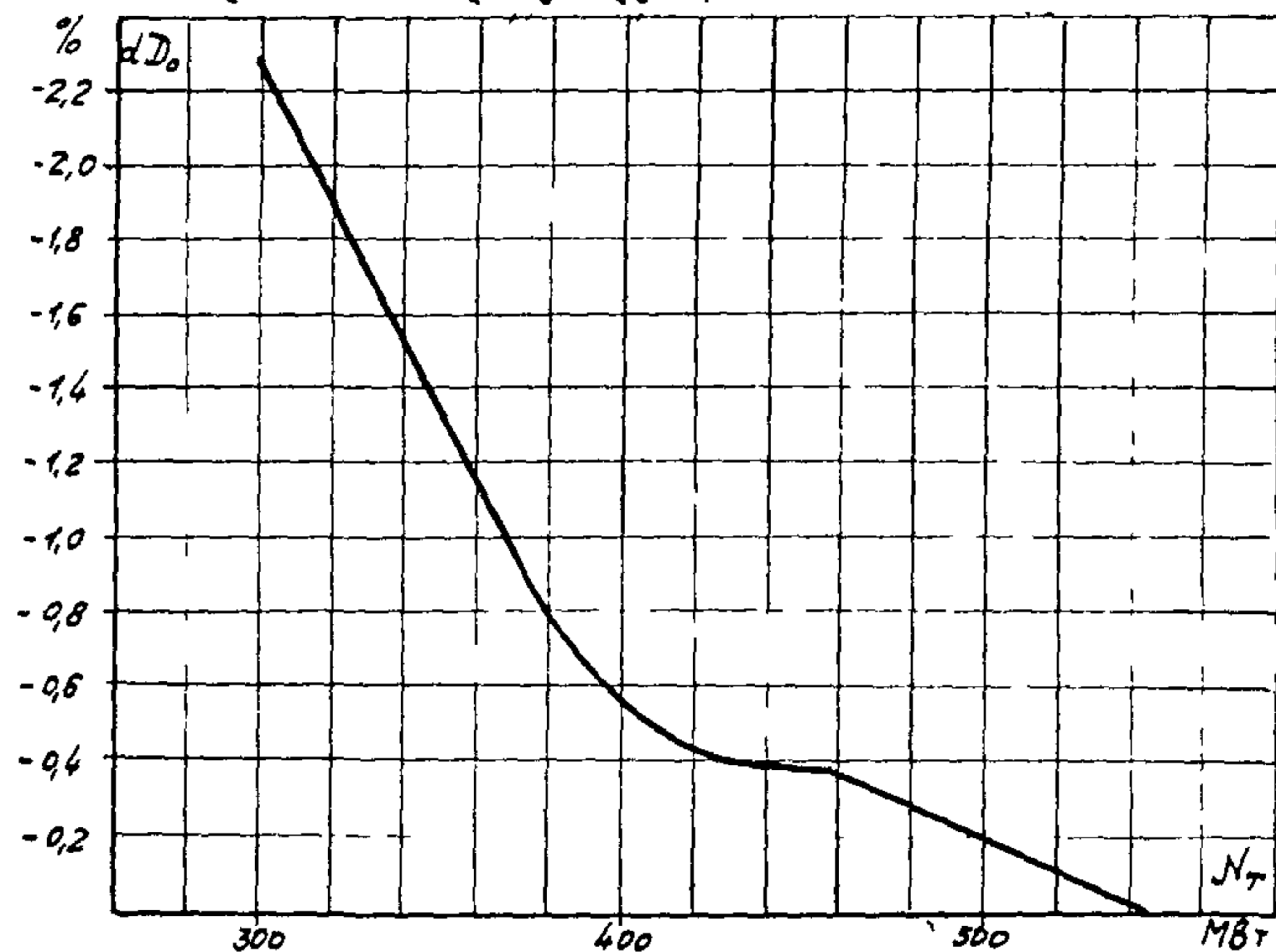
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКА К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

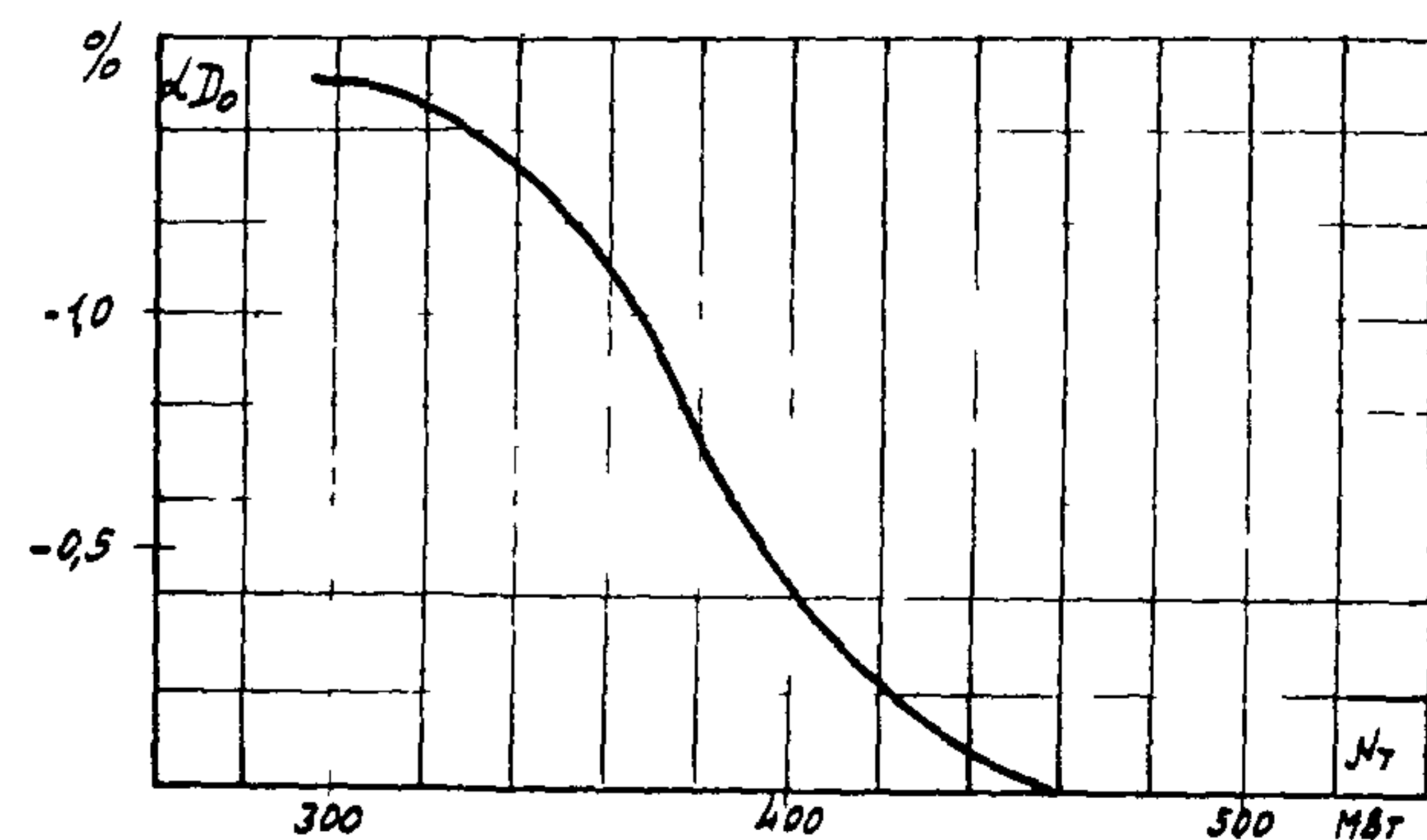
ф) на включение в работу подогревателей сетевой воды
(конденсат отбираемого пара возвращается в линию
основного конденсата за ПНД№1)



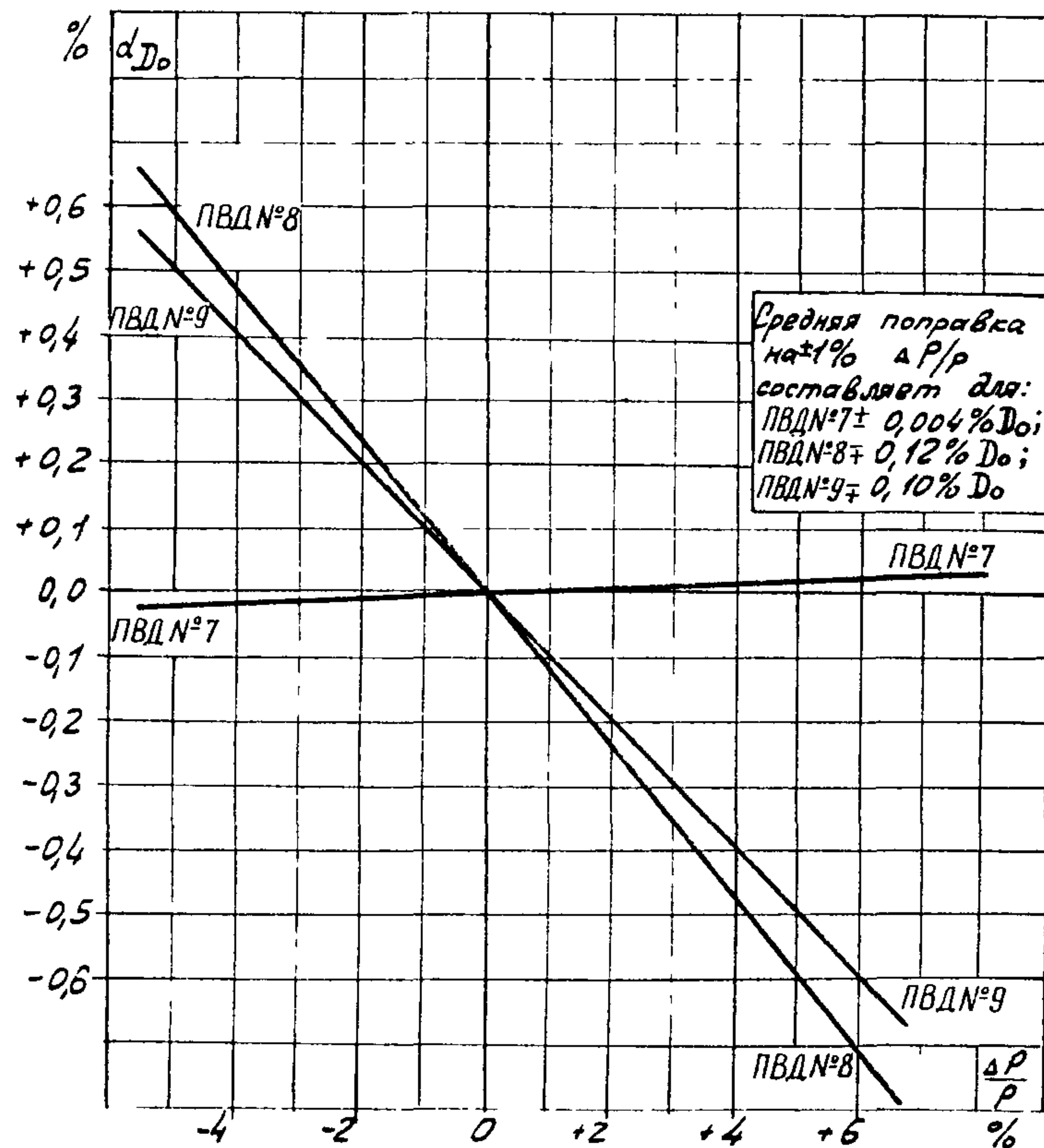
х) при работе на скользящем давлении свежего пара
(открыты I-III регулирующие клапаны)



