

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

**ТИПОВАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА Р - 100 - 130/15 ТМЗ**



СОЮЗТЕХЭНЕРГО
МОСКВА 1979

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель начальника
Главтехуправления
Д.Я. ШАМАРАКОВ
7 августа 1979 г.

ТИПОВАЯ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА Р - 100 - 130/15 ТМЗ

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО
МОСКВА 1979

Составлено Сибтехэнерго с участием Московского головного предприятия Союзтехэнерго

А в т о р ы инженеры А.А.СОЛОВЬЕВ, Н.А.СОЛОВЬЕВА (Сибтехэнерго),
В.С.ЦЕТКОВ (Союзтехэнерго)

© СПО Союзтехэнерго, 1979.

Ответственный редактор Н.А.Натамсон
Литературный редактор Ф.С.Кузьминская
Технический редактор Е.Н.Безза
Корректор Н.Я.Кравец

Л 78024 Подписано к печати 25/ХП 1979 г.
Печ. л. 3,5 (усл. печ. л. 3,25) Уч.-изд. л. 2,5
Заказ № 376/79

Издат. № 437/79

Формат 60x84 1/8
Тираж 500 экз.
Цена 38 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, пом. 2

Дата:
изготовления
установки
характеристики

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ
ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА

Тип
P-100-130/15
ТМЗ

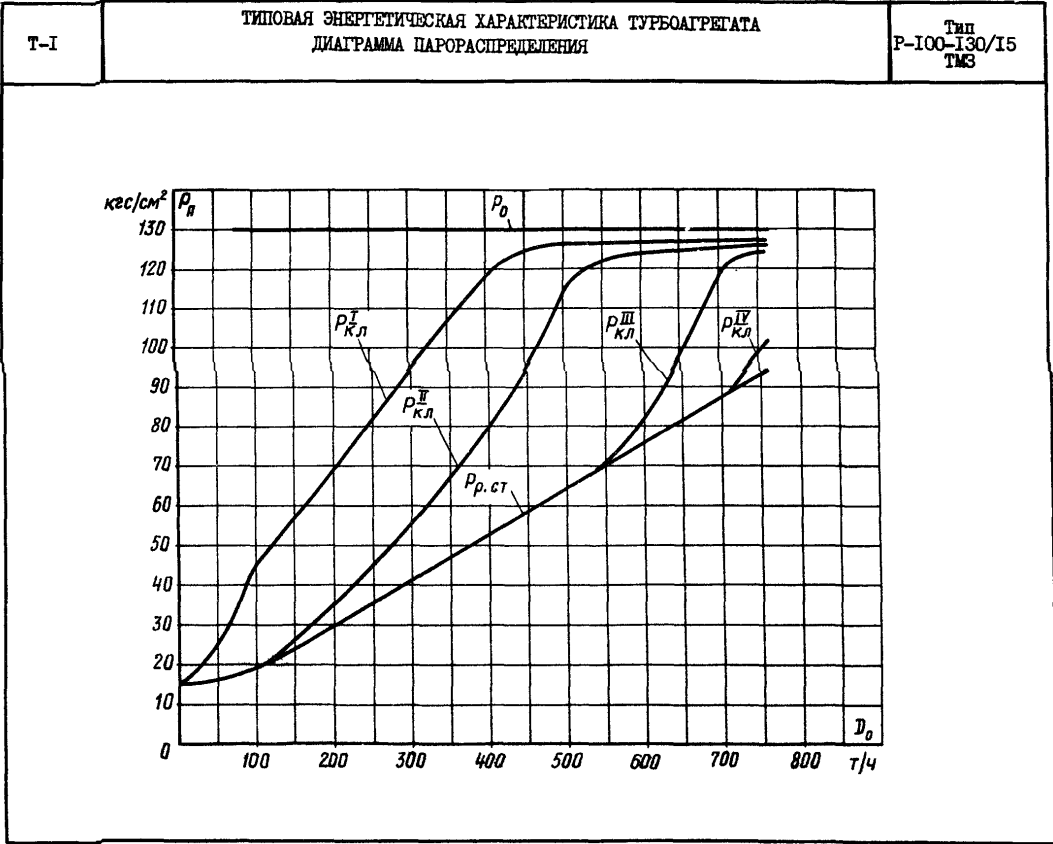
Основные заводские данные турбоагрегата (ТУ 108-661-77)

$N_T^{ном}$ МВт	$N_T^{макс}$ МВт	$D_o^{ном}$ т/ч	$D_o^{макс}$ т/ч	p_o кгс/см ²	t_o °C	$p_{пр}$ кгс/см ²
100	107*	760	760	130	555	12-21

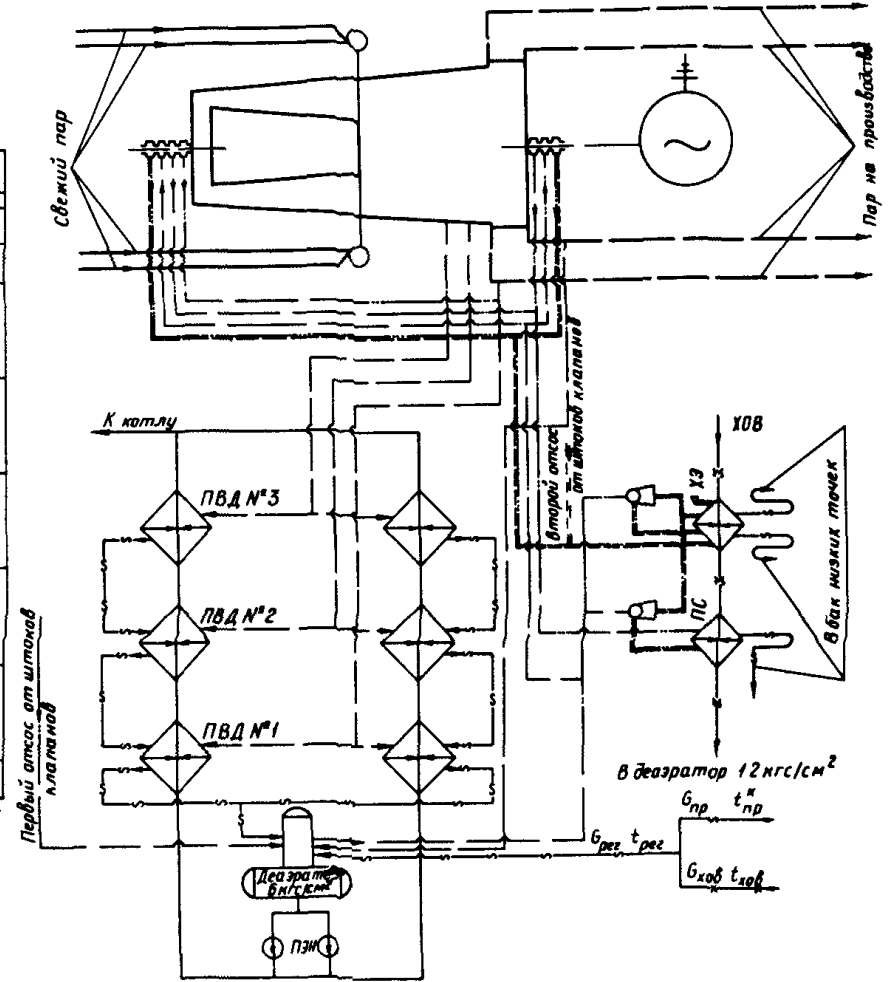
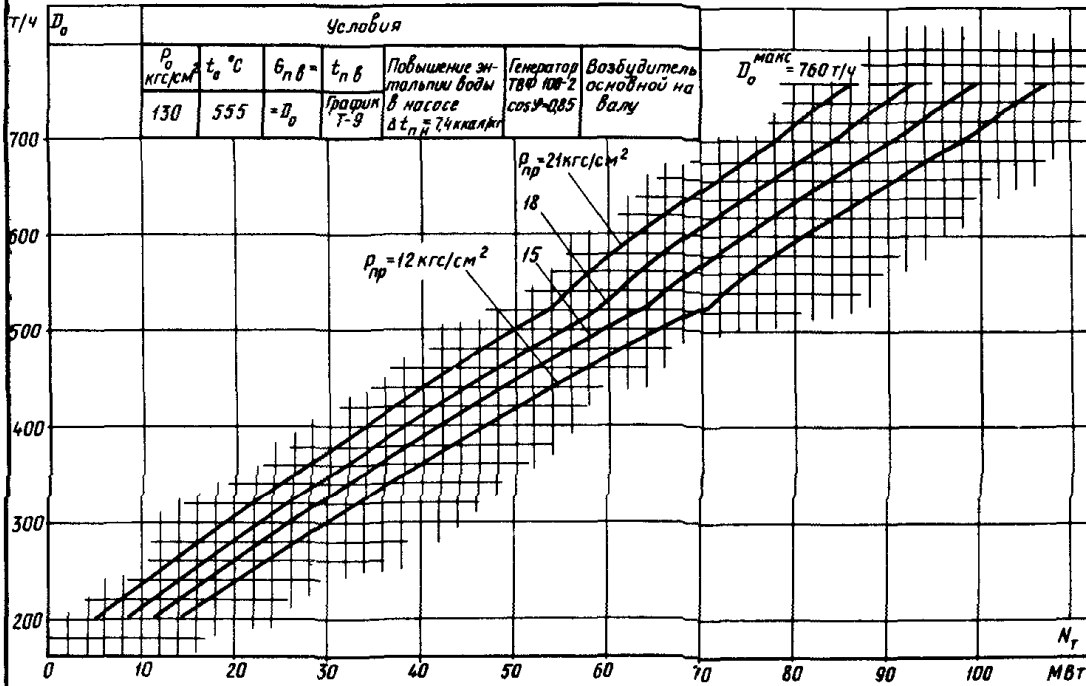
$$* p_{пр} = 12 \text{ кгс/см}^2$$

Сравнение данных типовой характеристики с гарантийными данными ТМЗ

		Показатель	Нагрузка, МВт	
			100	80
Данные ТМЗ	Условия	Давление свежего пара p_o , кгс/см ²	130	
		Температура свежего пара t_o , °C	555	
Данные типовой характеристики	Условия	Давление пара противодействия $p_{пр}$, кгс/см ²	15	
		КПД генератора $\eta_{эм}$, %	98,7	
		Температура питательной воды за ПВД № 3 $t_{п.в.}$, °C	234	227
		Удельный расход пара d , кг/(кВт·ч)	7,67	7,97
		Давление свежего пара p_o , кгс/см ²	130	
Данные типовой характеристики	Условия	Температура свежего пара t_o , °C	555	
		Давление пара противодействия $p_{пр}$, кгс/см ²	15	
		КПД генератора $\eta_{эм}$, %	98,7	
		Температура питательной воды за ПВД № 3 $t_{п.в.}$, °C	235	228,6
		Удельный расход пара d , кг/(кВт·ч)	7,62	7,97
		Поправка к удельному расходу пара на отклонение температуры питательной воды Δd , кг/(кВт·ч)	-0,007	-0,009
		Удельный расход пара при гарантийных условиях d_n , кг/(кВт·ч)	7,613	7,961
		Отклонение удельного расхода пара от гарантийного αd , %	-0,75	-0,11
		Среднее отклонение αd , %	-0,43	