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



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



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

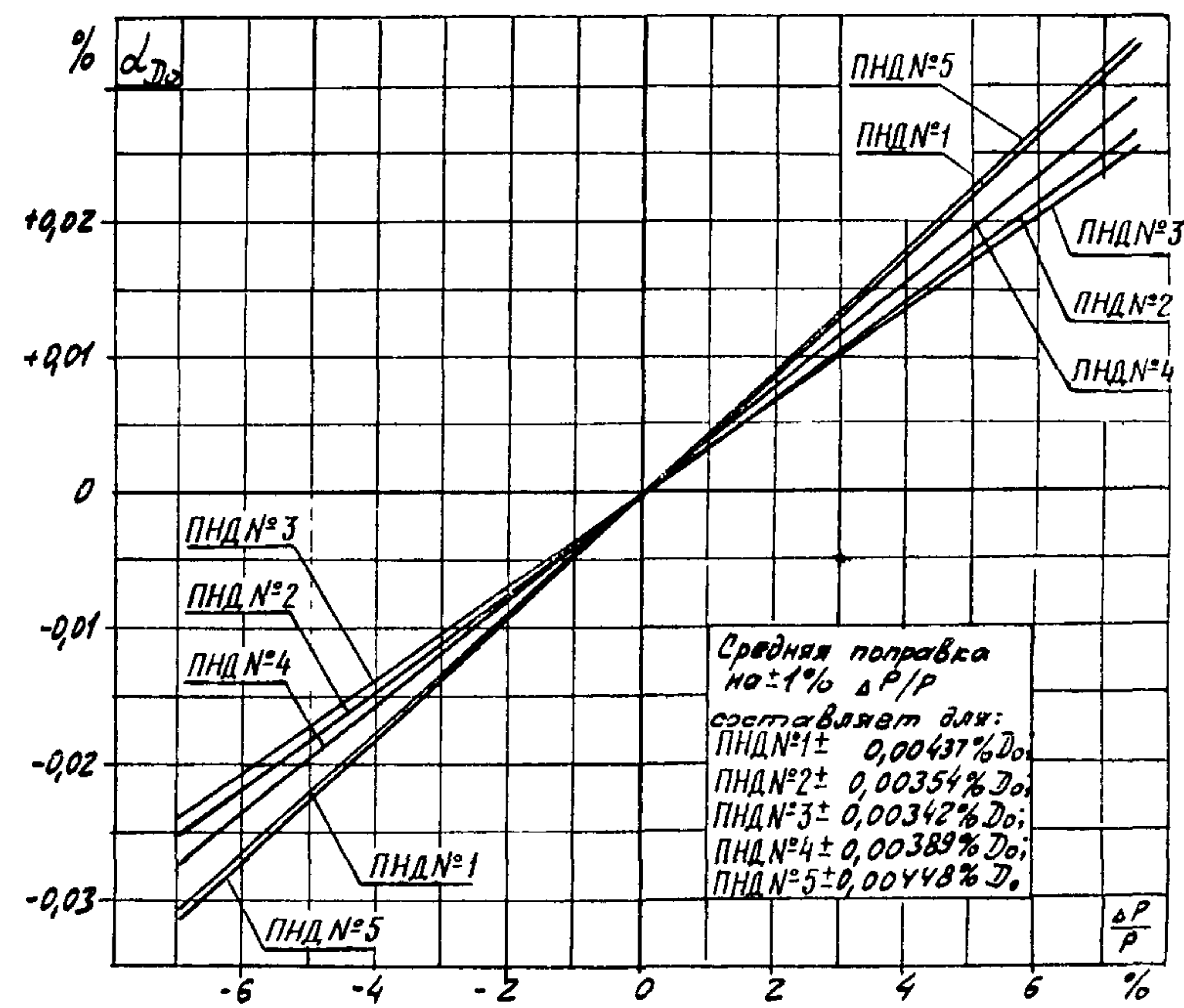
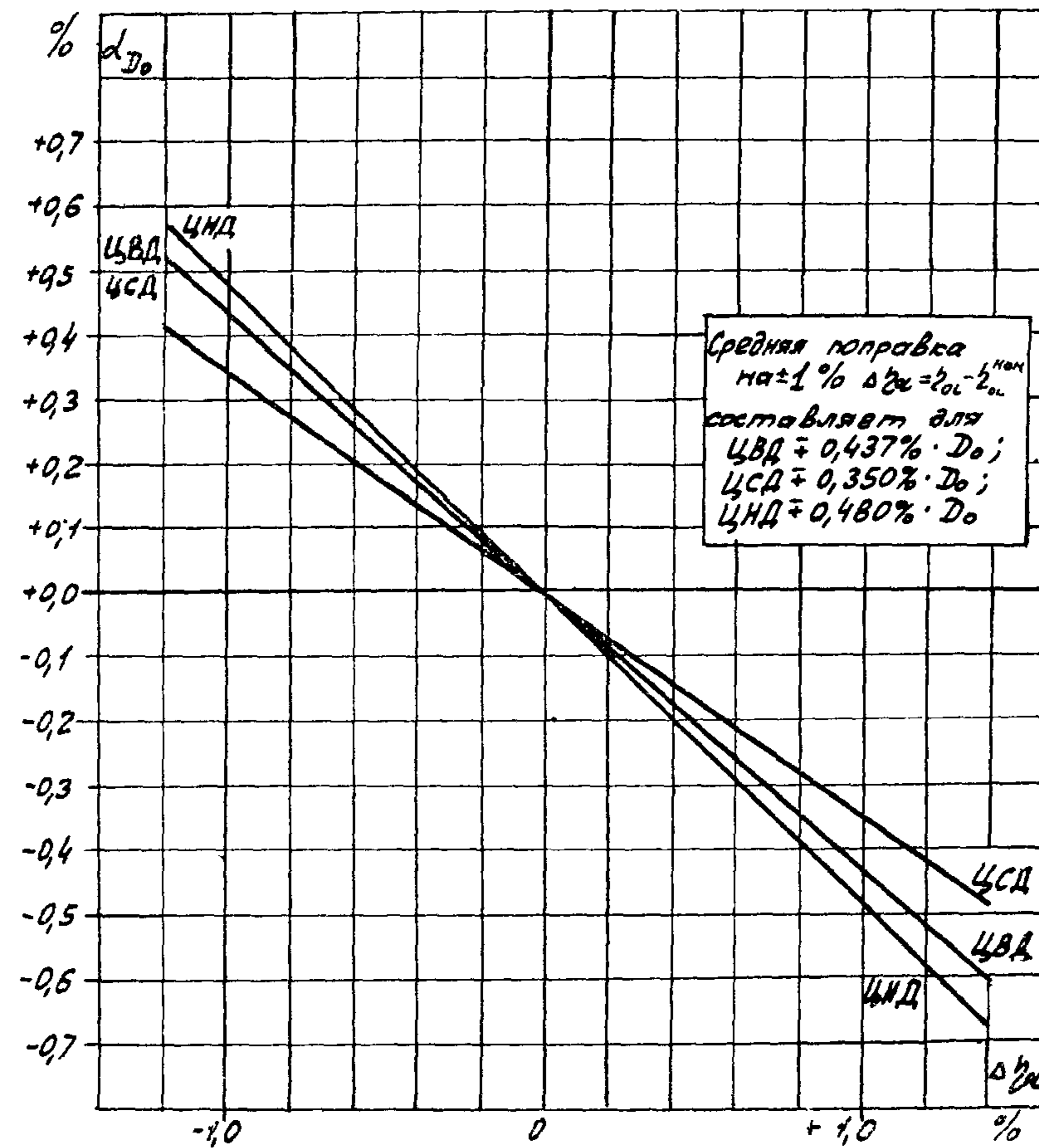


Рис. 27, щ

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ СВЕЖЕГО ПАРА

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

щ) на изменение КПД ЦВД, ЦСД, ЦНД



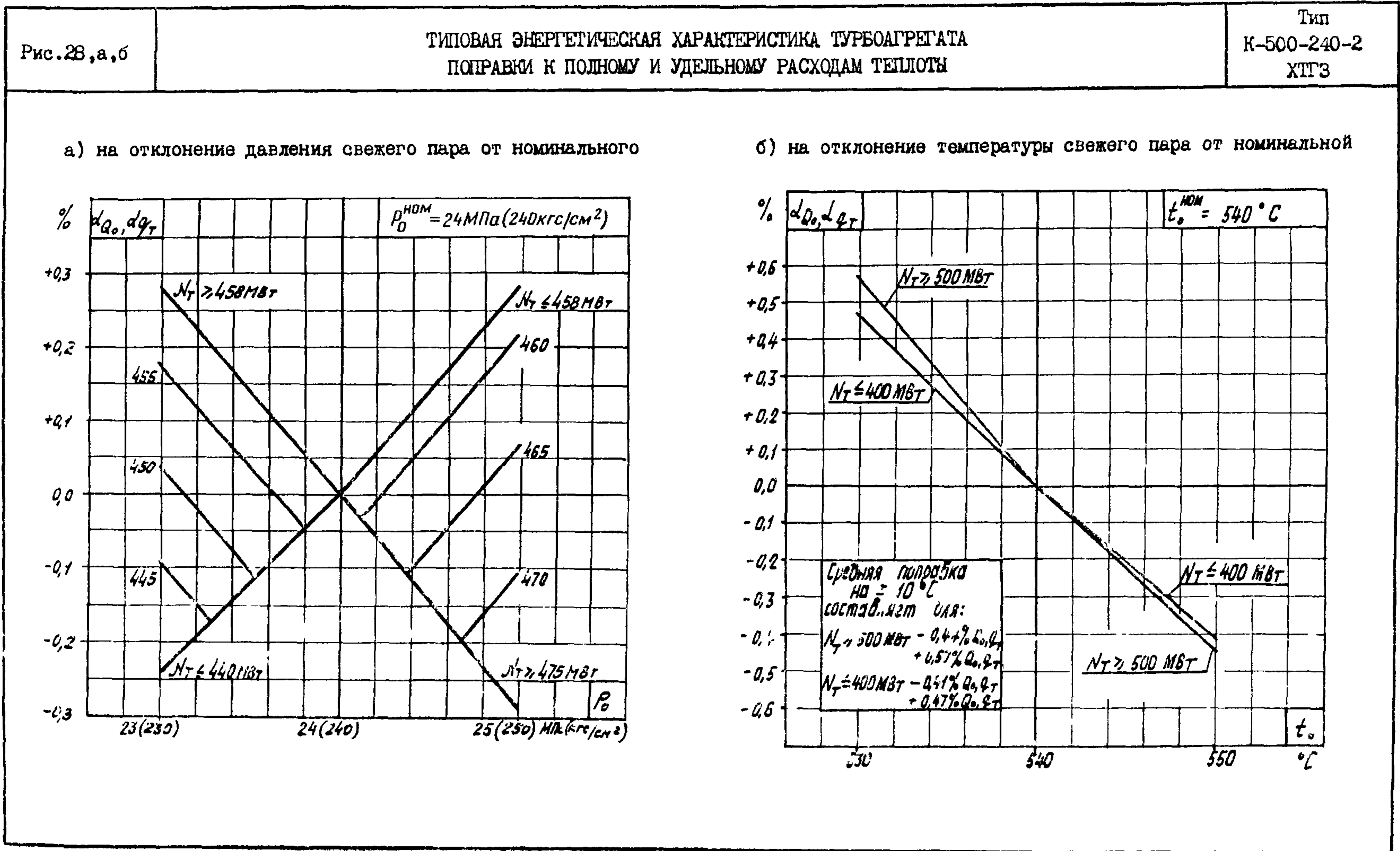
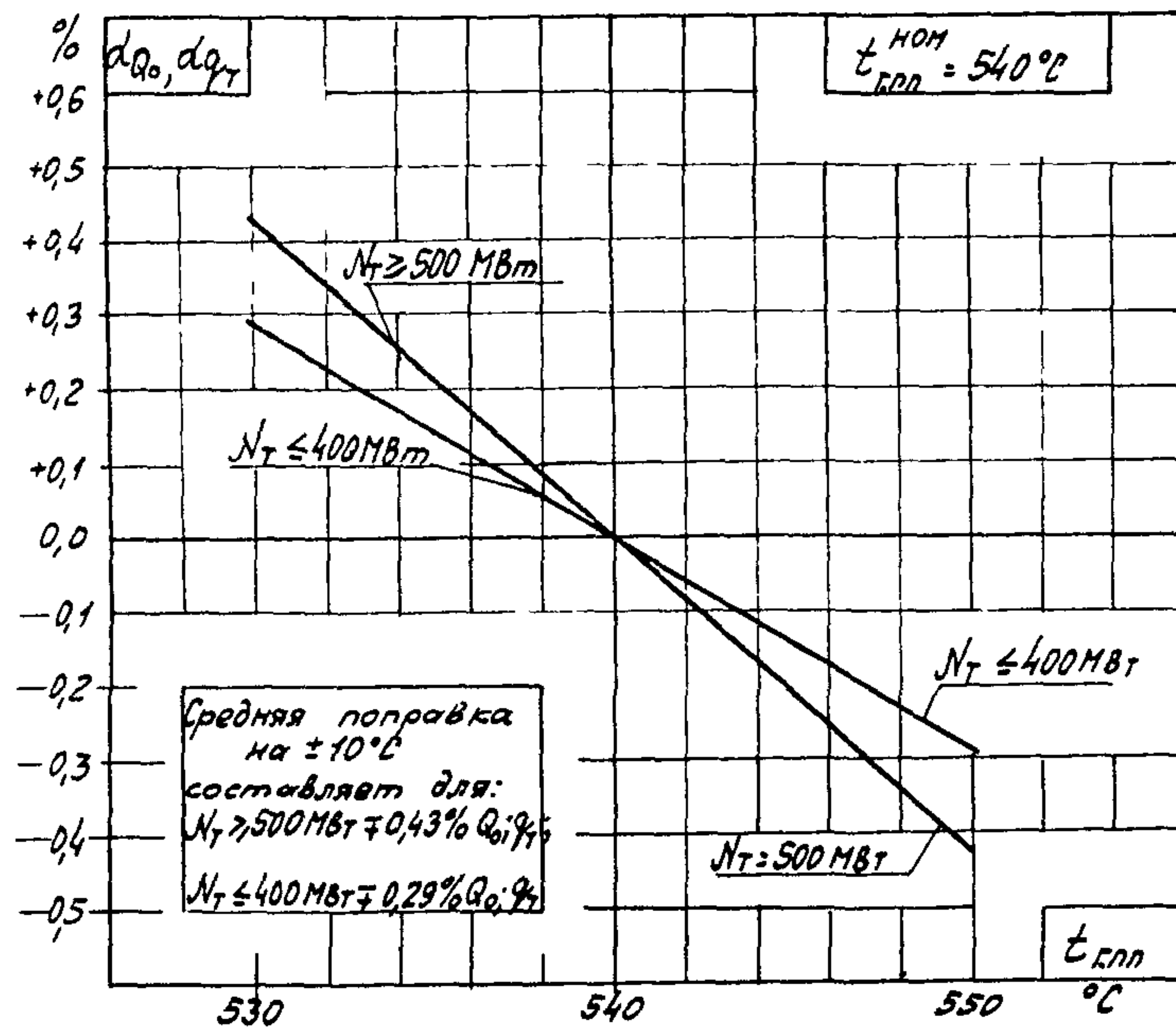


Рис. 28, в, г

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

в) на отклонение температуры пара промперегрева от номинальной



г) на изменение потери давления в тракте промперегрева

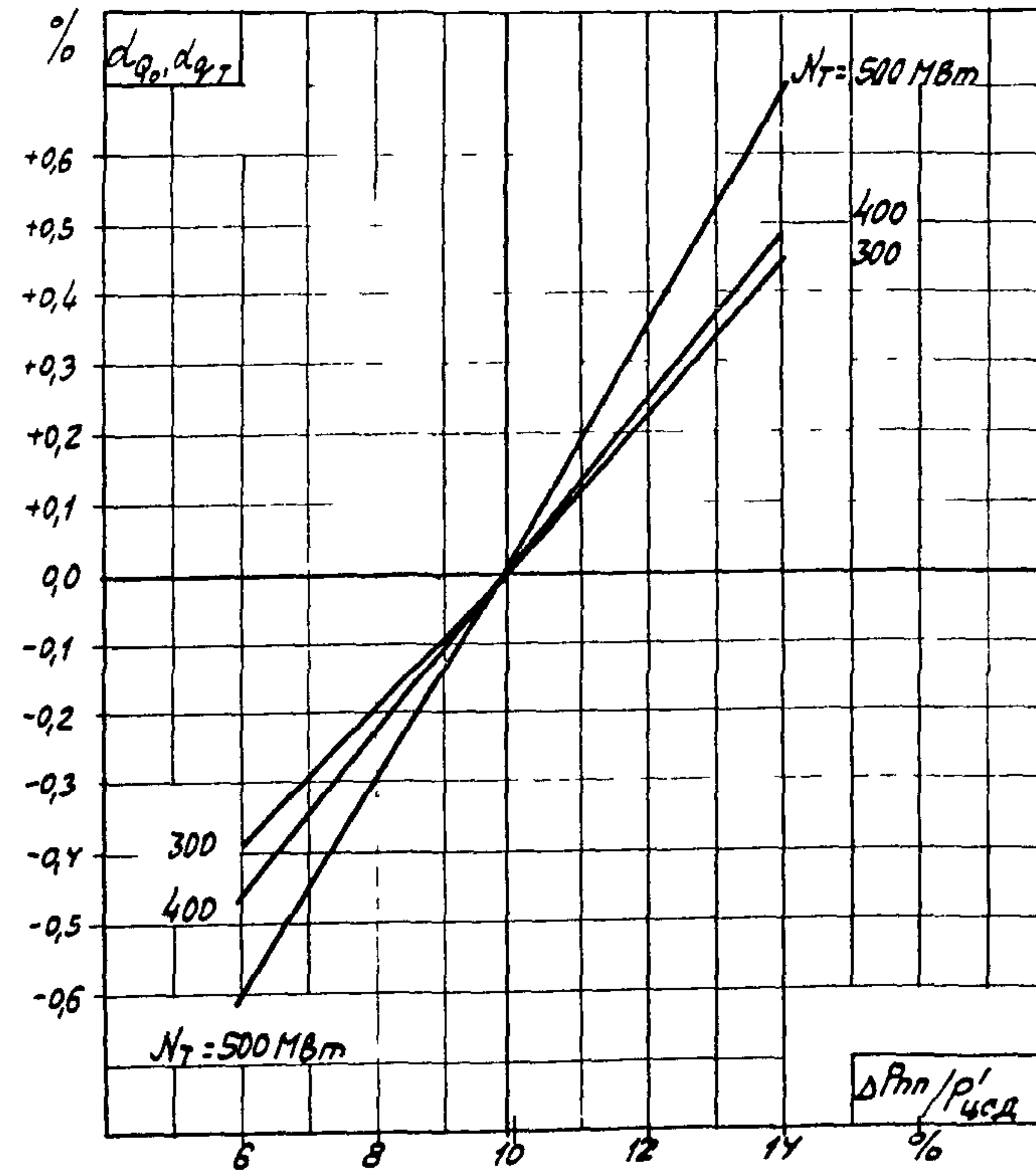
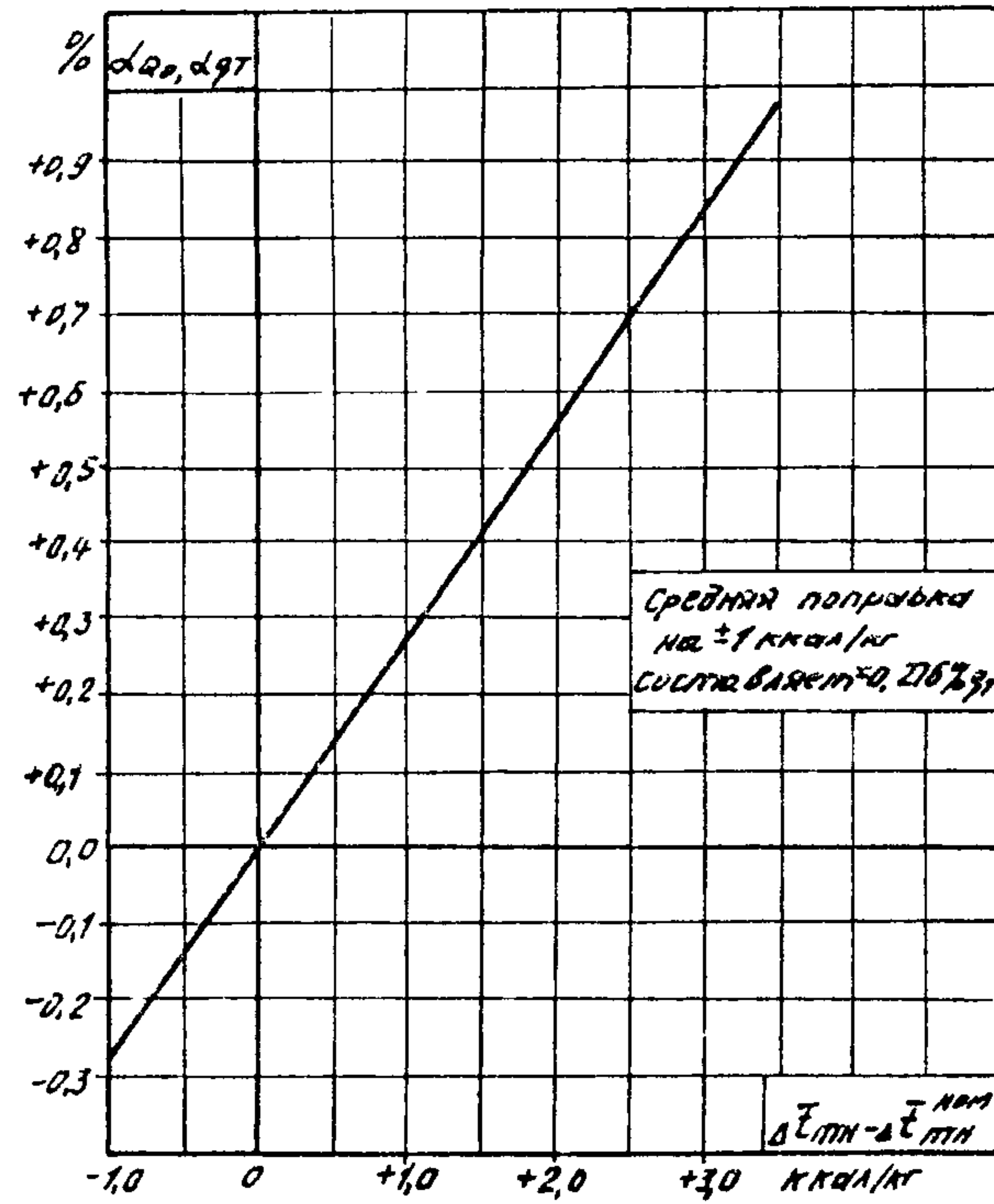


Рис.28,д,е

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ЛТГЗ

д) на изменение нагрева воды в питательном турбонасосе



е) на отклонение нагрева питательной воды в ПВД

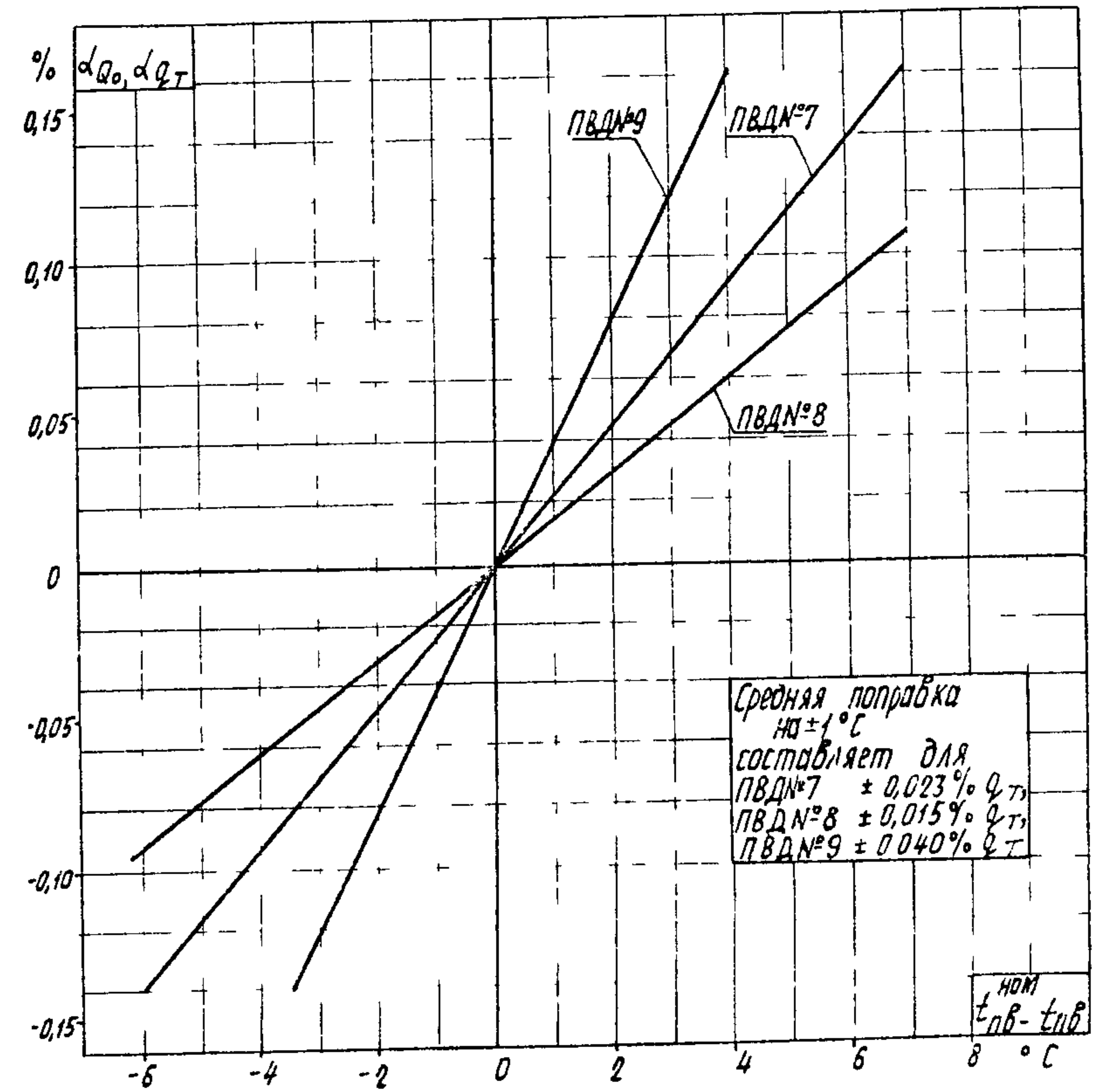
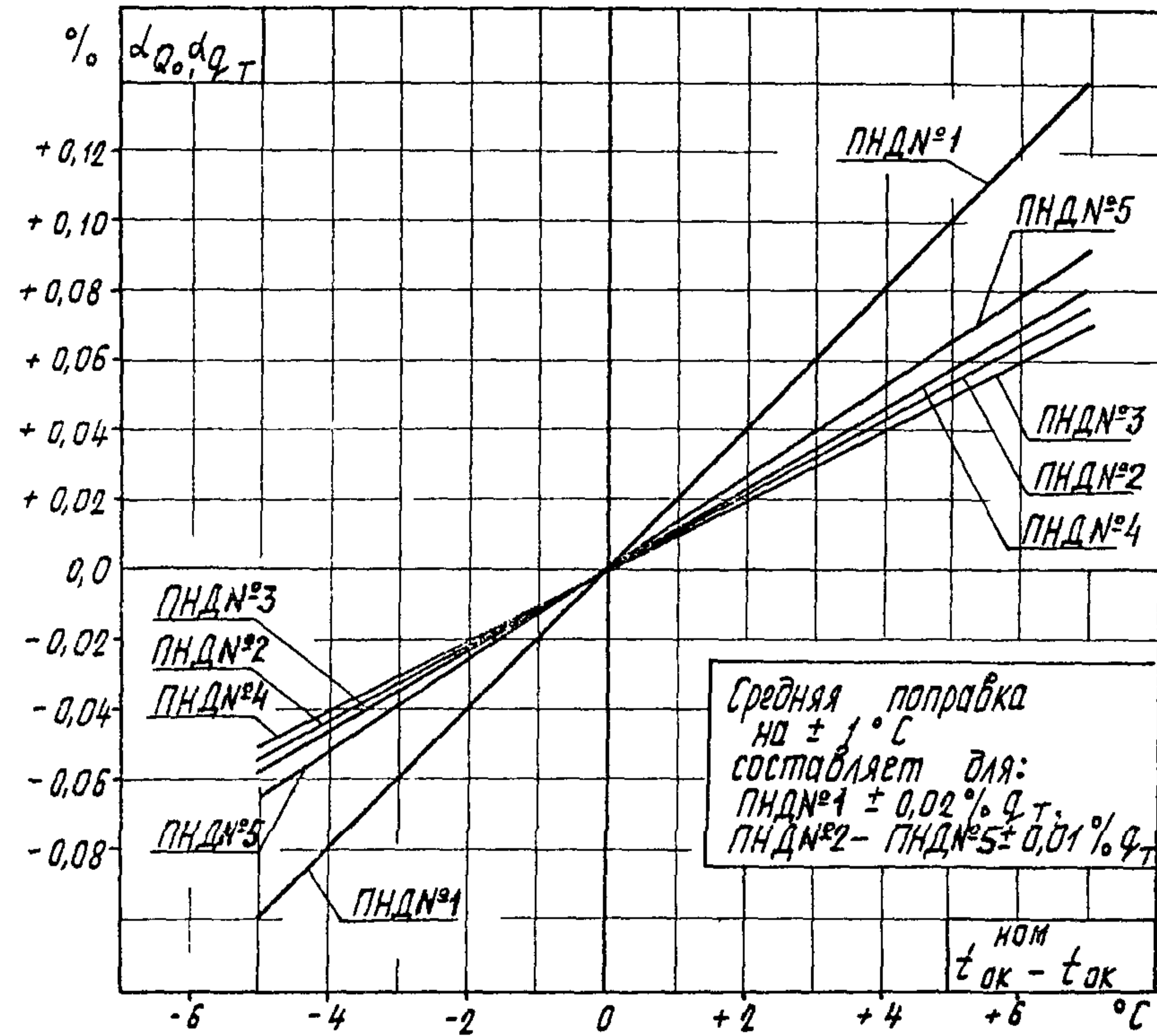