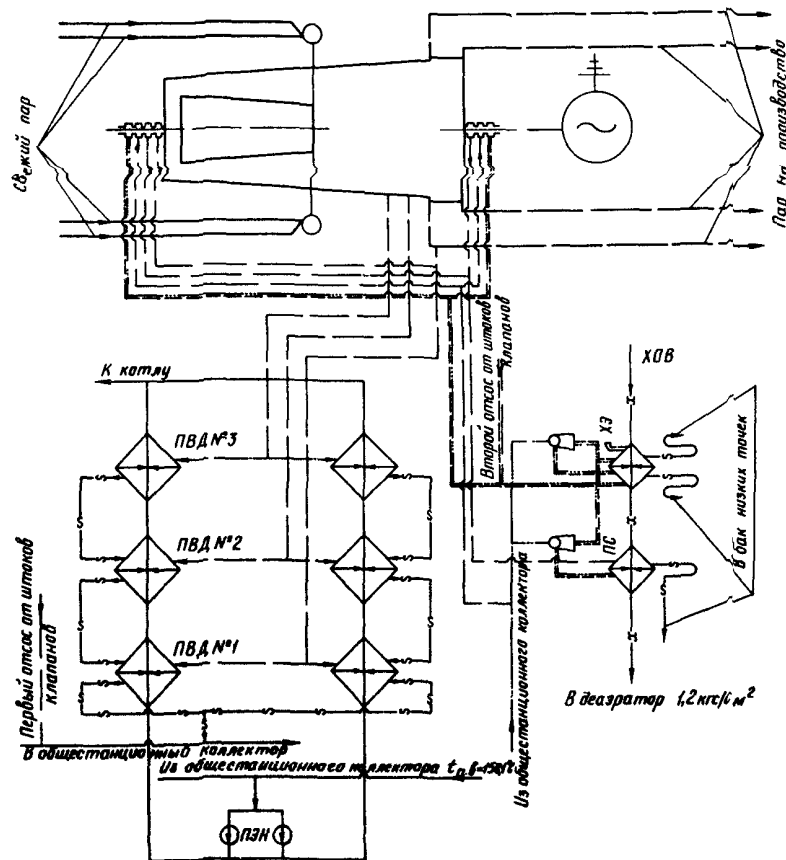
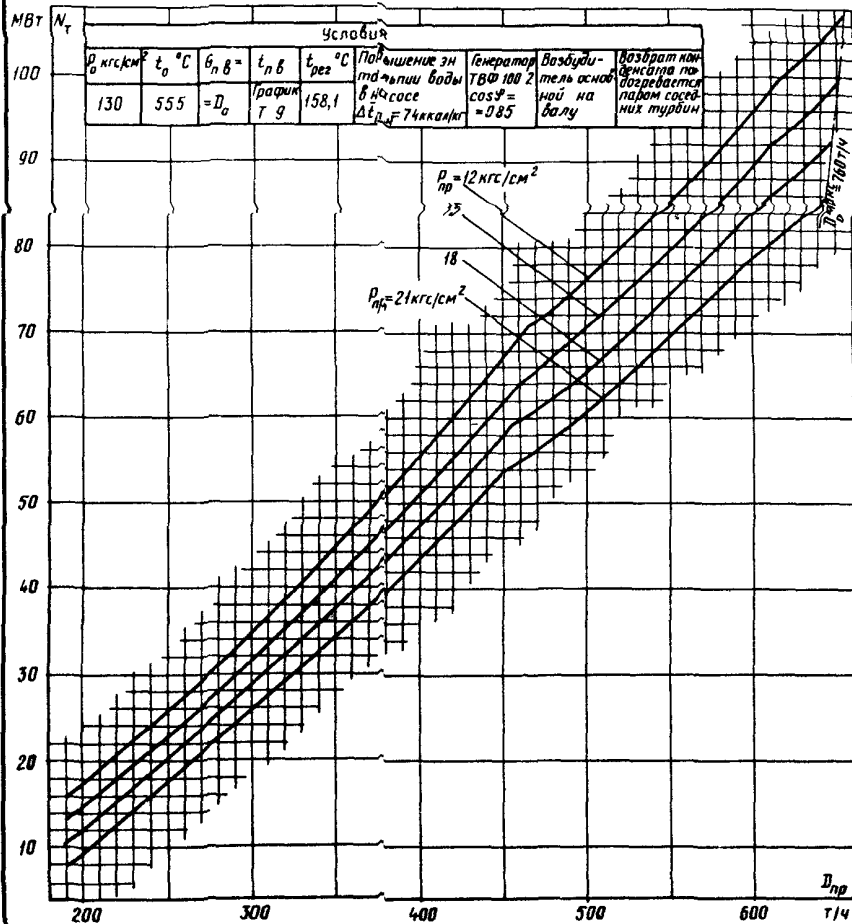
Т-2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД СВЕЖЕГО ПАРА	P-100-130/15 ТМЗ
-----	--	---------------------

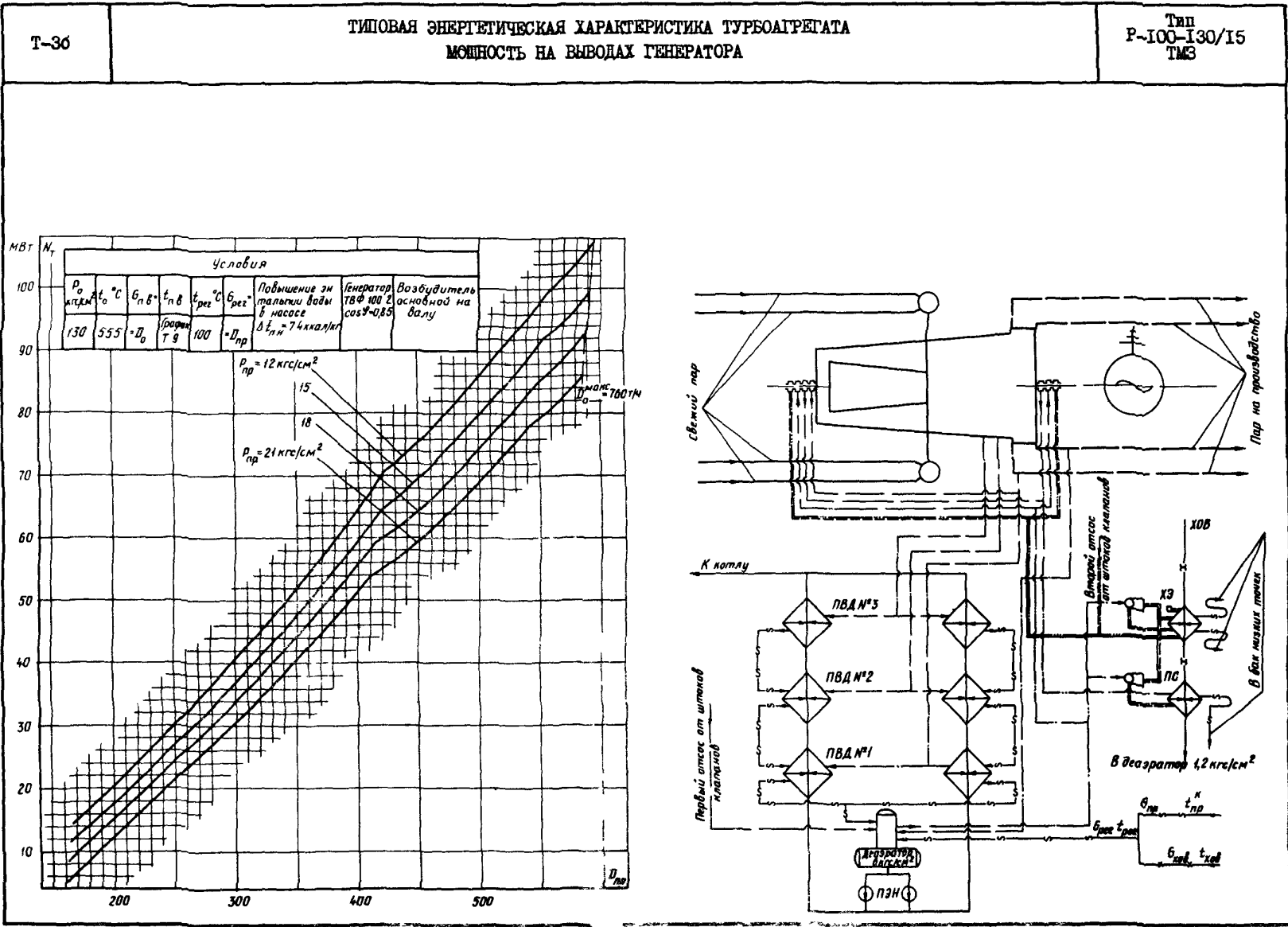


T-3a

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
МОЩНОСТЬ НА ВЫВОДАХ ГЕНЕРАТОРА

Тип
P-100-130/15
TMS

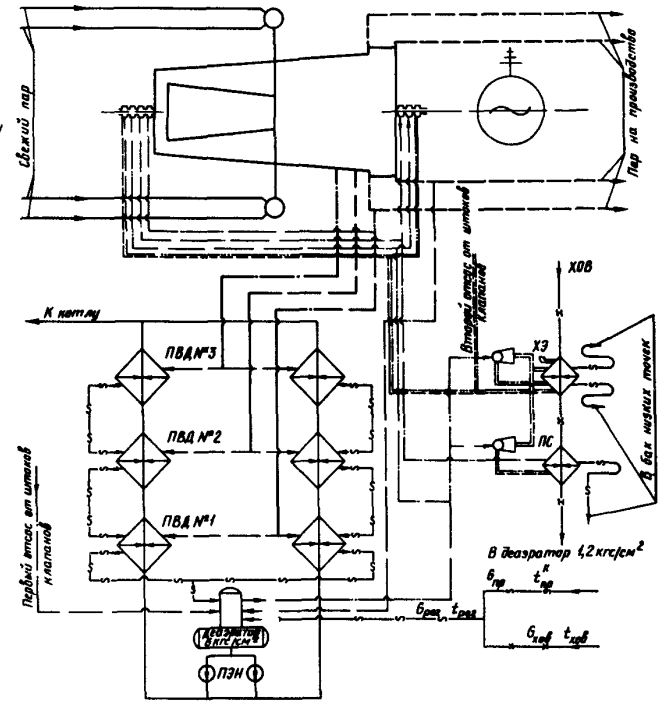
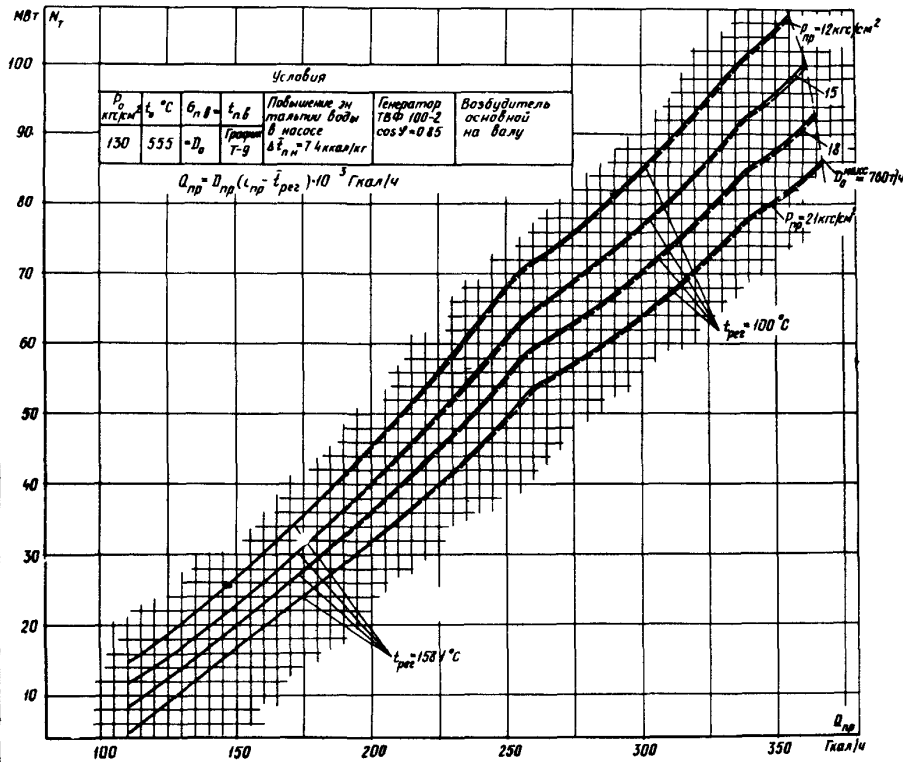