Рис. 28, ж, з

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

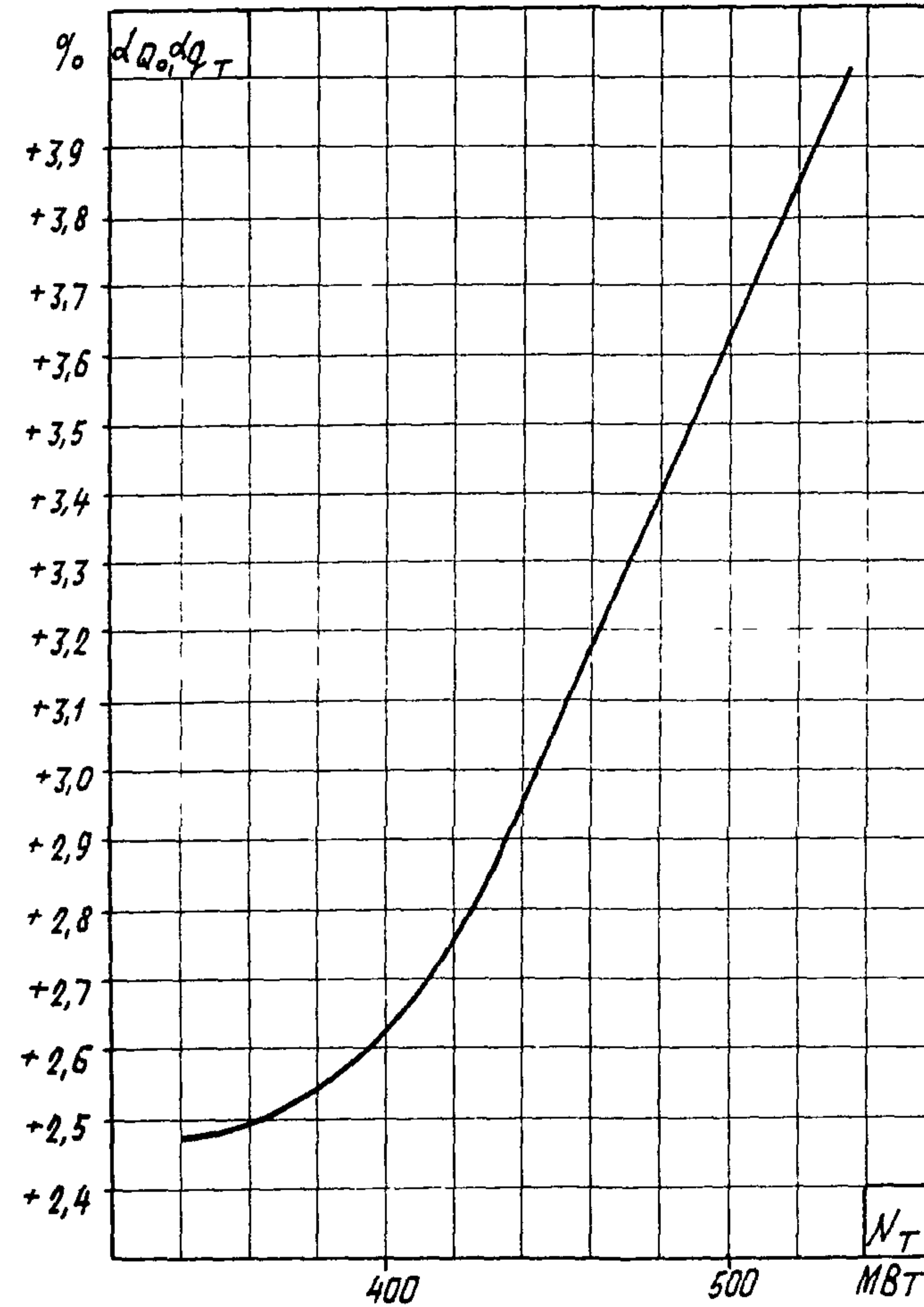
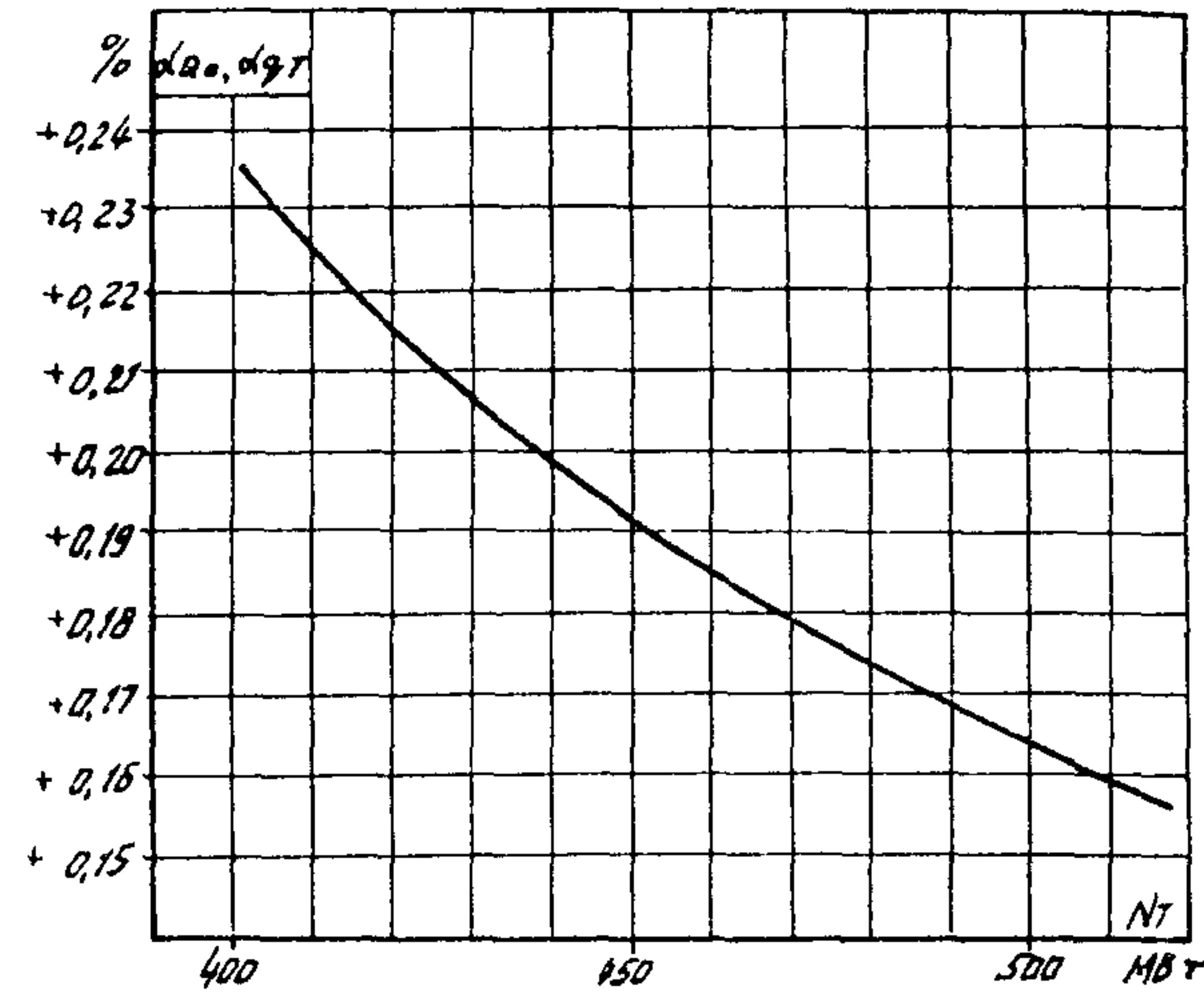


Рис. 28, и, к

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

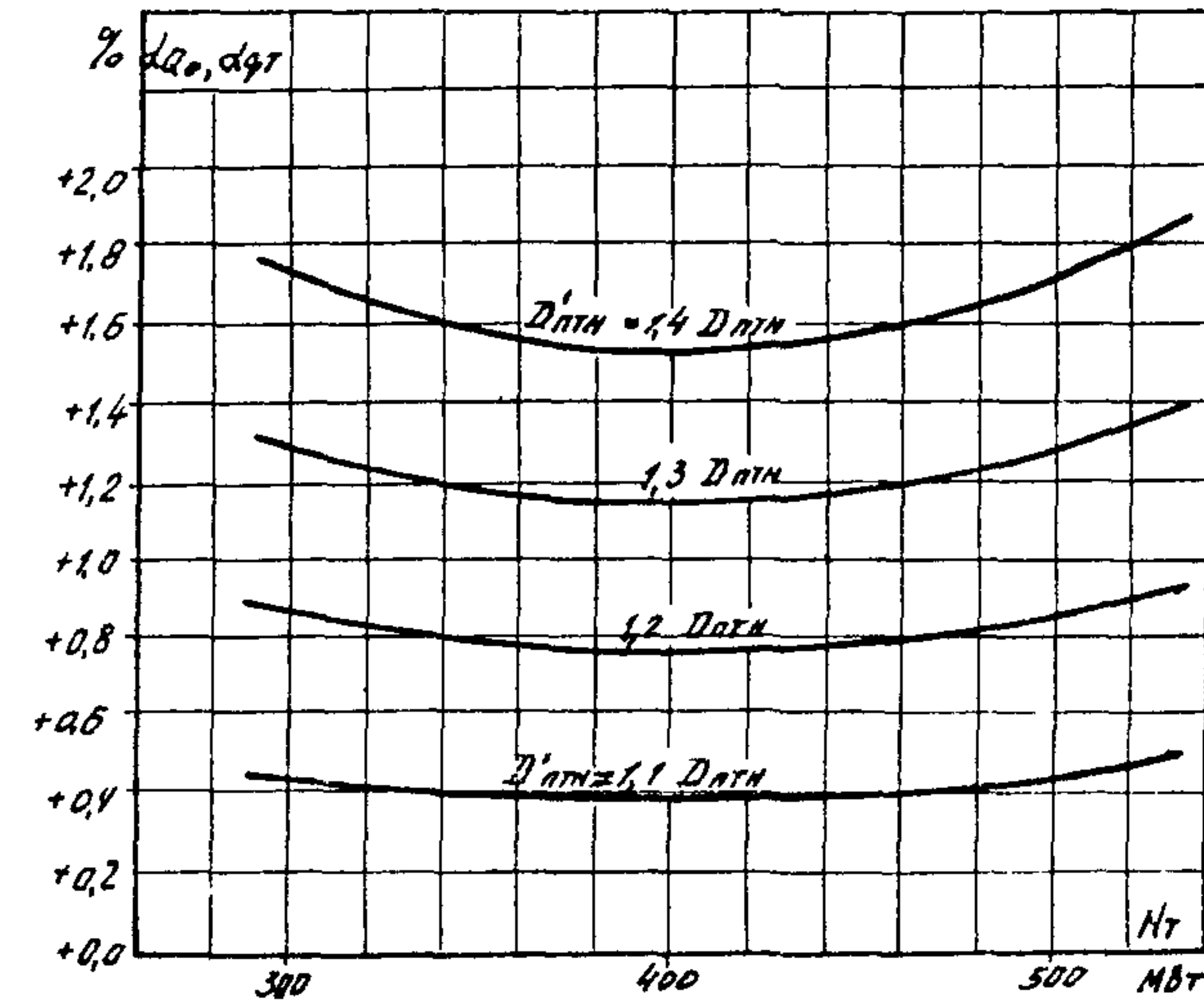
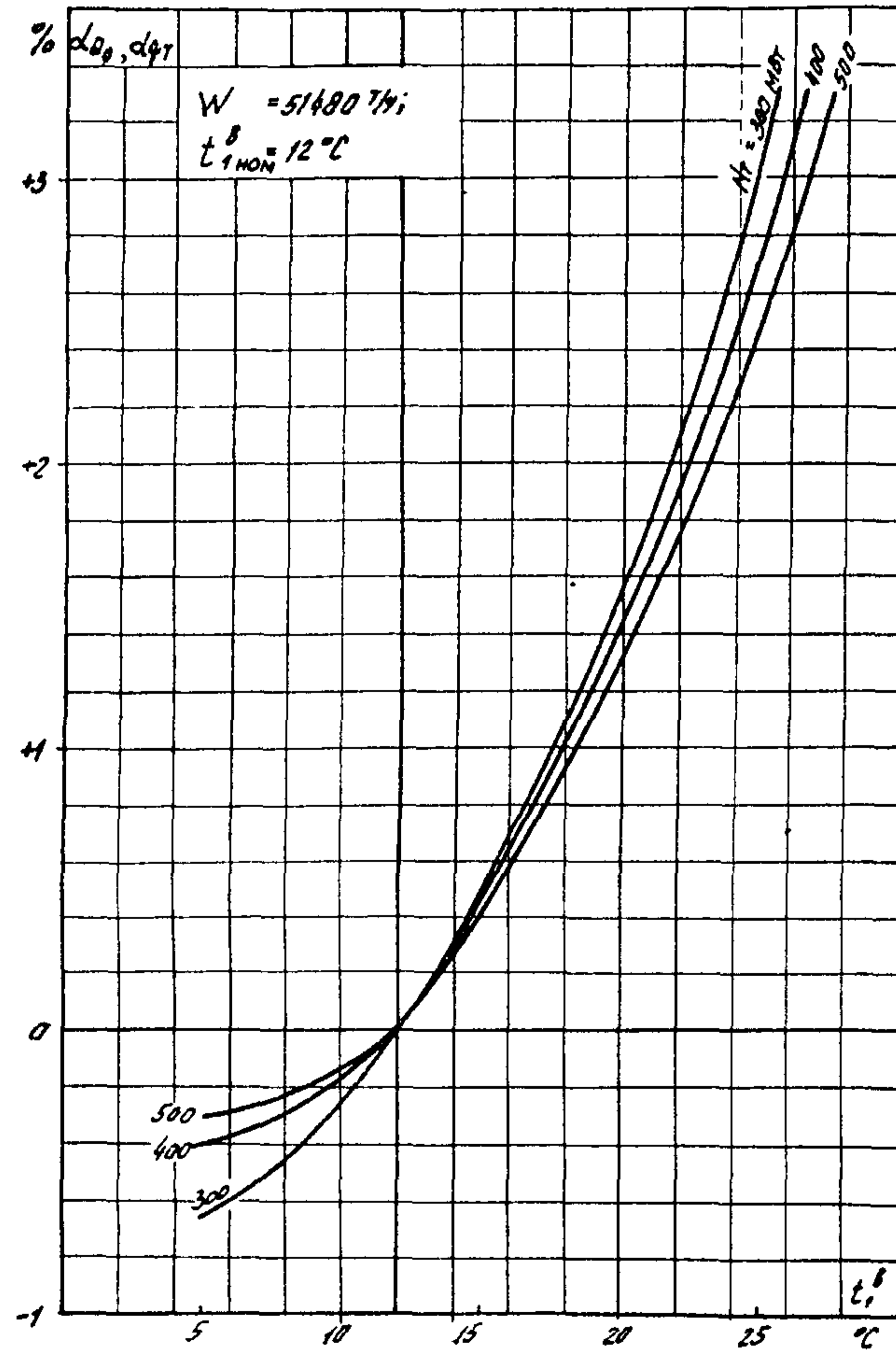


Рис. 28, л, м	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ	Тип К-500-240-2 ХТГЗ
---------------	--	----------------------------

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



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

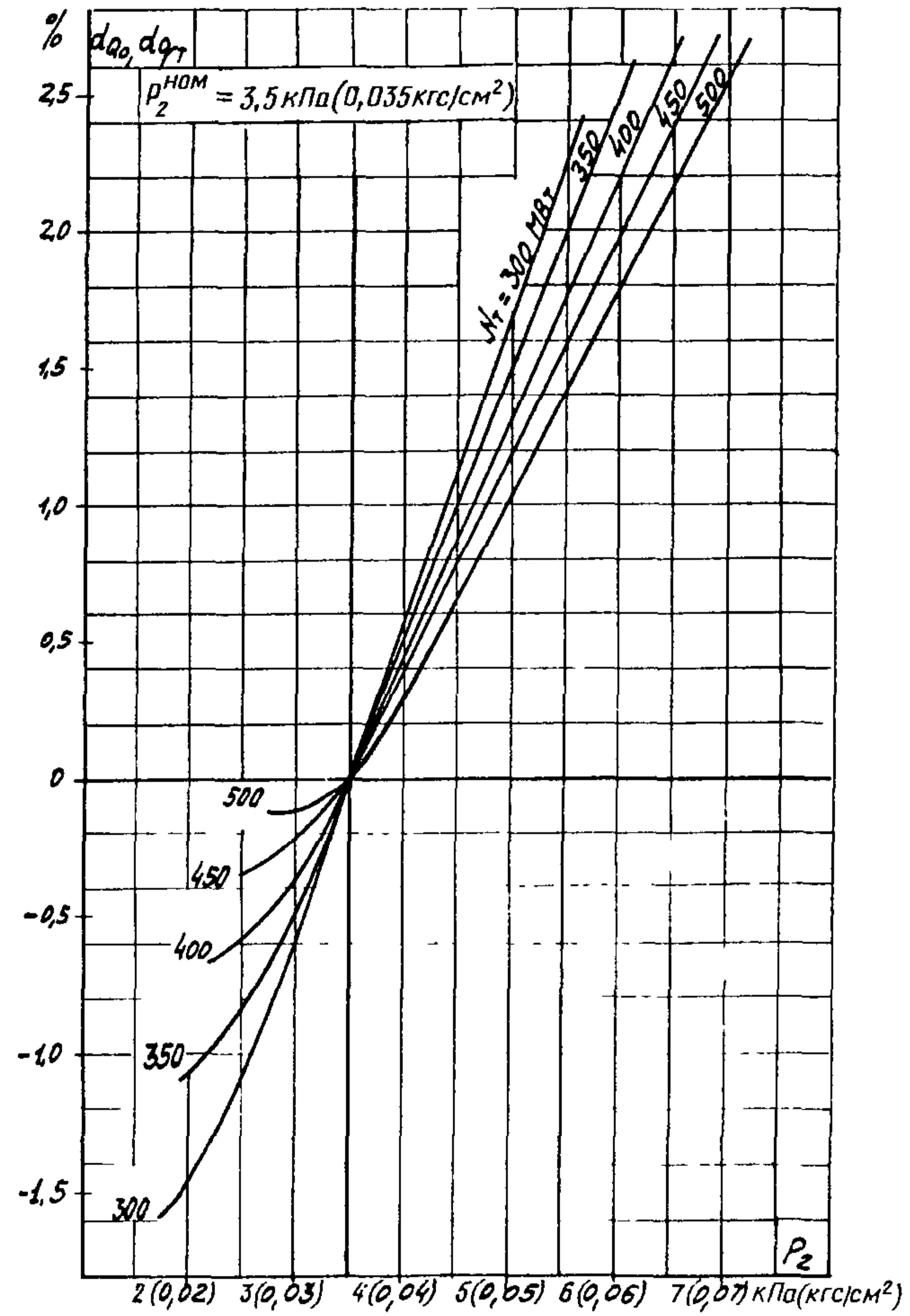
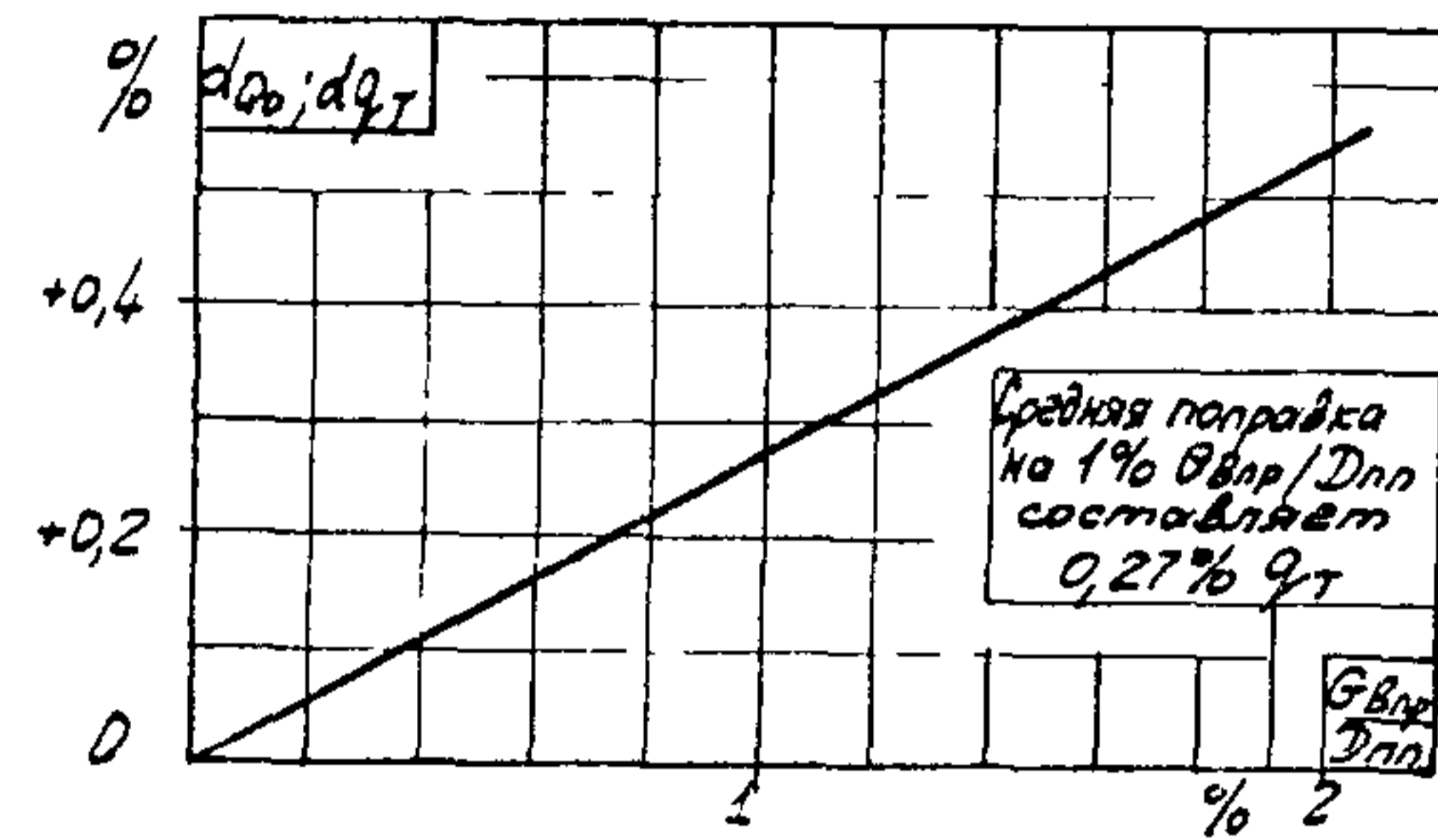


Рис. 28, н, о, п

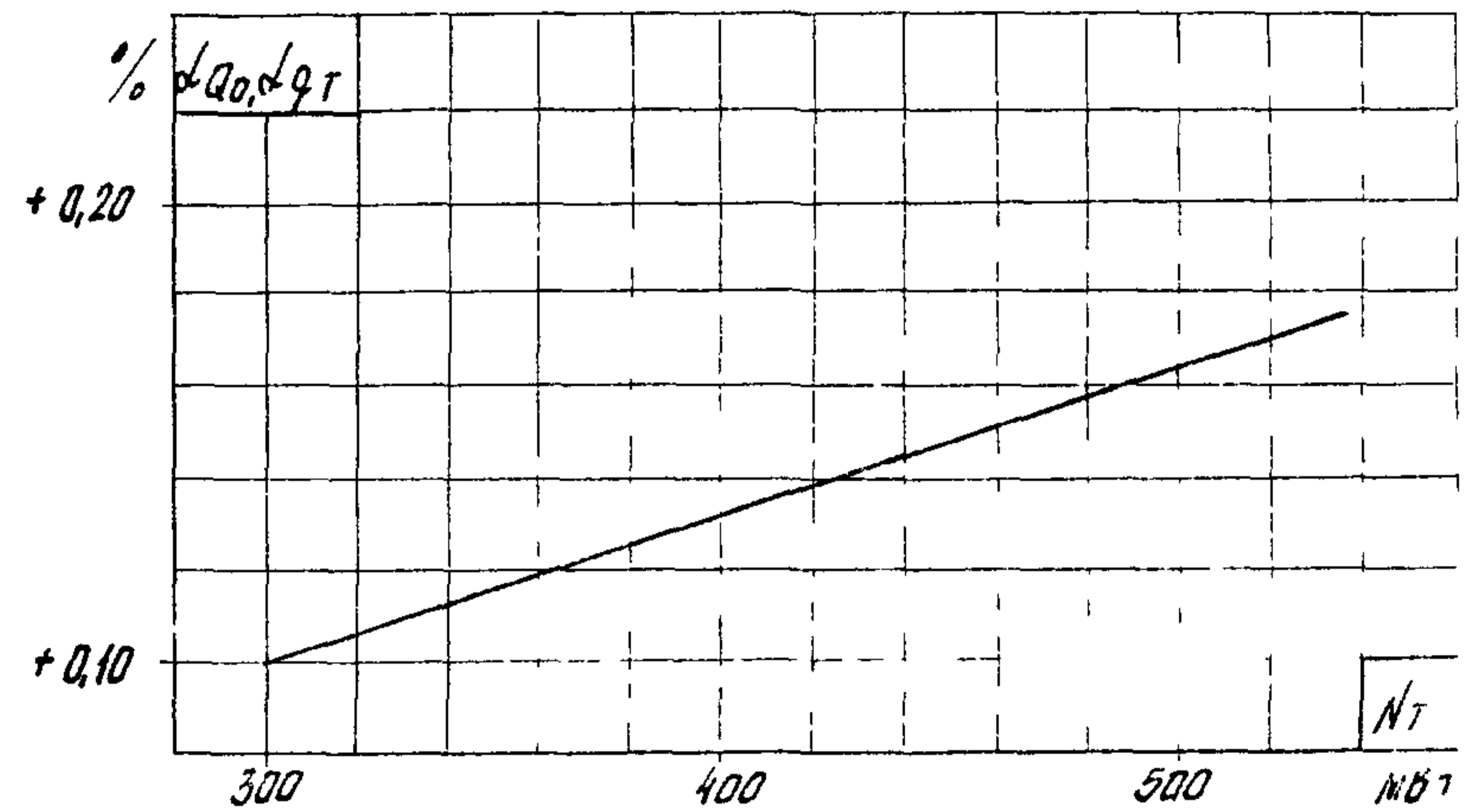
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