T-4

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
МОЩНОСТЬ НА ВЫВОДАХ ГЕНЕРАТОРА

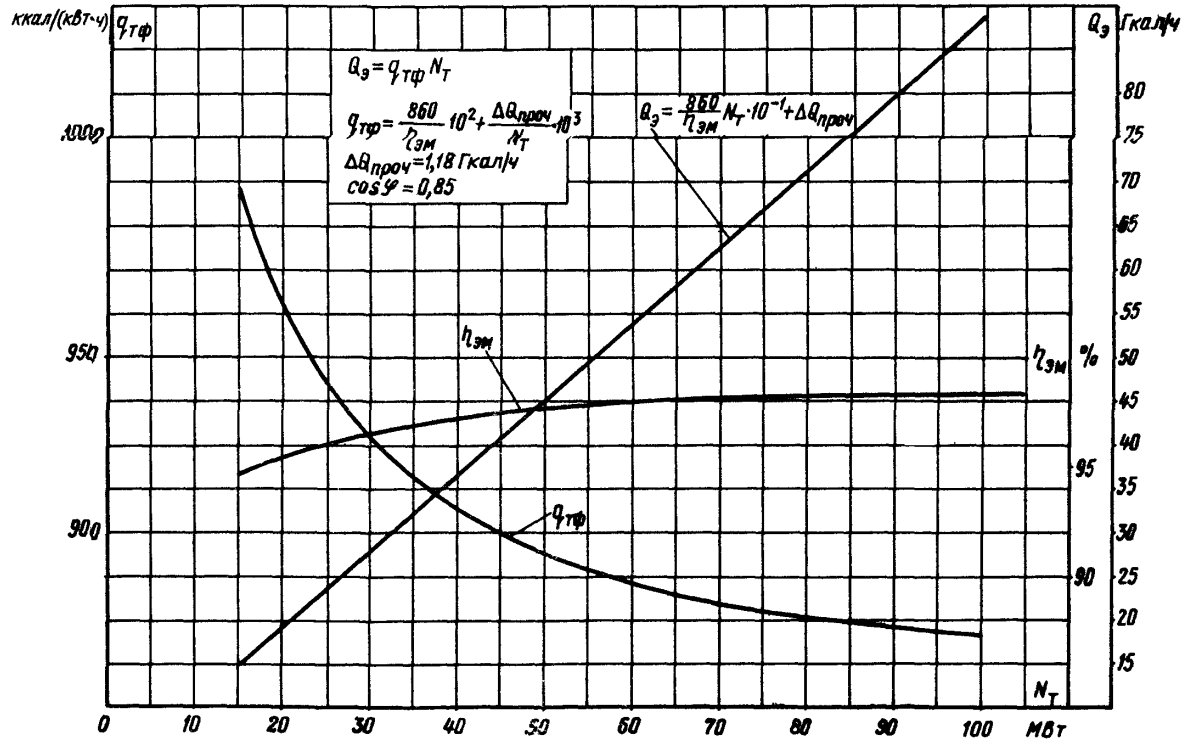
Тип
P-100-130/15
ТЭС



Т-5

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОЛНЫЙ И УДЕЛЬНЫЙ РАСХОДЫ ТЕПЛА БРУТТО НА ВЫРАБОТКУ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

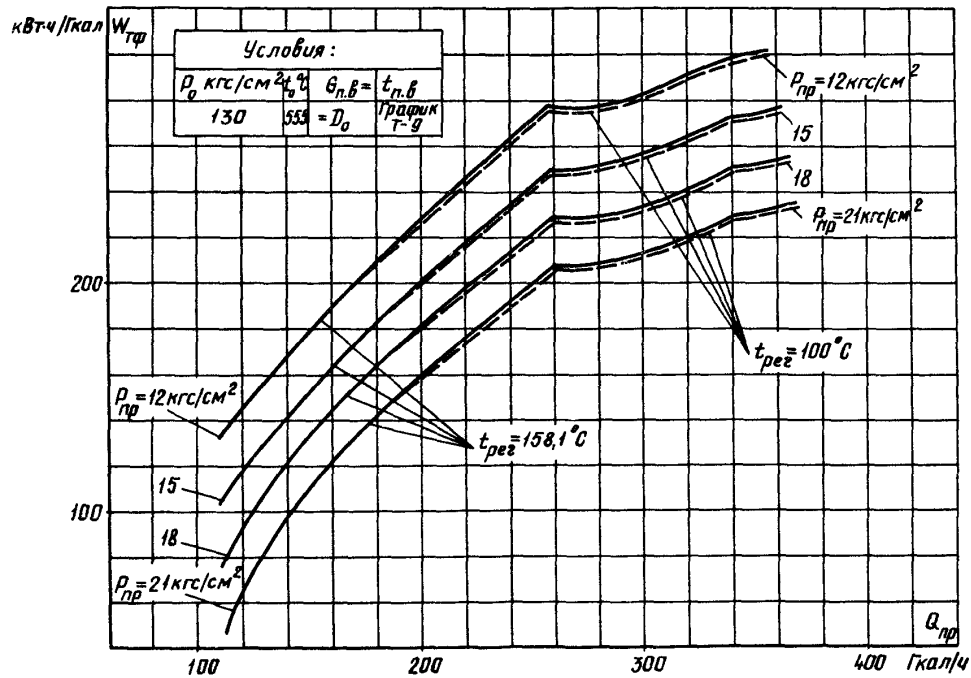
Тип
Р-100-130/15
ТМЗ



Т-6

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
УДЕЛЬНАЯ ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Тип
Р-100-130/15
ТМЗ



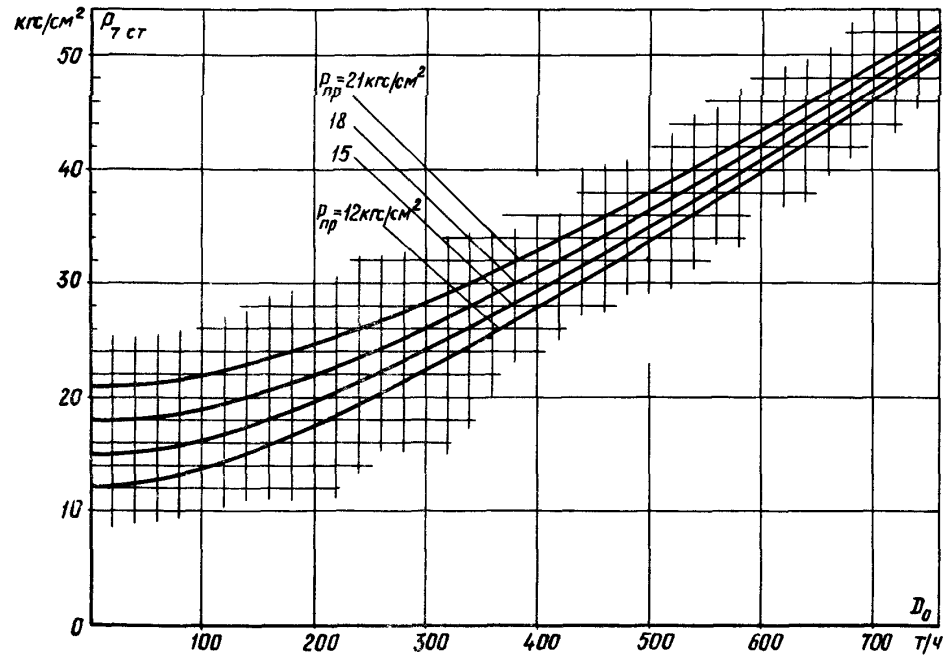
T-7

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ДАВЛЕНИЕ ПАРА ЗА 7-Й СТУПЕНЬЮ И В КАМЕРАХ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ОТБОРОВ

Тип
P-100-130/15
ТМЗ

Условия: $p_0 = 130 \text{ кгс/см}^2$; $t_0 = 555^\circ \text{C}$; $t_{п.в}$ -график T-9; $\theta_{п.в} = D_0$;

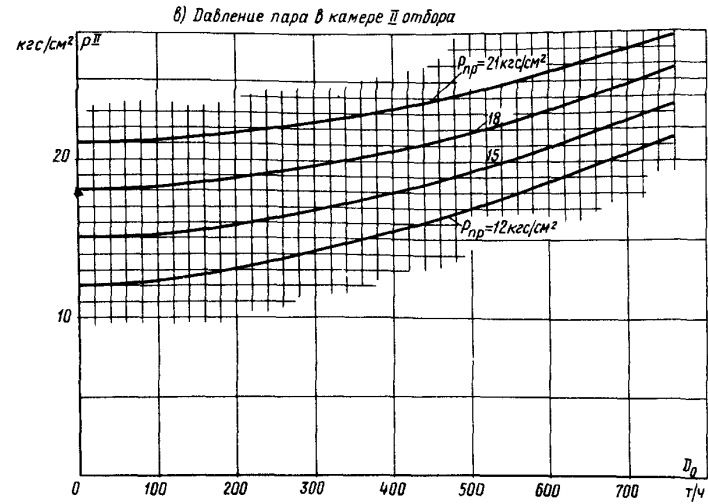
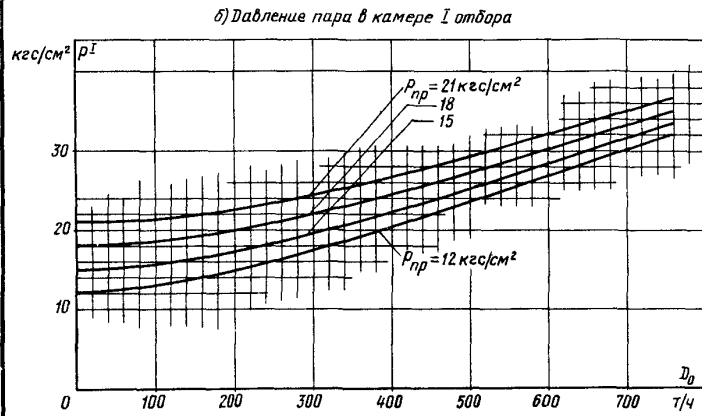
а) Давление пара за 7-й ступенью