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



п) на отключение дренажного насоса ДН#1



о) на отключение ПНД#4 и ПНД#5

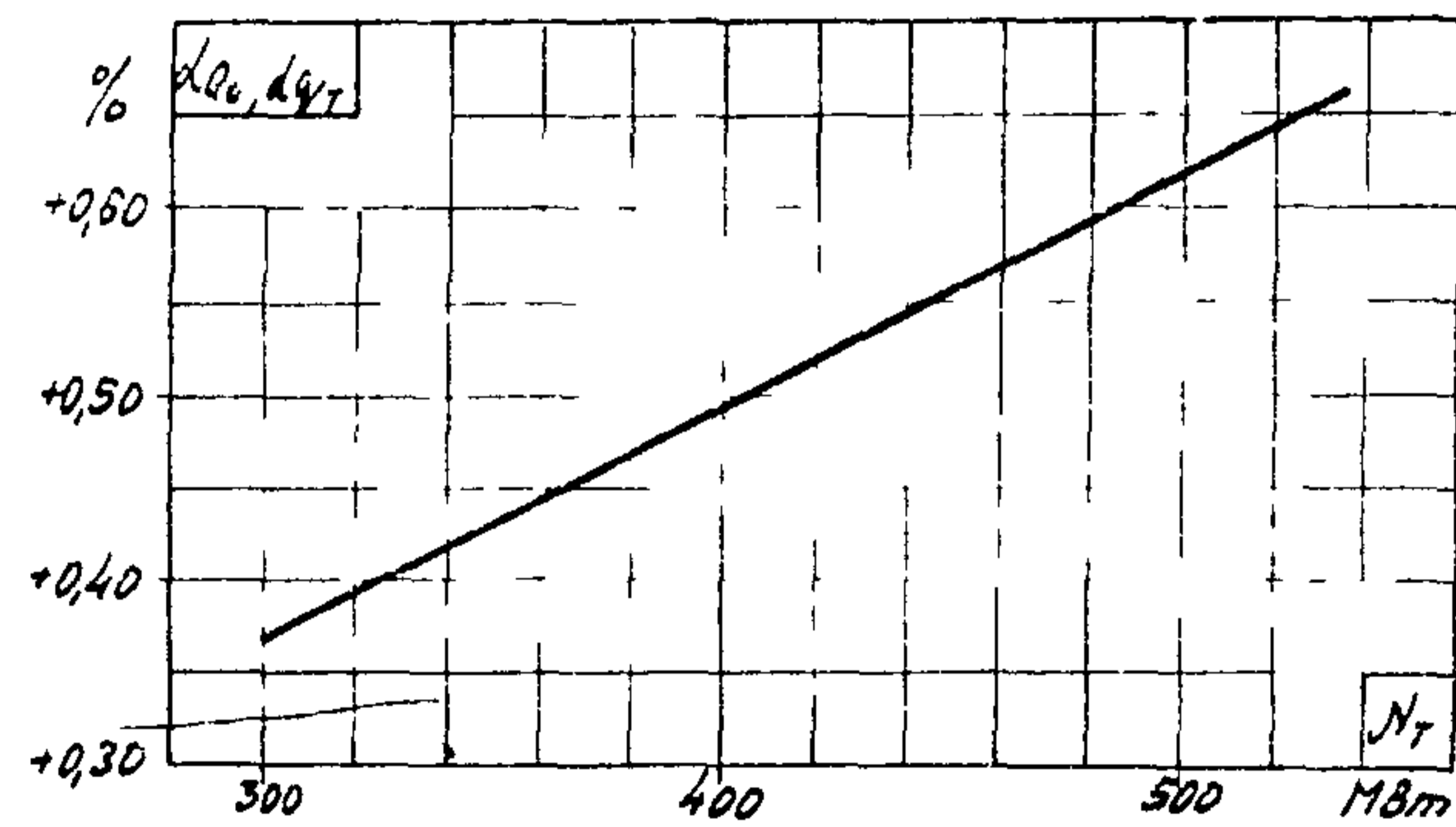
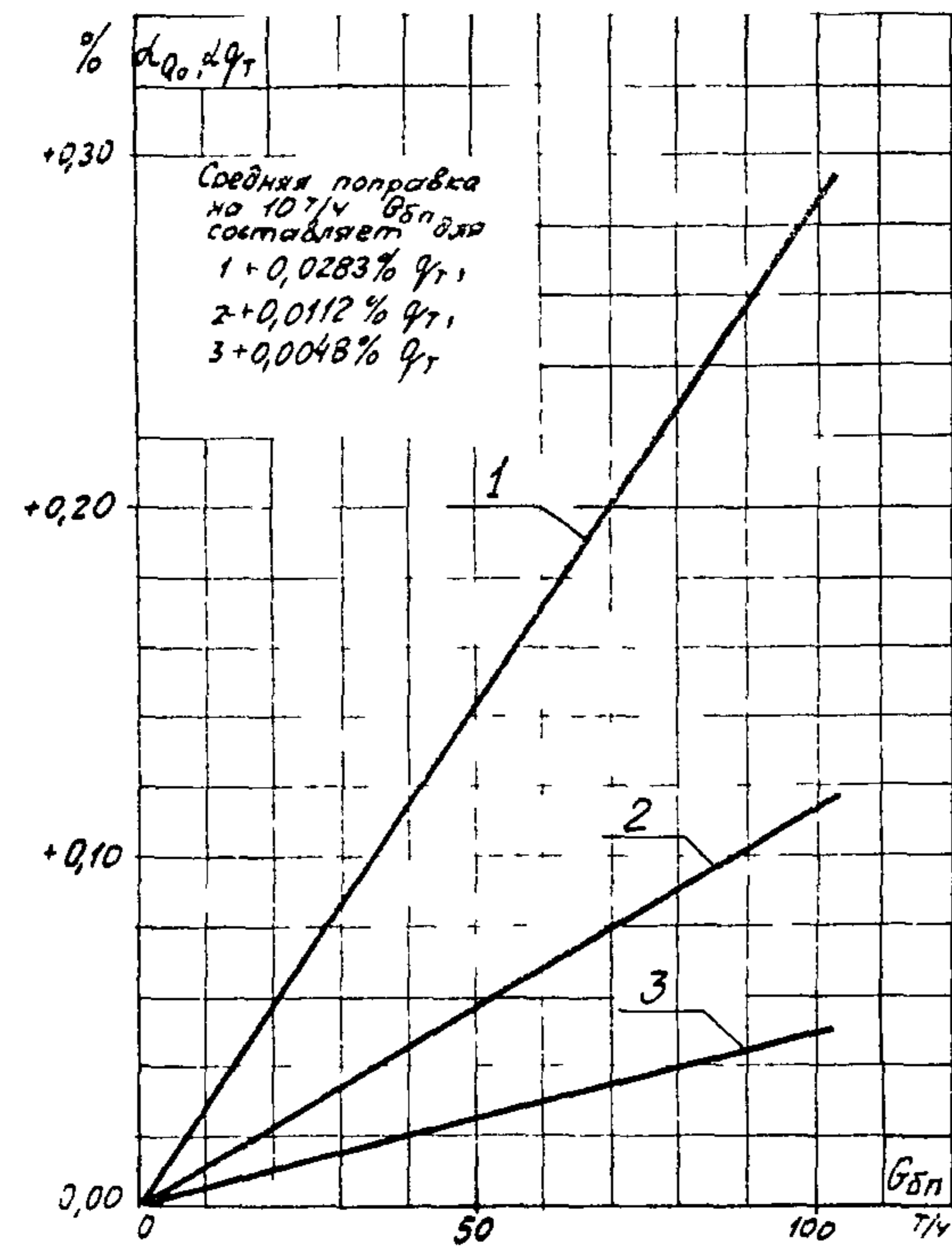