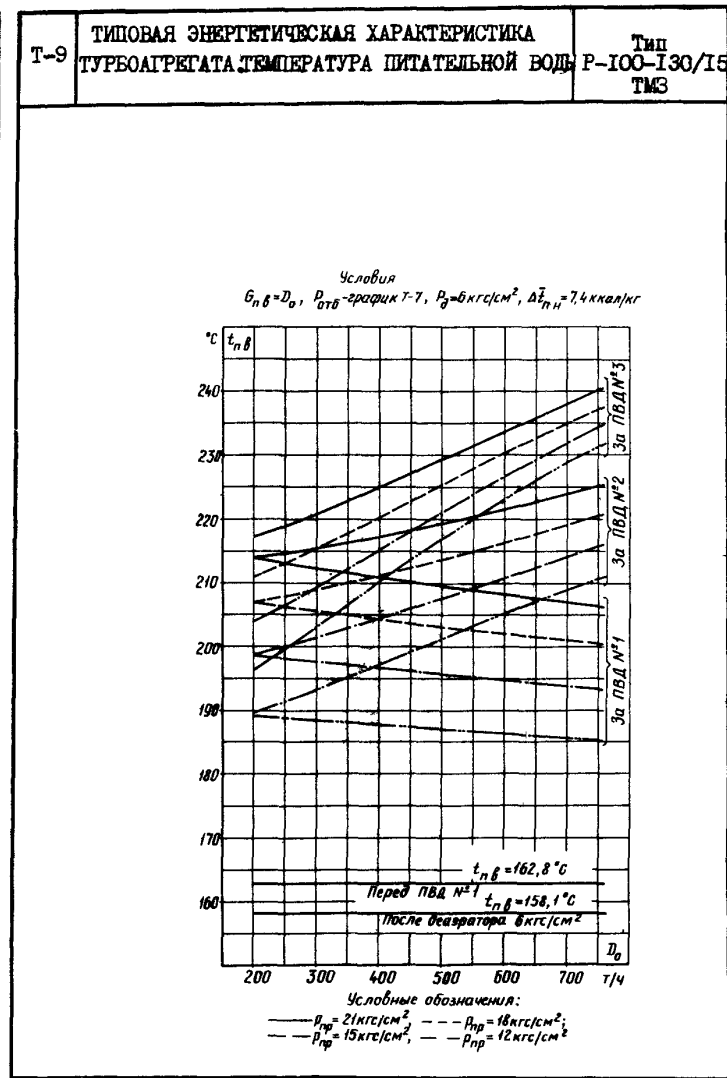
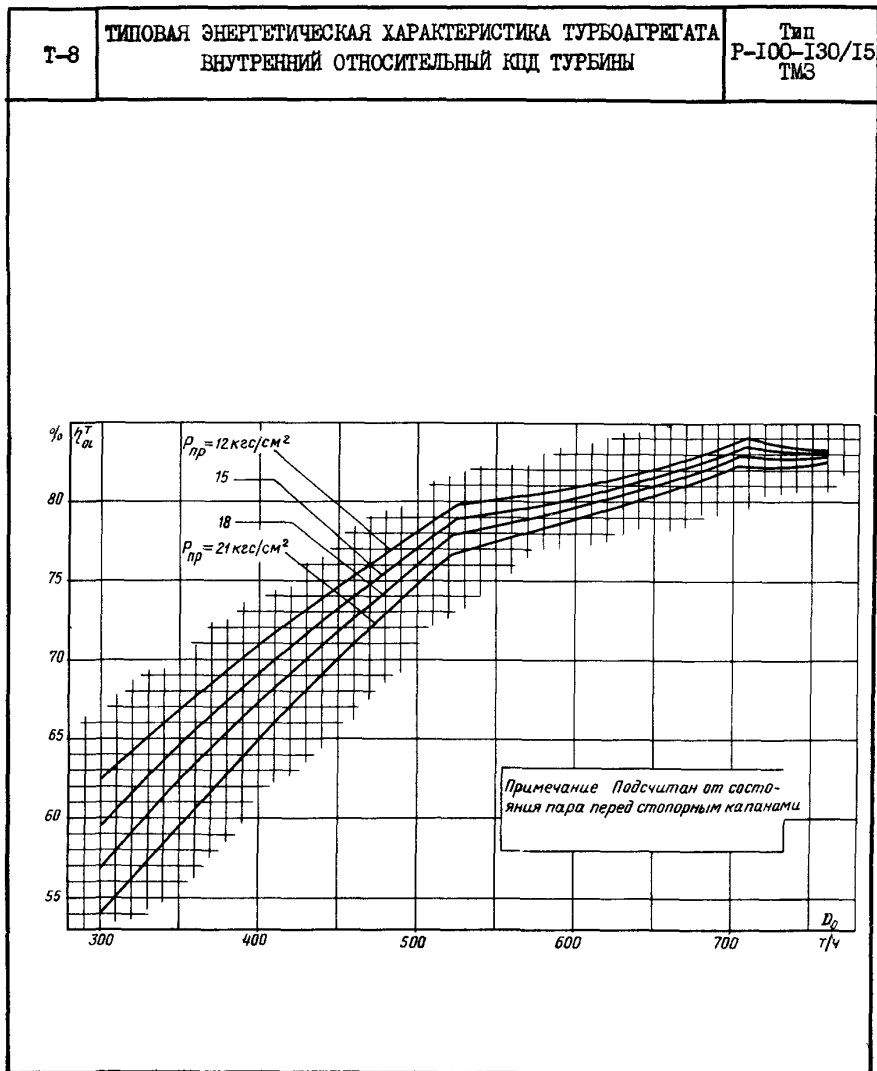


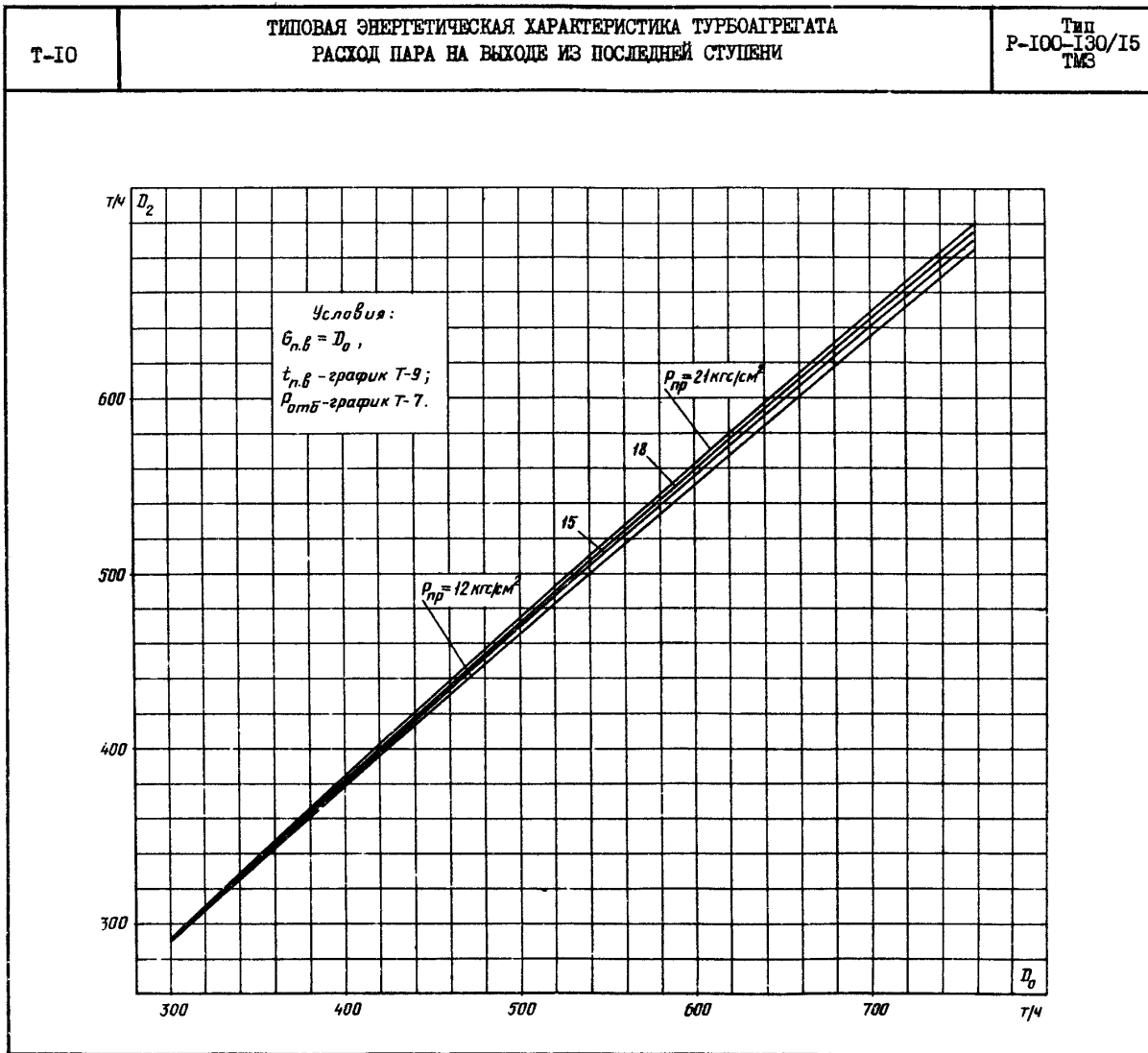
T-7

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ДАВЛЕНИЕ ПАРА ЗА 7-й СТУПЕНЬЮ И В КАМЕРАХ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ОТБОРОВ

Тип
P-100-130/15
ТМЗ



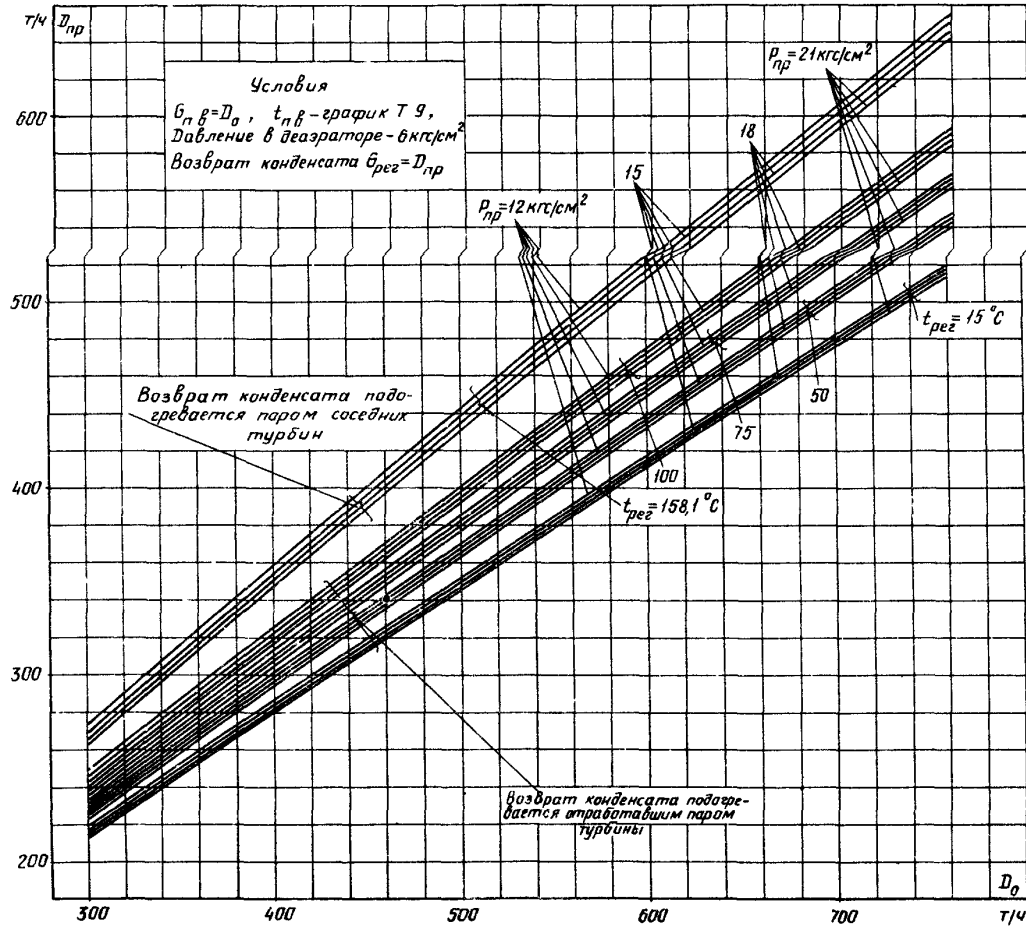




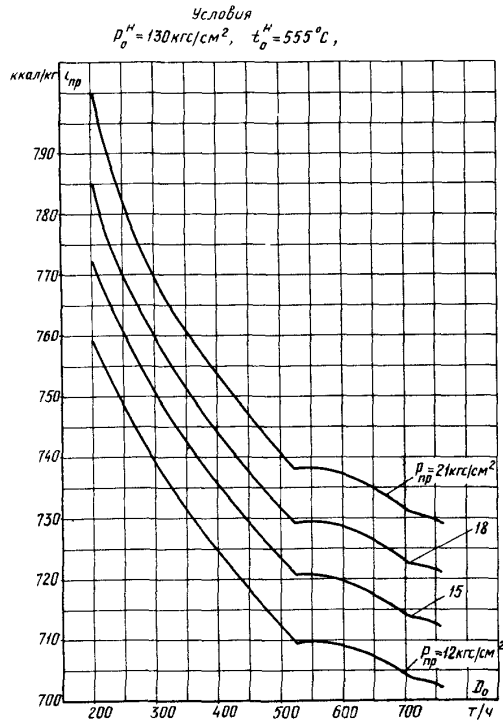
T-11

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
РАСХОД ПАРА НА ПРОИЗВОДСТВО

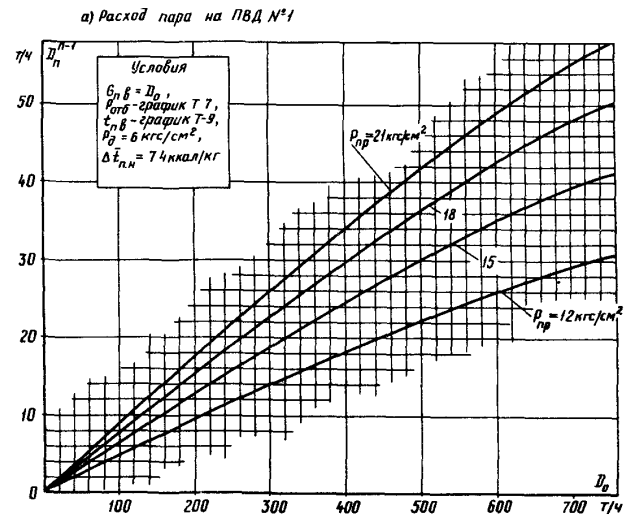
Тип
P-100-130/15
ТМЗ

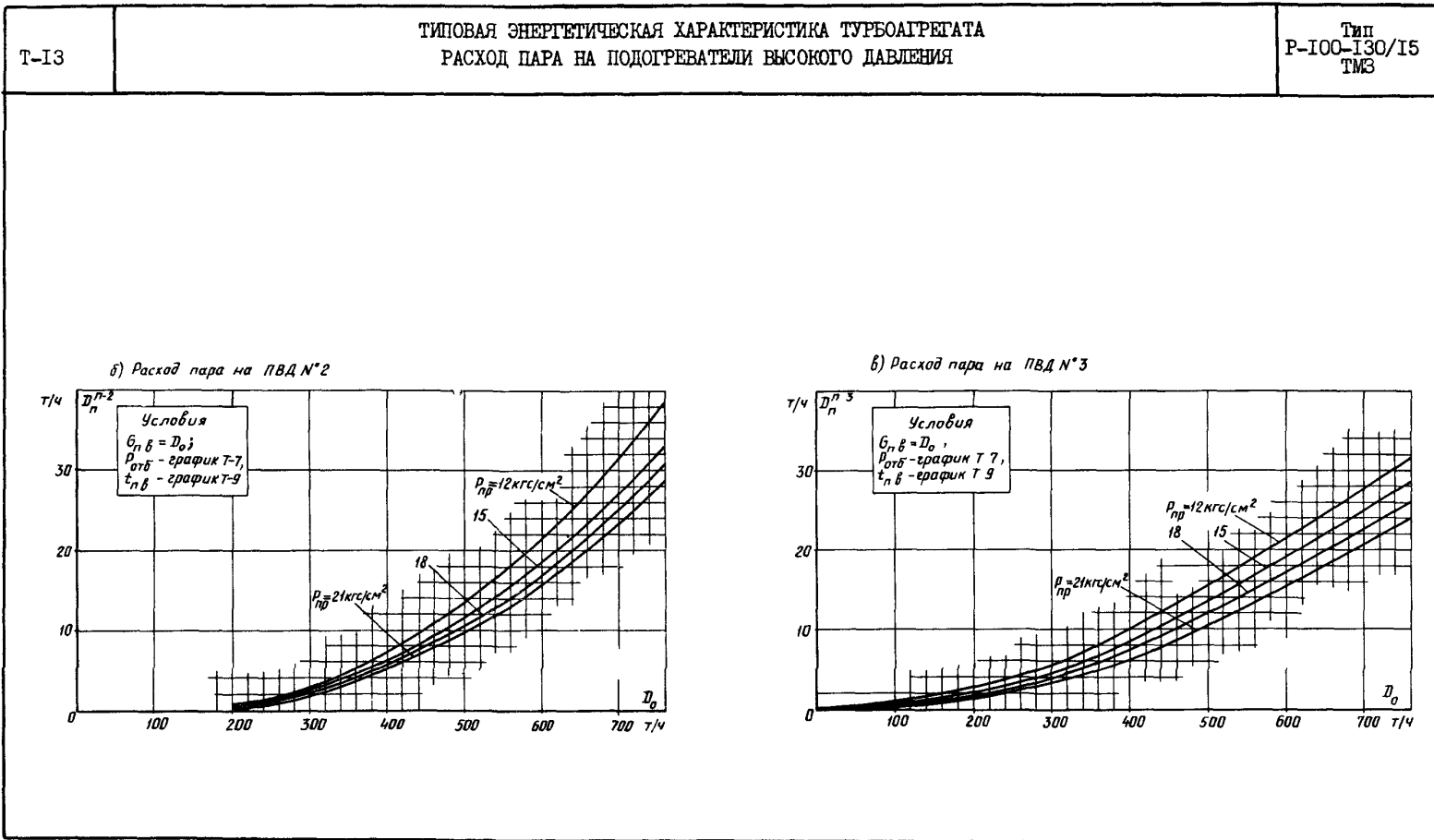


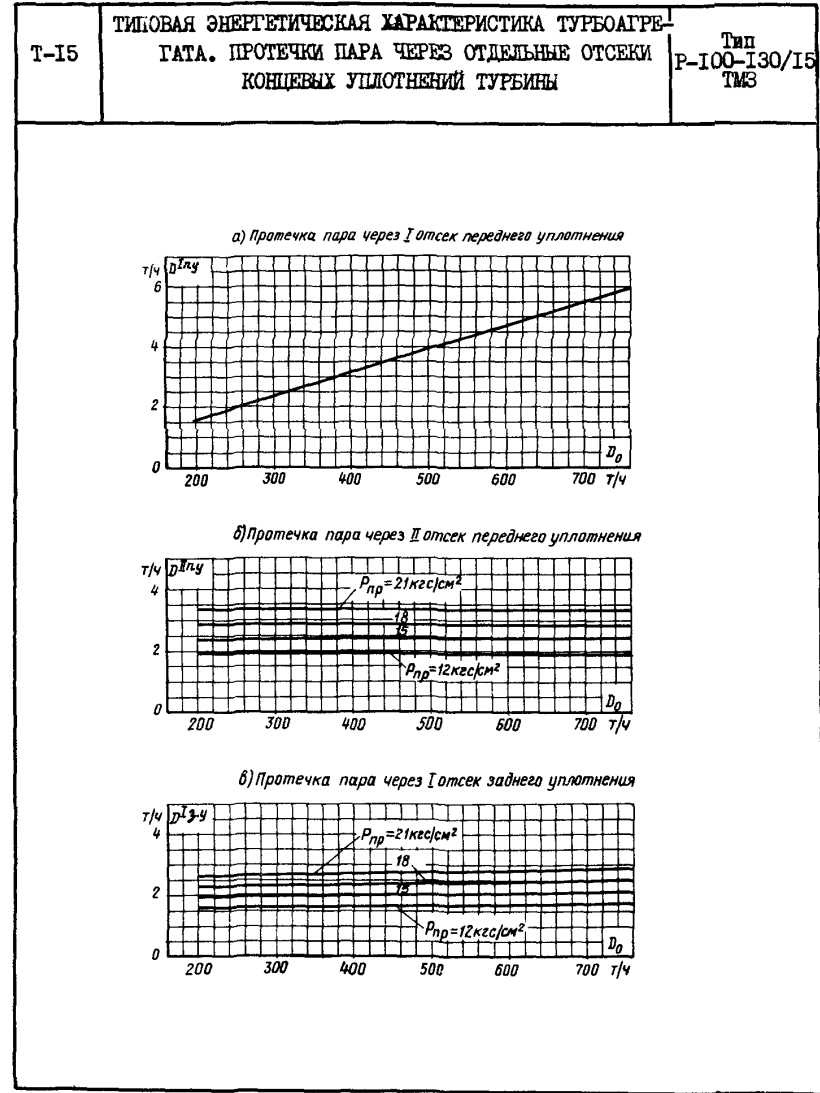
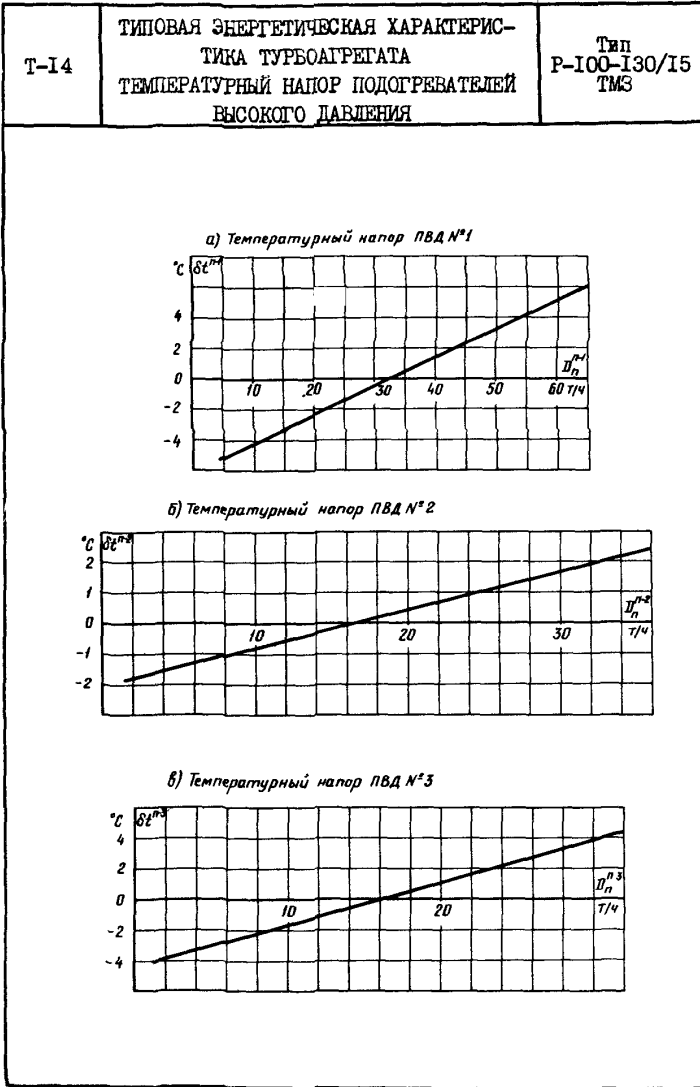
Т-12	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА. ЭНТАЛЬПИЯ ОБРАБОТАВШЕГО ПАРА	Тип Р-100-130/15 ТМЗ
------	--	----------------------------