Рис. 28, р, с

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

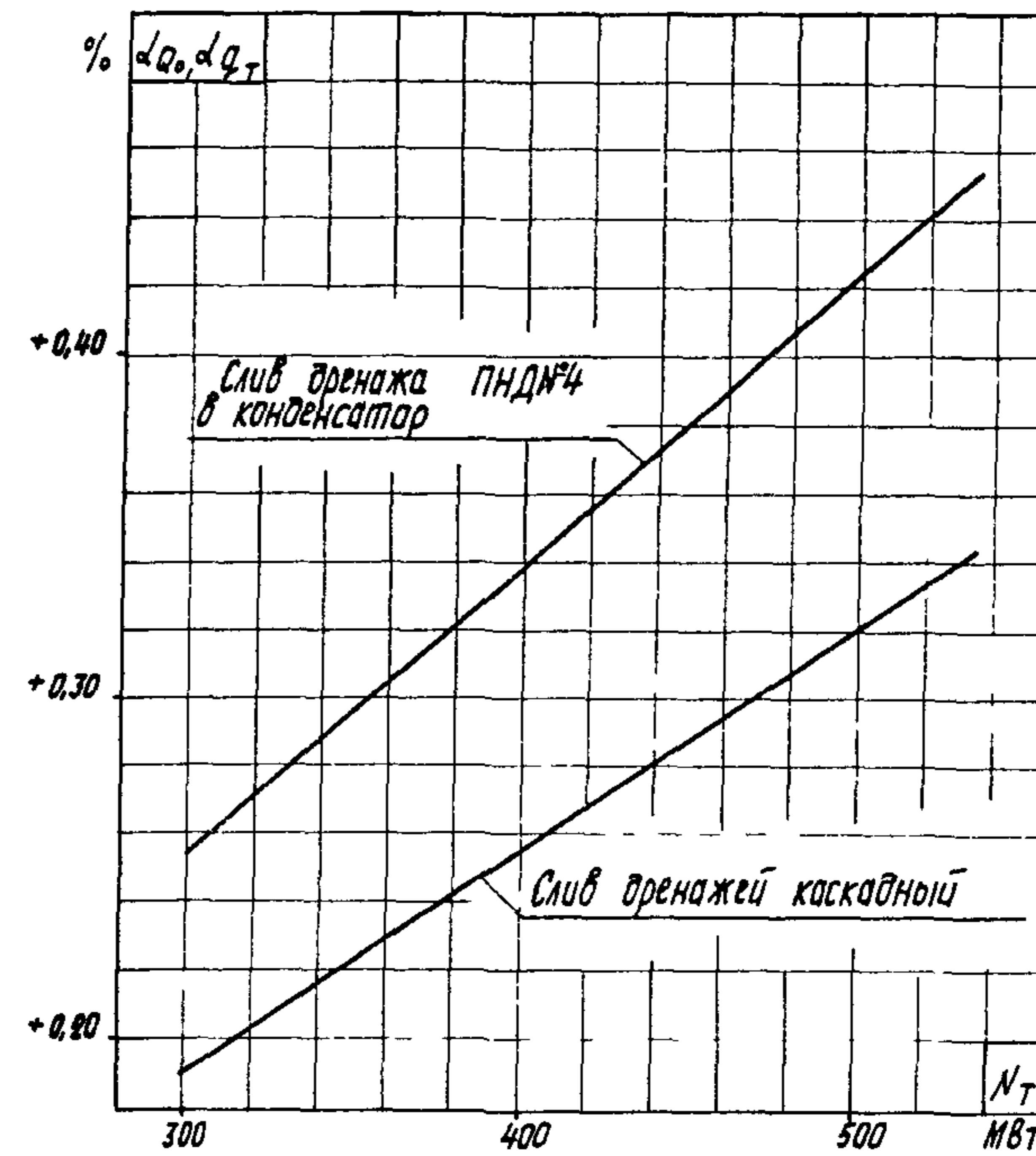
Тип
К-500-240-2
ХТГЗ

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



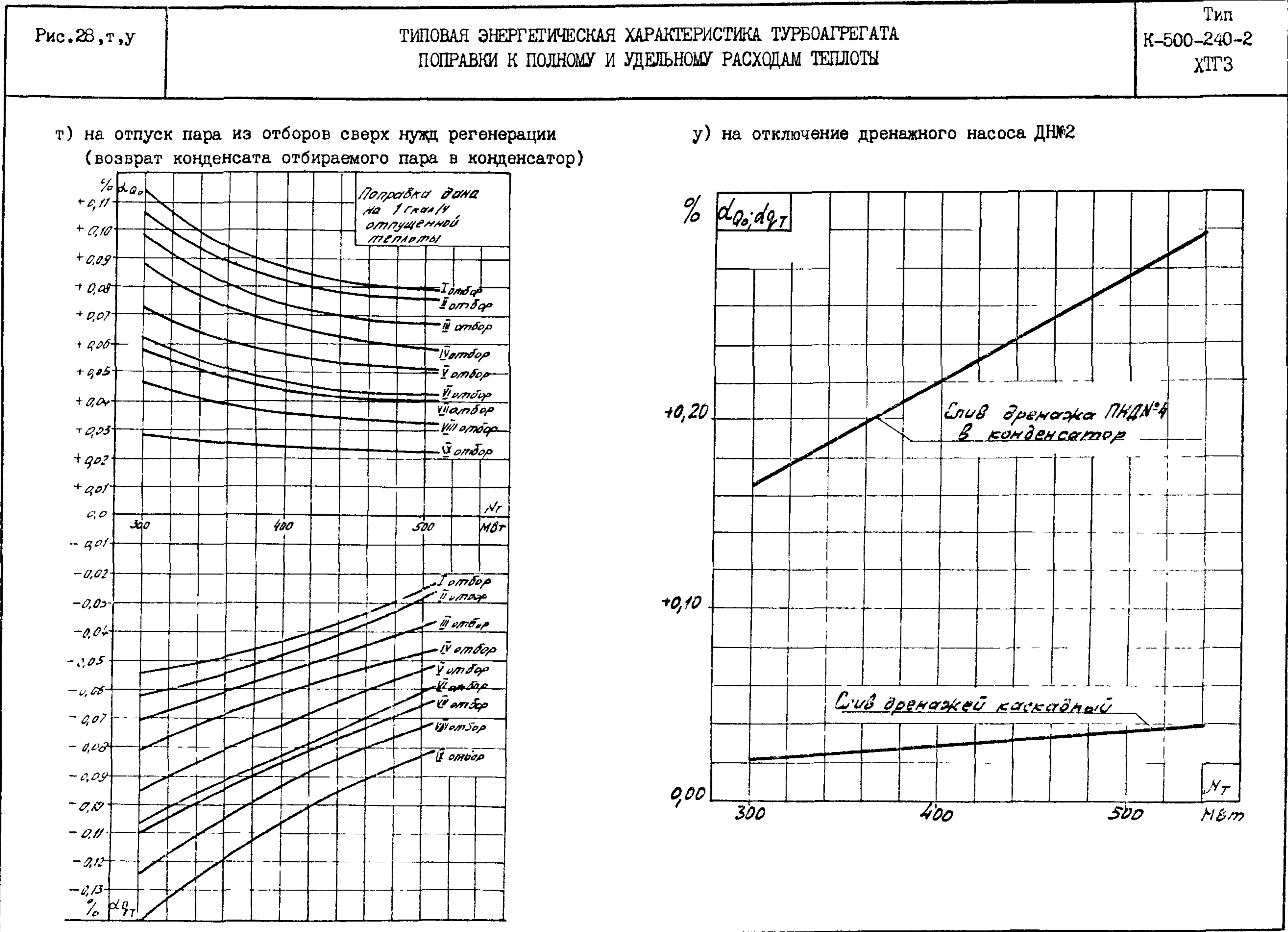
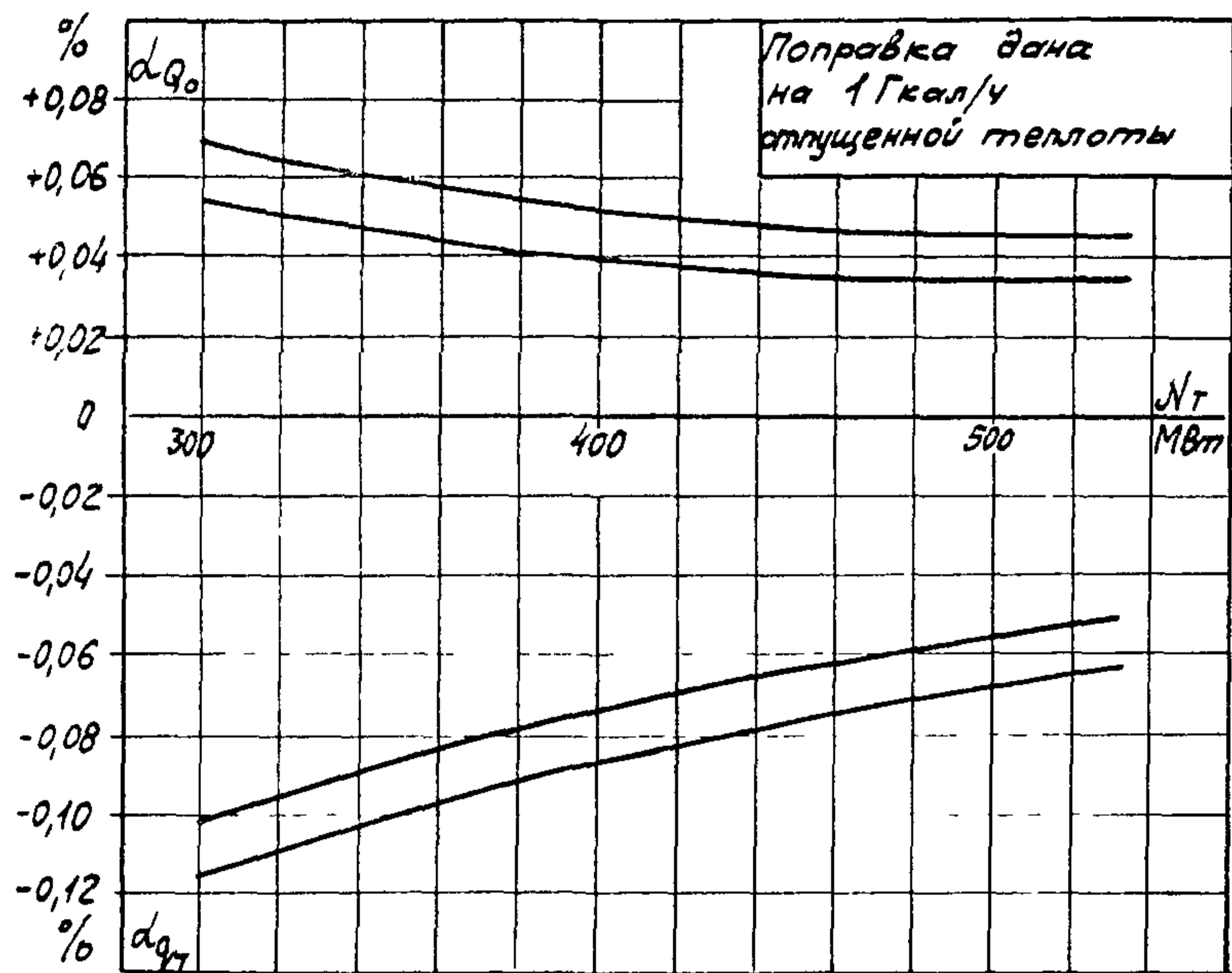


Рис. 28, ф, х, ц

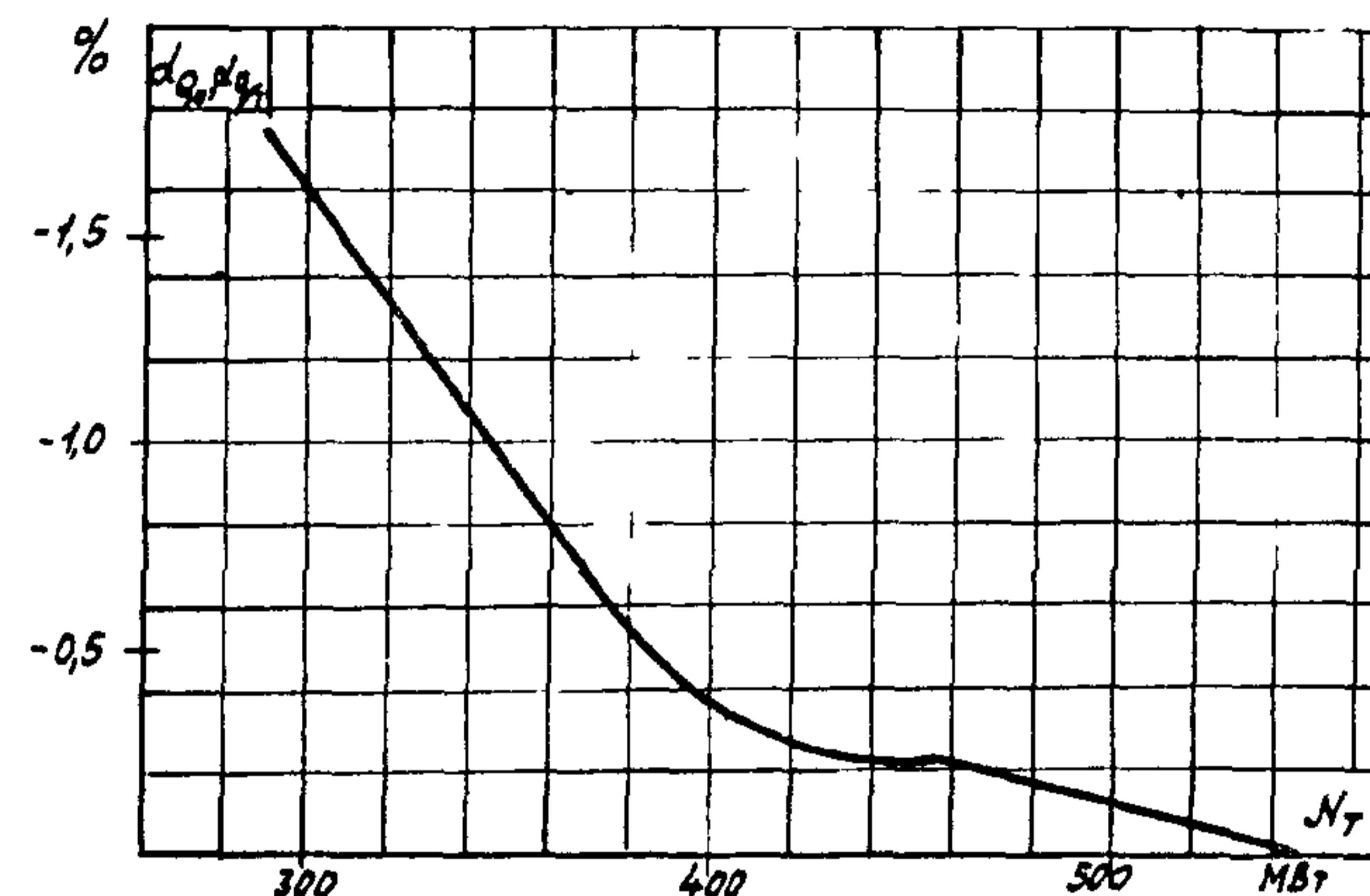
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К ПОЛНОМУ И УДЕЛЬНОМУ РАСХОДАМ ТЕПЛОТЫ

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)

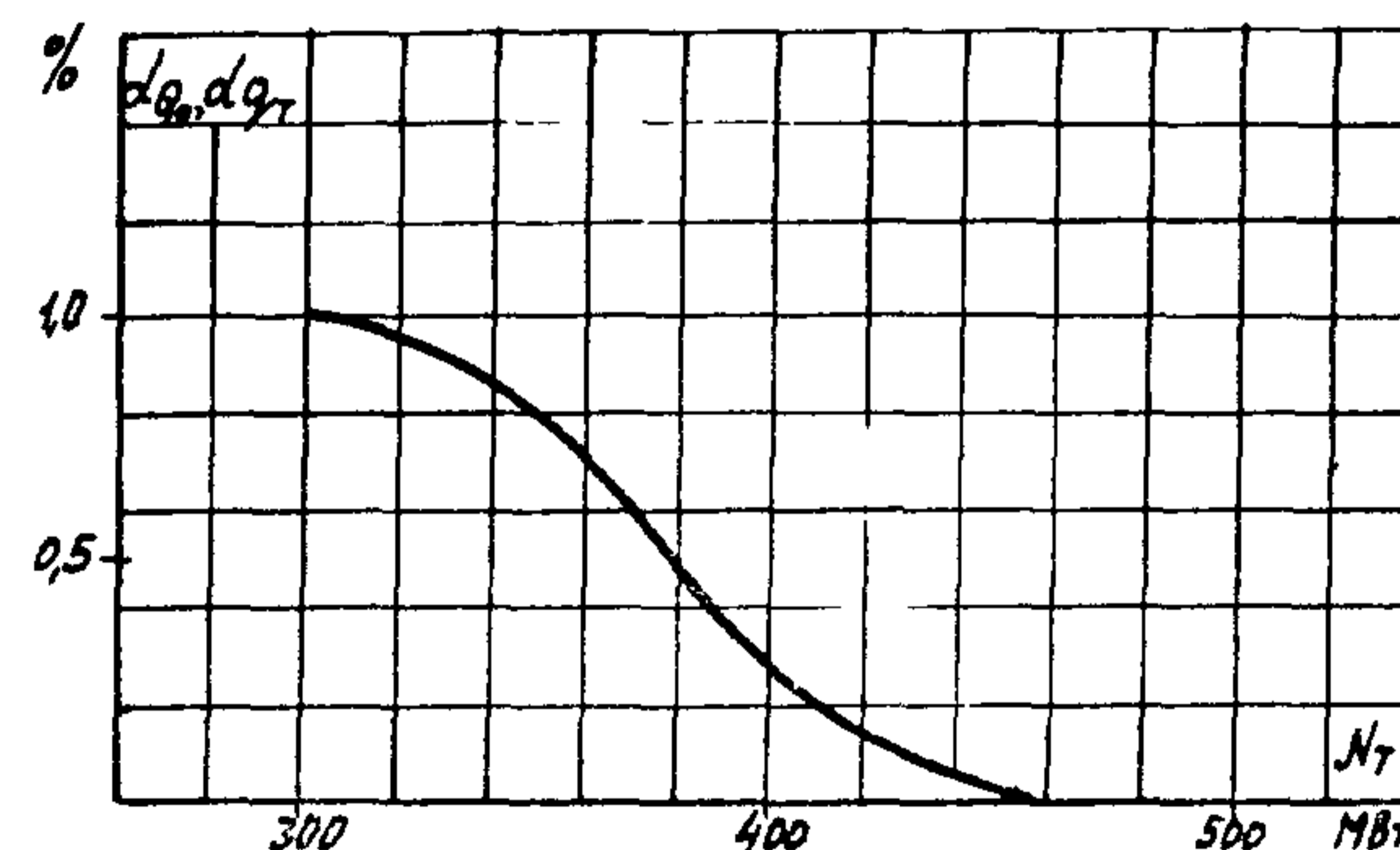
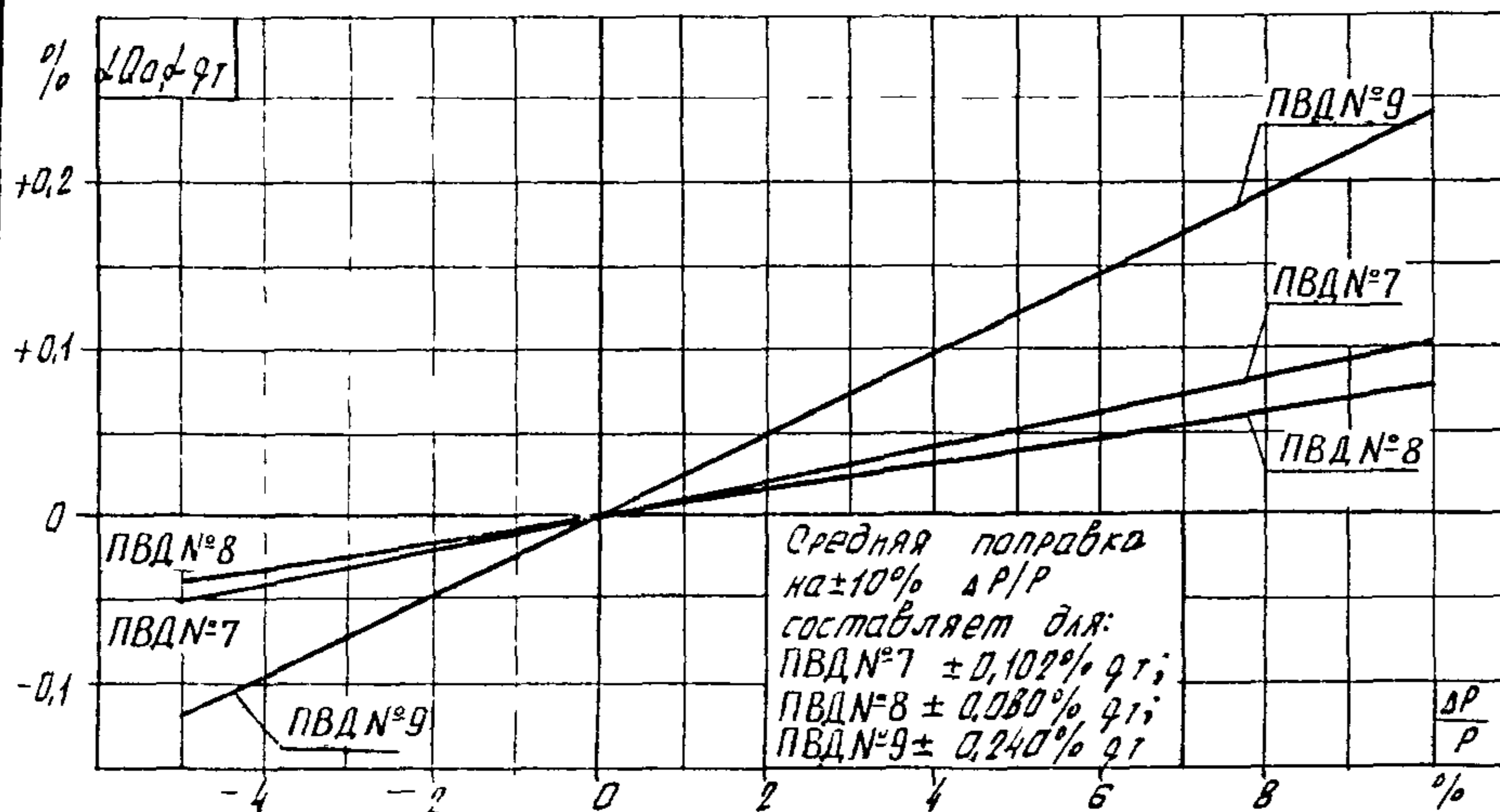