Т-13	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА НА ПОДОГРЕВАТЕЛИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	Тип Р-100-130/15 ТМЗ
------	---	----------------------------

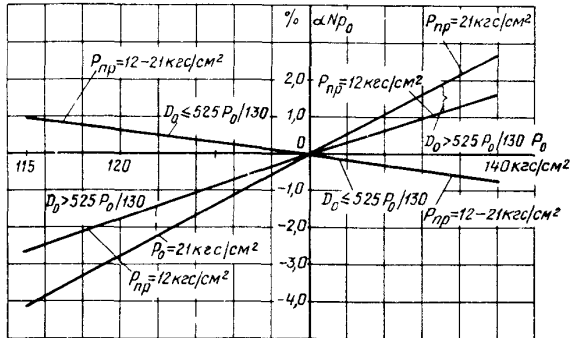




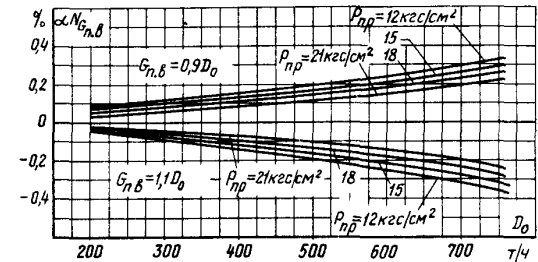


Т-16	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ ТУРБОАГРЕГАТА (при $D_0 = const$)	Тип P-100-130/15 ТМЗ
------	--	----------------------------

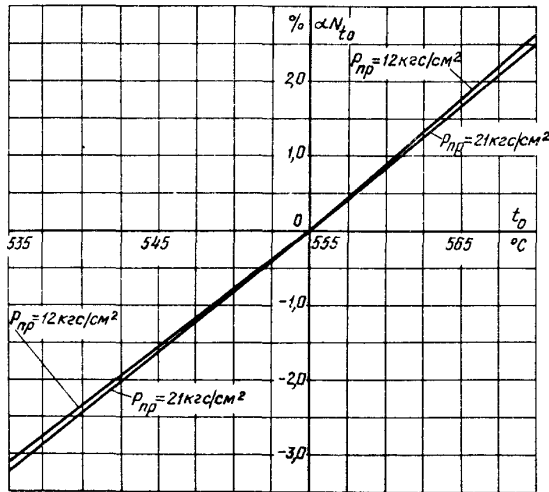
а) На отклонение давления свежего пара от номинального



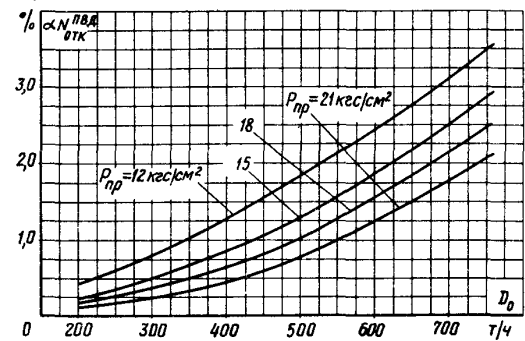
б) На отклонение расхода питательной воды от номинального



в) На отклонение температуры свежего пара от номинальной



г) На отклонение подогревателей высокого давления

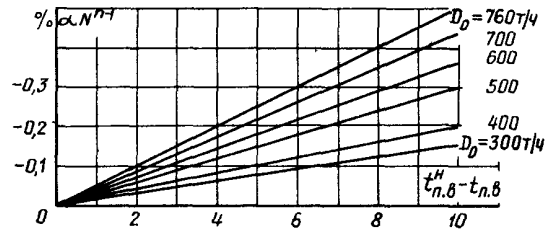


T-16

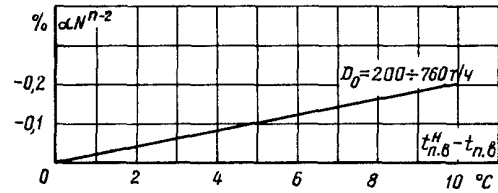
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ ТУРБОАГРЕГАТА
(при $D_0 = const$)

Тип
P-100-130/15
ТМЗ

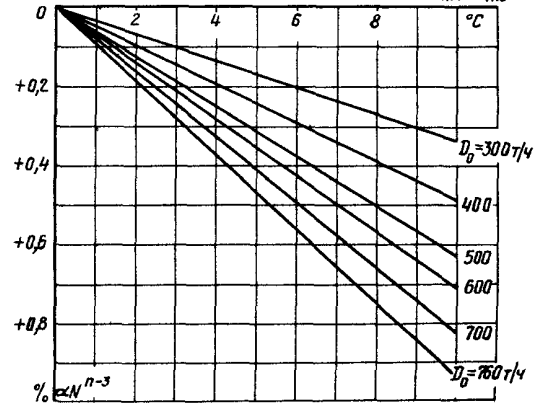
д) На недогрев питательной воды за ПВД №1



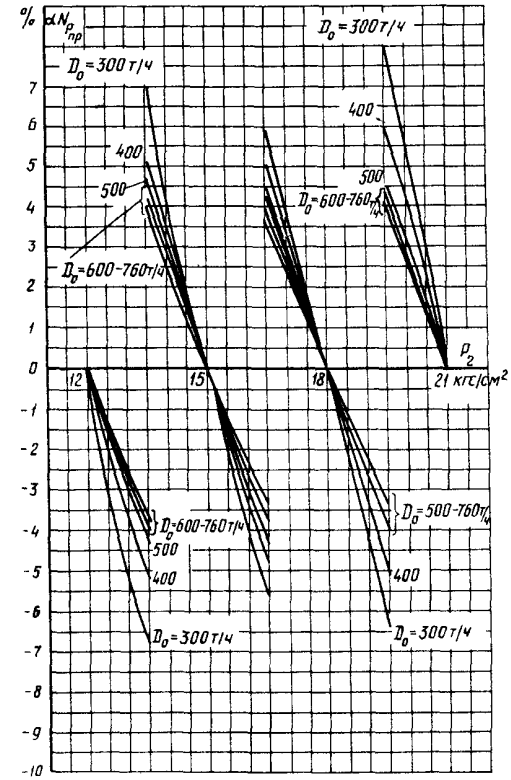
е) На недогрев питательной воды за ПВД №2



ж) На недогрев питательной воды за ПВД №3

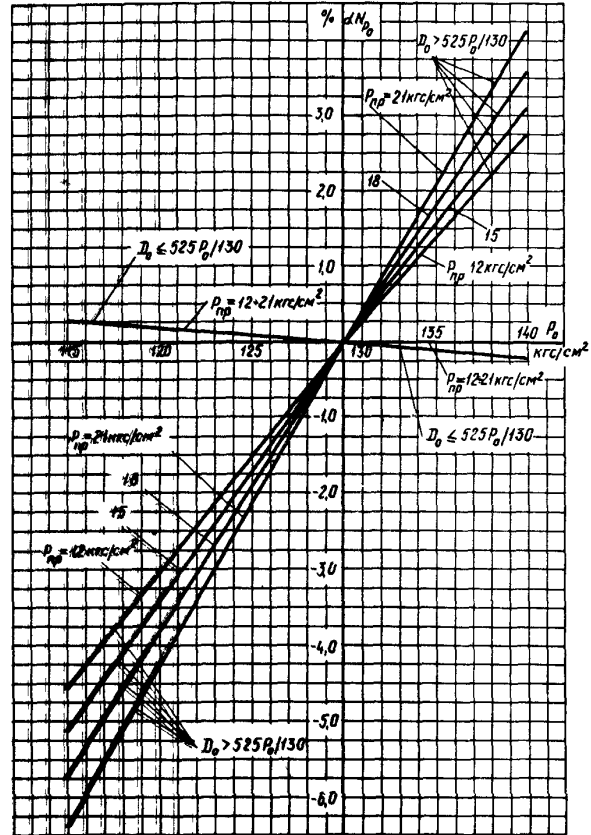


з) На отклонение давления отработанного пара от номинального

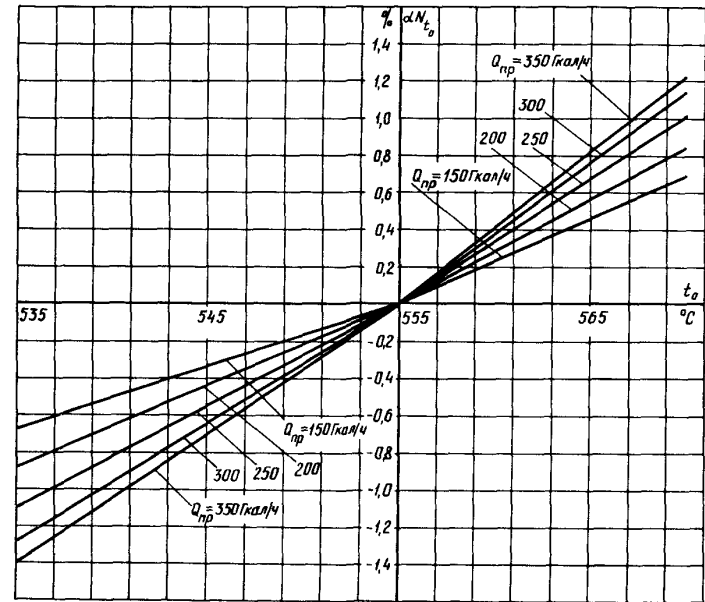


I-17	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ ТУРБОАГРЕГАТА (при $Q_{пр} = const$)	Тип P-100-130/15 ТЭС
-------------	---	-----------------------------------