Рис. 28, ч, ш

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ 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

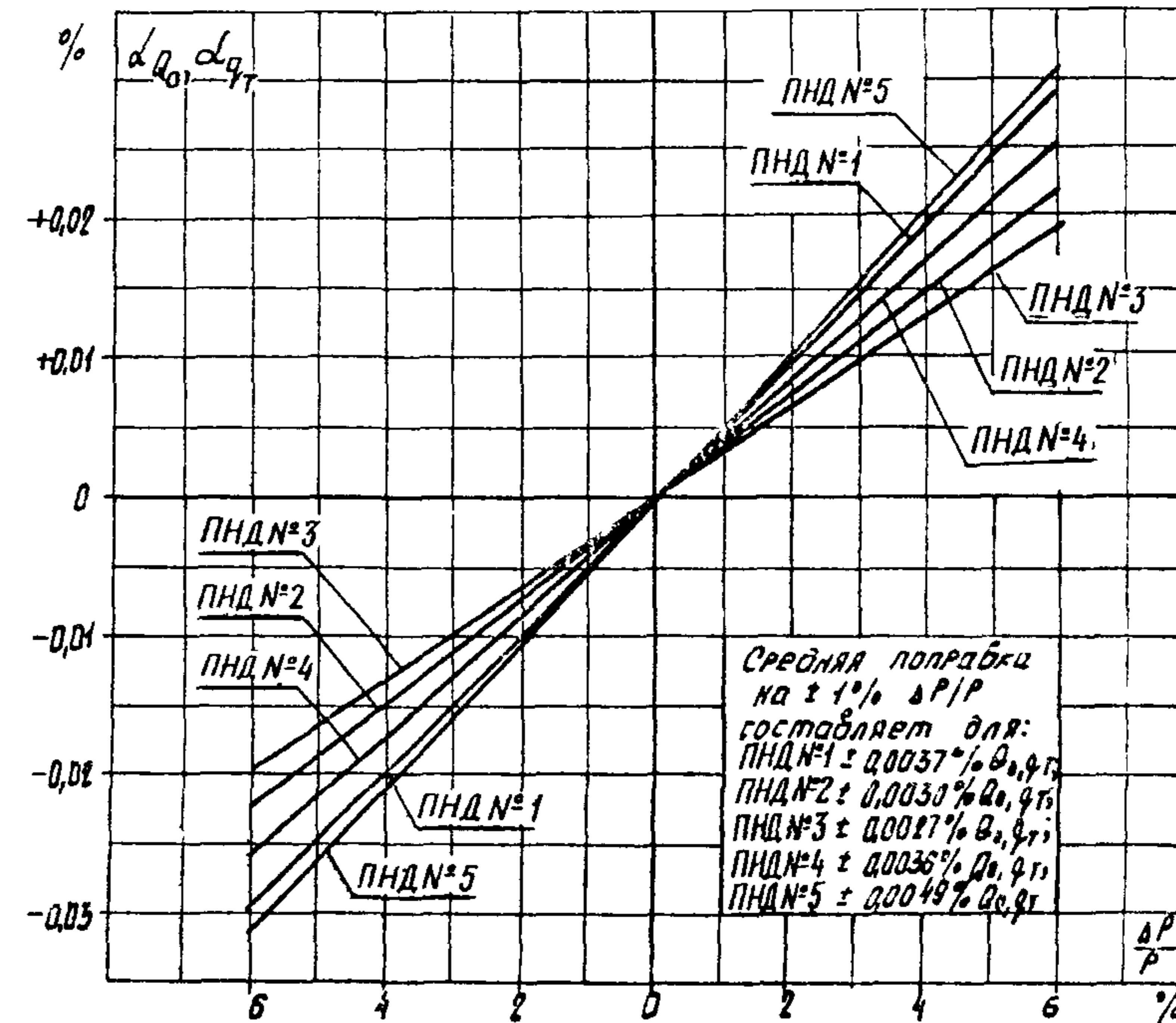
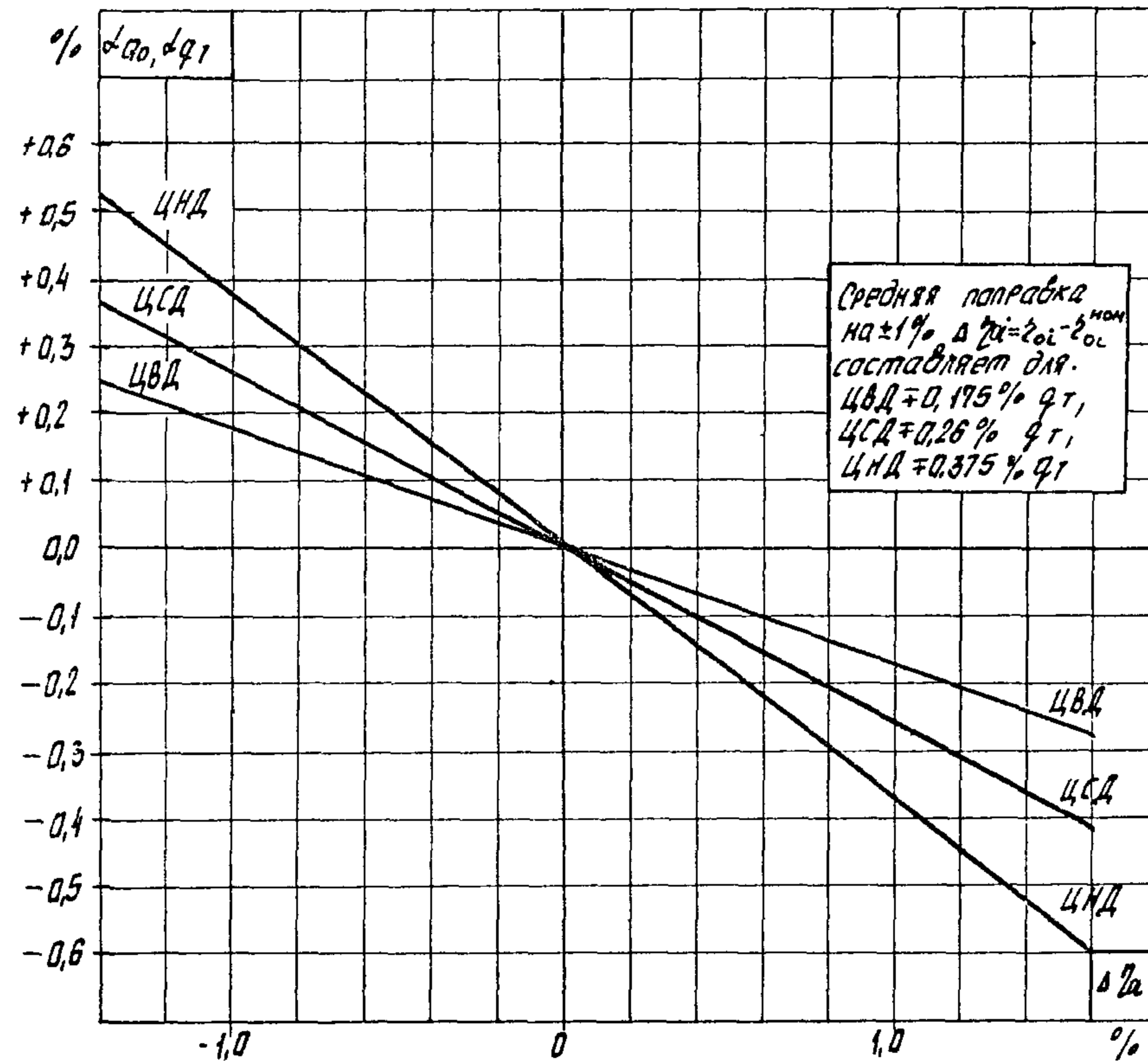


Рис. 28, щ

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 ХТГЗ составлена на базе тепловых испытаний двух турбин, проведенных предприятием Уралтехэнерго на Троицкой и Рефтинской ГРЭС. Характеристика отражает технически достигнутое экономичность турбоагрегата, работающего по заводской расчетной тепловой схеме (рис.1) и при следующих условиях, принятых за номинальные:

- давление свежего пара перед стопорными клапанами ЦВД - 24 МПа (240 кгс/см^2);
- температура свежего пара перед стопорными клапанами ЦВД - 540°C ;
- температура пара после промперегрева перед стопорными клапанами ЦСД - 540°C ;
- потери давления в тракте промперегрева на участке от выхлопа ЦВД до стопорных клапанов ЦСД по отношению к давлению перед стопорными клапанами ЦСД - 9,9% (рис.14);
- давление отработавшего пара: для характеристики при постоянном давлении пара в конденсаторе - 3,5 кПа ($0,035 \text{ кгс/см}^2$); для характеристики при постоянных расходе и температуре охлаждающей воды - в соответствии с тепловой характеристикой конденсатора К-II520-2 при $W = 51480 \text{ т/ч}$ и $t_1^0 = 12^\circ\text{C}$ (рис.24,а);
- суммарная внутренняя мощность турбопривода ПТН и давление питательной воды на стороне нагнетания - в соответствии с рис.11,12;
- прирост энтальпии питательной воды в питательном насосе - по рис.13;
- впрыск в промежуточный пароперегреватель отсутствует;
- пар на уплотнения турбины и на эжекторы подается из деаэратора в количестве 11,0 т/ч;
- система регенерации высокого и низкого давления включена полностью, на деаэратор 0,7 МПа (7 кгс/см^2) 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/см^2);
- 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-II520-2;
- 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 ПУ Калужского турбинного завода; предвключенные (бустерные) насосы расположены на одном валу с питательным насосом (оба ПТН постоянно в работе);
- два конденсатных насоса I степени 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 ($t_1^в = 12^\circ\text{C}$) 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:

$$N_T = 500 \text{ МВт;}$$

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

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

дренаж ПНД№4 сливается каскадно в ПНД№3.

Остальные параметры - номинальные.

Определить расход свежего пара, полный и удельный расход 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 расходу 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_{Q_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 ХТГЗ 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 ($N_T^{с.н}$):

$$N_T^H = N_T - N_T^{с.н},$$

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

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

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).

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

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

Типовая энергетическая характеристика нетто по расходу теплоты аналитически выражается уравнением

$$Q_T^H = 90,79 + 1,687 N_T^H + 1,121 (N_T^H - 449,1) \text{ Гкал/ч.}$$

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

$$\alpha_{Q_T^H} = -0,071\%.$$

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:

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

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:

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

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

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

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

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