а) На отклонение давления свежего пара от номинального



б) На отклонение температуры свежего пара от номинальной

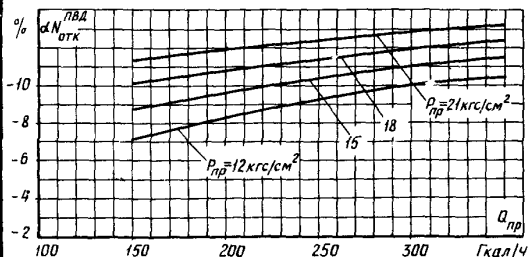


T-17

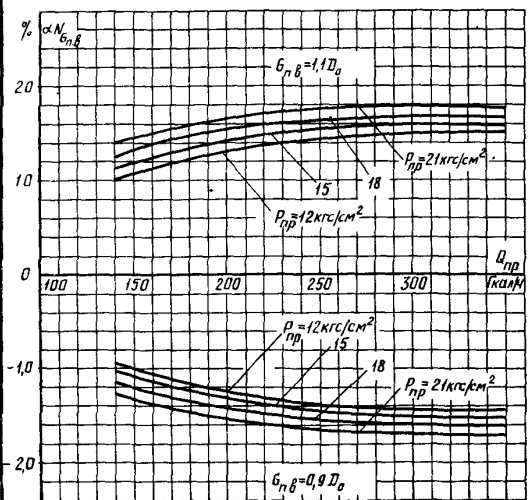
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ ТУРБОАГРЕГАТА
(при $Q_{пр} = const$)

Тип
P-100-130/15
ТМЗ

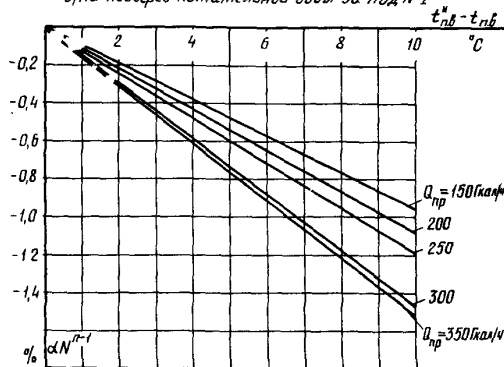
б) На отключение ПВД



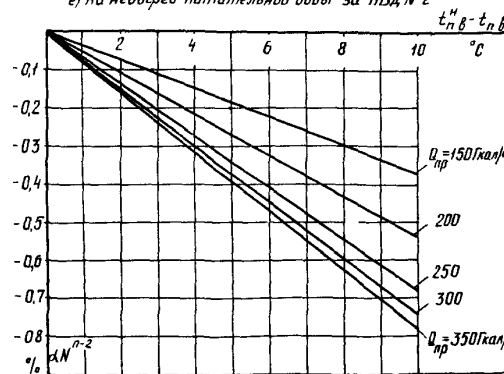
г) На отклонение расхода питательной воды



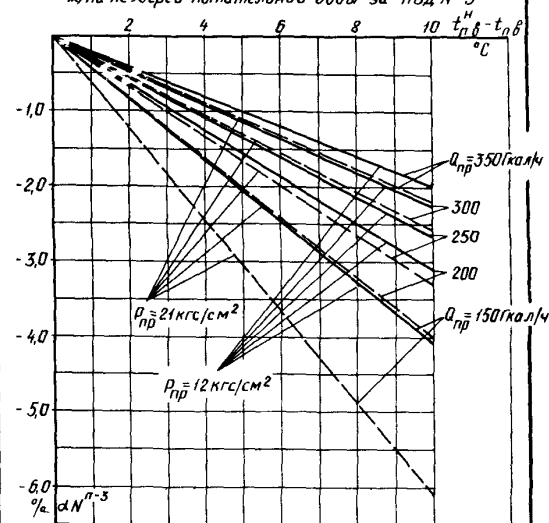
в) На недогрев питательной воды за ПВД №1

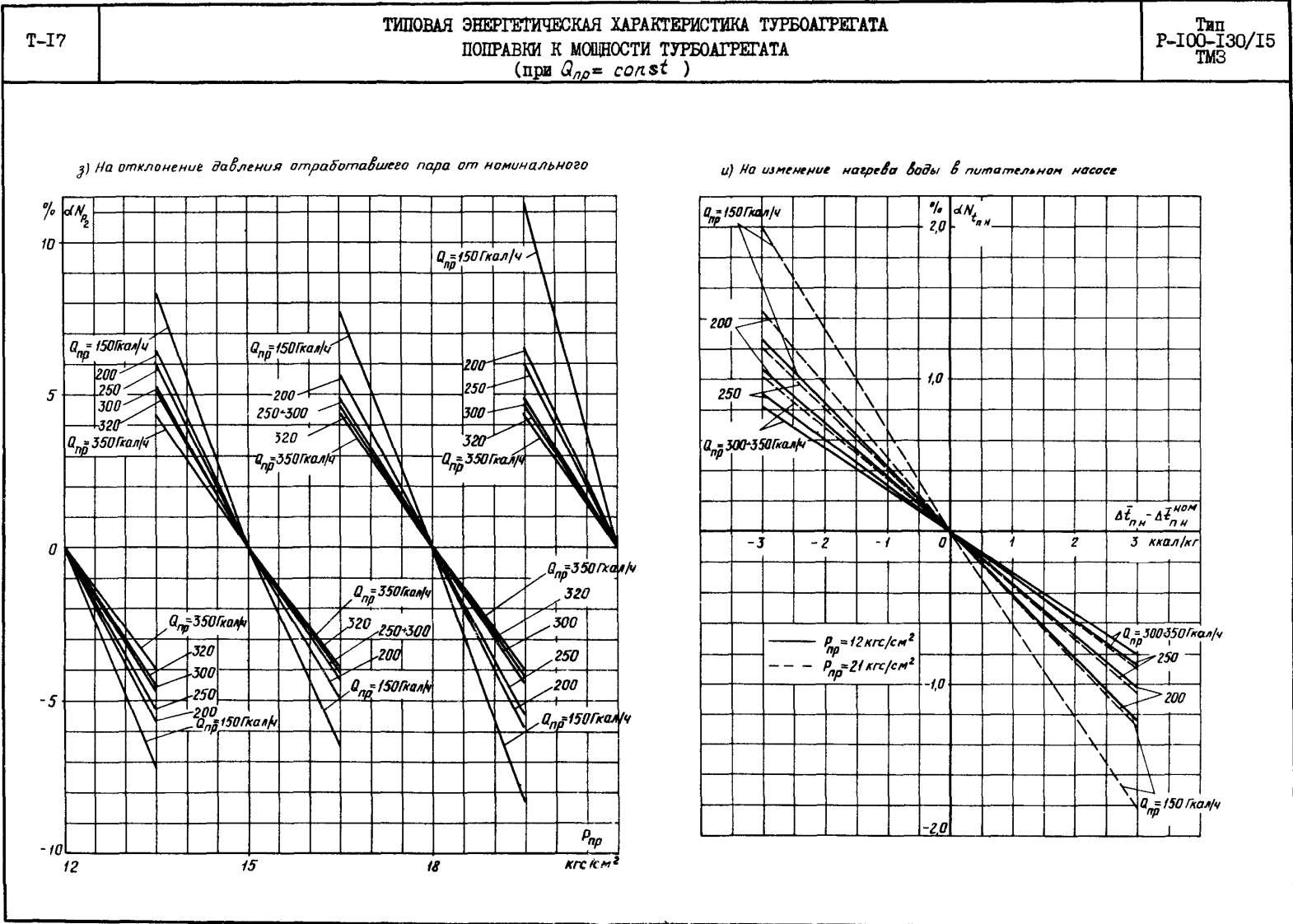


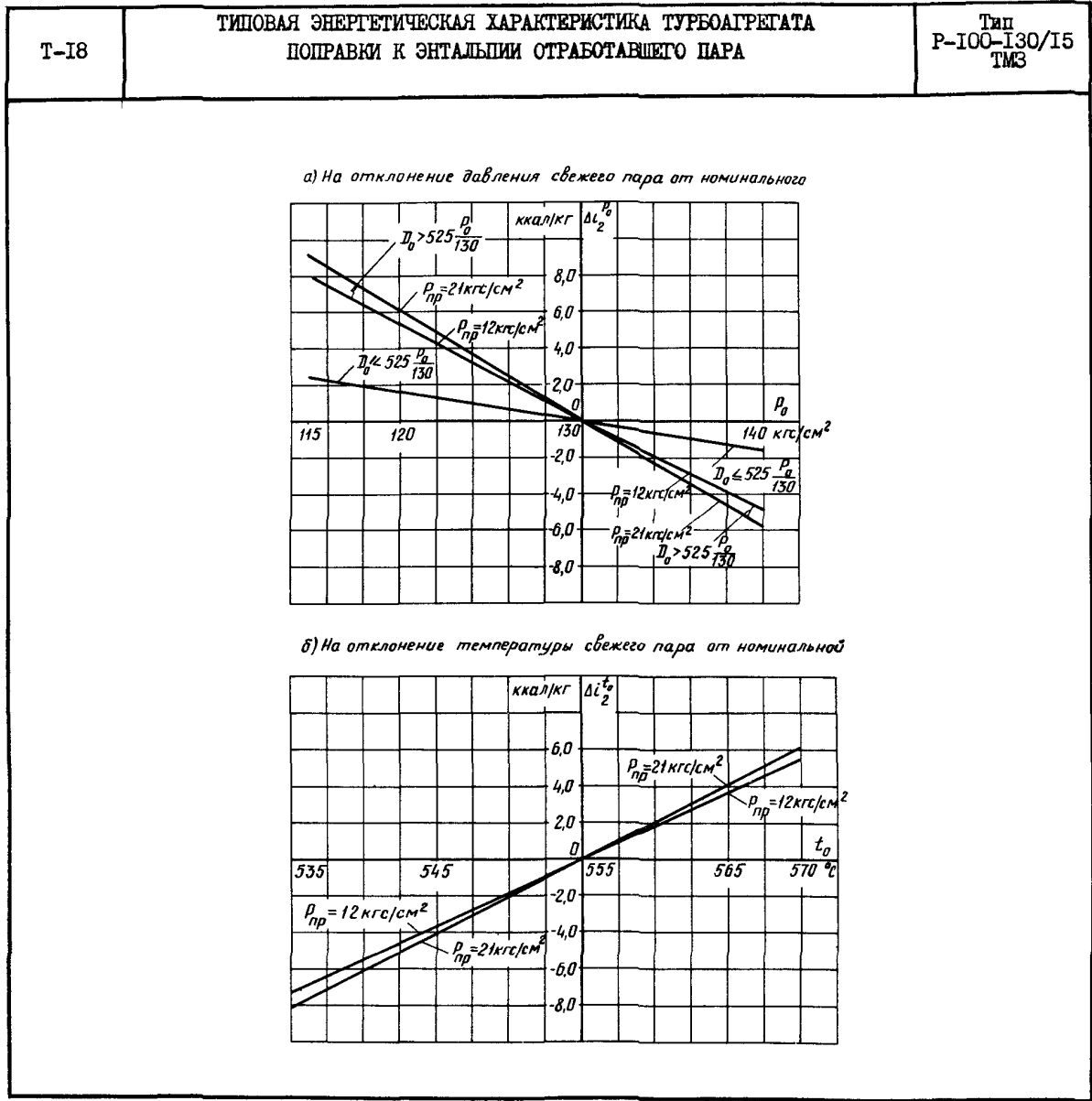
е) На недогрев питательной воды за ПВД №2



ж) На недогрев питательной воды за ПВД №3







1. Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата Р-100-130/15 ТМЗ составлена на базе тепловых испытаний двух турбин (Ново-Салаватской и Нижне-Камской ТЭЦ) и отражает среднюю экономичность прошедшего капитальный ремонт турбоагрегата, работающего при следующих условиях, принятых за номинальные:

- давление свежего пара перед автоматическими стопорными клапанами турбины - $P_0 = 130 \text{ кгс/см}^2$ *;
- температура свежего пара перед автоматическими стопорными клапанами турбины - $t_0 = 555^\circ\text{C}$;
- давление пара противодействия - $P_{пр} = 12; 15; 18; 21 \text{ кгс/см}^2$;
- расход питательной воды через ПВД равен расходу свежего пара на турбину - $G_{пв} = D_0$;
- температура питательной воды за подогревателями - график Т-9;
- давление в деаэраторе - 6 кгс/см^2 ;
- повышение энтальпии питательной воды в питательном насосе - $\Delta \bar{t}_{пн} = 7,4 \text{ ккал/кг}$;
- КПД электрического генератора соответствует гарантийным данным завода-изготовителя;
- расход пара на концевые уплотнения - $0,8 \text{ т/ч}$;
- расход пара, отсасываемого от первых перехватах штоков стопорных и регулирующих клапанов - $1,0 \text{ т/ч}$;
- расход пара, отсасываемого от вторых перехватах штоков стопорных и регулирующих клапанов - $0,13 \text{ т/ч}$;
- расход пара на эжектор отсоса пара из уплотнений - $0,35 \text{ т/ч}$;
- расход пара на одноступенчатый пароструйный эжектор сальникового подогревателя - $0,08 \text{ т/ч}$,

Положенные в основу настоящей типовой энергетической характеристики данные испытаний обработаны с использованием "Таблиц теплофизических свойств воды и водяного пара" (Изд-во стандартов, 1969).

2. В состав турбоагрегата наряду с турбиной входит следующее оборудование:

- генератор ТВФ-100-2 завода "Электросила" с водородным охлаждением, $\cos \varphi = 0,85$;

- шесть ПВД, размещенных в двух параллельно работающих группах (по три ПВД в каждой группе); ПВД № 1 и № 2 - типа ПВ-425-230-23М; ПВД № 3 - типа ПВ-350-230-50М;

- сальниковый подогреватель ПС-100-3;

- эжектор ЭП-80-1;

- эжектор отсоса пара из уплотнений типа ХЭ-65-350.

3. Полный расход тепла брутто на выработку электроэнергии в зависимости от мощности на выводах генератора (график Т-5) аналитически выражается уравнением

$$Q = \frac{860}{\eta_{эм}} N_T \cdot 10^{-1} + \Delta Q_{проч},$$

где $\Delta Q_{проч}$ - потеря тепла в трубопроводах регенеративных отборов и отсосов из уплотнений, а также в корпусах подогревателей, равные $1,18 \text{ Гкал/ч}$.

Удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии турбоагрегатом определяется уравнением

$$q_{тф} = \frac{860}{\eta_{эм}} 10^2 + \frac{\Delta Q_{проч}}{N_T} 10^3 \text{ ккал/(кВт}\cdot\text{ч)}.$$

4. Представленная система поправочных кривых охватывает практически весь диапазон отклонений условий эксплуатации турбоагрегата от номинальных. Это обеспечивает возможность планирования и анализа работы турбоагрегата в условиях электростанции.

Поправки рассчитаны:

а) к мощности турбоагрегата при неизменных расходах свежего пара ($P_0 = const$) - график Т-16 (а-з);

б) к мощности турбоагрегата при неизменных отпусках тепла после турбины ($Q_{пр} = const$) - график Т-17 (а-у);

в) к энтальпии отработавшего пара - график Т-18.

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

Пользование системой поправочных кривых поясняется на следующих примерах.

* В тексте и на графиках приводится абсолютное давление.

Пример № 1. Дано $D_0 = 637$ т/ч; $\rho_0 = 120$ кгс/см²;
 $t_0 = 565^\circ\text{C}$; $\rho_{np} = 14$ кгс/см².

Требуется определить мощность турбоагрегата при заданных условиях.

Порядок расчета следующий:

а) по графику Т-2 по $D_0 = 637$ т/ч при $\rho_0^H = 130$ кгс/см², $t_0^H = 555^\circ\text{C}$, $\rho_{np}^H = 15$ кгс/см² определяется мощность турбины $N_T^H = 80$ МВт;

б) по графику Т-16 а по $\rho_0 = 120$ кгс/см² и линии, соответствующей расходу пара на турбину - $D_0 > \frac{120}{130} 525$ т/ч (так как 637 т/ч $> \frac{120}{130} 525$ т/ч), определяется поправка

к мощности турбины на отклонение давления свежего пара от номинального $\alpha N_{\rho_0} = 2,1\%$;

в) по графику Т-16 б по $t_0 = 565^\circ\text{C}$ определяется поправка к мощности турбины на отклонение температуры свежего пара от номинальной $\alpha N_{t_0} = +1,75\%$;

г) по графику Т-16 в по $\rho_2 = 14$ кгс/см² и $D_0 = 637$ т/ч определяется поправка к мощности турбины на отклонение давления отработавшего пара (противодавления) от номинального $\alpha N_{\rho_{np}} = +2,8\%$;

д) определяется суммарная поправка к мощности турбоагрегата

$$\Sigma \alpha N = \alpha N_{\rho_0} + \alpha N_{t_0} + \alpha N_{\rho_{np}} = 2,1 + 1,75 + 2,8 = 6,65\%$$

е) определяется мощность турбоагрегата при заданных условиях

$$N = N_T^H \left(1 + \frac{\Sigma \alpha N}{100} \right) = 80 \left(1 + \frac{6,65}{100} \right) = 85,32 \text{ МВт.}$$

Пример 2. Дано $Q_{np} = 300$ Гкал/ч; $\rho_0 = 125$ кгс/см²;
 $t_0 = 550^\circ\text{C}$; $\rho_{np} = 14,5$ кгс/см²; $G_{n,\delta} = 0,9 D_0$.

Требуется определить мощность турбоагрегата при заданных условиях.

Порядок расчета следующий:

а) по графику Т-4 по $Q_{np} = 300$ Гкал/ч при $\rho_0^H = 130$ кгс/см², $t_0^H = 555^\circ\text{C}$, $\rho_{np}^H = 15$ кгс/см² определяется мощность турбоагрегата $N_T^H = 76,85$ МВт;

б) по графику Т-17 а по $\rho_0 = 125$ кгс/см² и линии, соответствующей расходу пара на турбину - $D_0 > \frac{125}{130} 525$ т/ч (так как 625 т/ч $> \frac{125}{130} 525$ т/ч), определяется поправка к мощности турбины на отклонение давления свежего пара от номинального $\alpha N_{\rho_0} = -1,69\%$;

в) по графику Т-17 б по $t_0 = 550^\circ\text{C}$ определяется поправка к мощности турбины на отклонение температуры свежего пара от номинальной $\alpha N_{t_0} = -0,32\%$;

г) по графику Т-17 в по $\rho_2 = 14,5$ кгс/см² и $Q_{np} = 300$ Гкал/ч определяется поправка к мощности турбины на отклонение давления отработавшего пара (противодавления) от номинального $\alpha N_{\rho_{np}} = +1,7\%$;

д) по графику Т-17 г по линии $G_{n,\delta} = 0,9 D_0$ и $Q_{np} = 300$ Гкал/ч определяется поправка к мощности турбины на отклонение расхода питательной воды от номинального $\alpha N_{G_{n,\delta}} = -1,51\%$;

е) определяется суммарная поправка к мощности турбоагрегата

$$\Sigma \alpha N = \alpha N_{\rho_0} + \alpha N_{t_0} + \alpha N_{\rho_{np}} + \alpha N_{G_{n,\delta}} = -1,69 - 0,32 + 1,70 - 1,51 = -1,82\%$$

ж) определяется мощность турбоагрегата при заданных условиях

$$N = N_T^H \left(1 + \frac{\Sigma \alpha N}{100} \right) = 76,85 \left(1 - \frac{1,82}{100} \right) = 75,45 \text{ МВт}$$

5. Отпуск тепла турбоагрегатом внешнему потребителю при построении типовой характеристики определяется по выражению

$$Q_{np} = D_{np} (i_{np} - \bar{t}_{рег}) 10^{-3} \text{ Гкал/ч,}$$

где D_{np} - отпуск пара после турбины внешнему потребителю, т/ч;
 i_{np} - энтальпия пара, идущего к потребителю (смесь пара противодавления и пара отсоса из I камеры переднего уплотнения) - график Т-12, ккал/кг;

$\bar{t}_{рег}$ - энтальпия возвращаемого в схему турбоустановки конденсата, ккал/кг.

Для определения расхода пара внешнему потребителю (D_{np}) при любой температуре возвращаемого в схему турбоустановки конденсата ($\bar{t}_{рег}$) построен график Т-11; по этому графику также

может быть оценено изменение расхода
данном режиме работы турбины, что при

Необходимо иметь в виду, что при
денсата внешним потребителем, которая не
химически очищенной водой, т.е. (энт-
новки со средней температурой $t_{ср}$
водоснабжения за отчетный период $t_{к}$
частичном возврате конденсата, график
пользования характеристиками в схеме
среднюю температуру возврата

$$t_{рег} = \frac{G_{пр} t_{пр} + G_{каб}}{G_{пр} + G_{каб}}$$

Пользование типовыми характеристиками
частичном возврате конденсата в схеме
схеме работы турбоустановки

может быть оценено изменение расхода пара потребителю при заданном режиме работы турбины (D_0, N_T) в случае изменения $t_{рег}$

Необходимо иметь в виду, что при частичном возврате конденсата внешним потребителем невозврат конденсата покрывается химически очищенной водой, которая поступает в схему турбоустановки со средней температурой (энтальпией) воды в источнике водоснабжения за отчетный период $t_{х.в}$ ($i_{х.в}$), °C (ккал/кг). При частичном возврате конденсата потребителем для возможности использования характеристики (график Т-II) необходимо определить среднюю температуру возврата в схему турбоустановки:

$$t_{рег} = \frac{G_{пр} t_{пр}^k + G_{хоб} t_{хоб}}{G_{пр} + G_{хоб}}$$

Пользование типовой энергетической характеристикой при частичном возврате конденсата внешним потребителем и замкнутой схеме работы турбоустановки поясняется следующим примером.

Пример 3. Дано: $D_{пр} = 500$ т/ч, $\rho_{пр} = 13$ кгс/см²; возврат конденсата потребителем составляет 40% ($G_{пр} = 0,4 D_{пр}$); $t_{пр}^k = 80$ °C; невозврат конденсата покрывается химически очищенной водой [$G_{хоб} = (1-0,4) D_{пр}$]; $t_{хоб} = 30$ °C; остальные условия - номинальные.

Требуется определить мощность турбоагрегата N_T и расход свежего пара на турбину D_0 при заданных условиях.

Порядок расчета следующий:

а) определяется средняя температура воды, возвращаемой в схему турбоустановки,

$$t_{рег} = \frac{0,4 D_{пр} t_{пр}^k + 0,6 D_{пр} t_{хоб}}{D_{пр}} = \frac{0,4 \cdot 80 + 0,6 \cdot 30}{1} = 50 \text{°C};$$

б) по графику Т-II для $D_{пр} = 500$ т/ч при $t_{рег} = 50$ °C и $\rho_{пр} = 13$ кгс/см² определяется расход свежего пара $D_0 = 689,5$ т/ч;
в) по графику Т-2 по $D_0 = 689,5$ и $\rho_{пр} = 13$ кгс/см² определяется мощность турбоагрегата при заданных условиях $N_T = 93,5$ МВт.