

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

---

ТИПОВАЯ  
НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ТУРБОАГРЕГАТА ПТ-60-130 /13 ЛМЗ



МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР  
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

---

ТИПОВАЯ  
НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ТУРБОАГРЕГАТА ПТ-60-130/13 ЛМЗ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
МОСКВА

1975

Составлено отделением общей энергетики ВТИ им. Ф.Э.Дзержинского  
и цехом топливоиспользования ОРГРЭС

Авторы канд.техн.наук В.Н.РУЗАНКОВ, инженеры Н.В.ЛАДИЦКАЯ (ВТИ),  
Г.А.КРУГЛОВ, В.М.ДАНИЛИН (ОРГРЭС)

Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ получена путем  
обобщения результатов тепловых испытаний, проведенных трестом ОРГРЭС на ТЭЦ-16 Мосэнер-  
го, ДО ОРГРЭС на Ярославской ТЭЦ-3, ДО ОРГРЭС на Тольяттинской ТЭЦ, УО ОРГРЭС на Нижне-  
камской ТЭЦ, УралВТИ им. Ф.Э.Дзержинского на Челябинской ТЭЦ-2 и отражает технически дос-  
тижимую экономичность при работе с расчетной тепловой схемой (график Т-1) и принятых  
исходных условиях.

Обработка результатов испытаний (аппроксимация исходных зависимостей, расчет обоб-  
щенных энергетических характеристик и диаграмм режимов) выполнена с помощью ЭЦВМ М-222.

## О ГЛАВЛЕНИЕ

I. Условия составления нормативных характеристик .....	3
II. Конденсационный режим .....	3
III. Режимы работы с отпуском тепла из регулируемых отборов .....	5
IV. Условия применения нормативных характеристик .....	7
V. Примеры определения нормативного удельного расхода тепла брутто на производ- ство электроэнергии при различных режимах работы турбоагрегата .....	7
Принятые основные условные обозначения .....	10
Перечень графического материала .....	II

Типовая нормативная характеристика турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ  
Издание Специализированного центра научно-технической информации ОРГРЭС  
Ответственный редактор Н.А.Натансон

Техн.редактор Н.А.Малькова

2,5 уч.-изд.л.  
Л 2892I

Редактор Р.Н.Лейтман

Цена 25 коп.

Подписано к печати 15/IV 1975 г.

Корректор Л.Ф.Петрухина

(169/75) Заказ № 404/74  
Тираж 1500 экз.

Ротапринт СЦНТИ ОРГРЭС  
109432, Москва, №-432, 2-й Кожуховский проезд, д.29, корп.6

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер Главтехуправления  
по эксплуатации энергосистем

В. ЗУБЕНКО

18 сентября 1974 г.

## I. УСЛОВИЯ СОСТАВЛЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Типовая характеристика турбоагрегата построена при следующих исходных условиях:

- номинальное давление свежего пара перед стопорным клапаном  $P_o = 130 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ;
- номинальная температура свежего пара перед стопорным клапаном  $t_o = 565^\circ\text{C}$ ;
- давление пара в камере производственного отбора  $P_n = 13 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ;
- давление пара в камере теплофикационного отбора  $P_T = 1,2 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ;
- давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД (график Т-6);
- давление отработавшего пара в конденсаторе: для характеристик при постоянном давлении  $P_2 = 0,04 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ; для характеристик при постоянных расходе ( $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и температуре ( $20^\circ\text{C}$ ) охлаждающей воды принято в соответствии с характеристикой конденсатора 50-КЦС-4 (график Т-27);
- протечки и отсосы пара из переднего уплотнения ЦВД (график Т-9);
- расход пара на выходе из ЦВД, ЧСД и ЧНД в зависимости от соответствующего расхода на входе (график Т-II);

- система регенерации высокого и низкого давлений включена полностью, деаэратор  $6 \text{ кгс}/\text{см}^2$  питается паром III отбора;
- расход питательной воды равен расходу свежего пара;
- температура питательной воды и основного конденсата за подогревателями соответствует графикам Т-23, Т-24, Т-25 и Т-26;
- конденсат пара производственного и теплофикационного отборов с энтальпией 100 ккал/кг подается соответственно в деаэратор  $6 \text{ кгс}/\text{см}^2$  и в линию основного конденсата перед ПНД № 3;
- прирост энтальпии питательной воды в питательном насосе - 8 ккал/кг;
- суммарные потери мощности турбоагрегата (электрические и механические) и электромеханический КПД - график Т-22;
- электрический генератор завода "Электросила" ТВ-60-2 с водородным охлаждением.

Результаты испытаний, принятые при составлении данной типовой характеристики, обработаны с использованием таблиц термодинамических свойств воды и водяного пара (Госэнергиздат, 1968).

С целью использования обобщенных характеристик для расчетов на ЭЦВМ на графиках приводятся аппроксимирующие уравнения.

## II. КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Типовая энергетическая характеристика брутто турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ по расходу тепла на выработку электроэнергии при работе по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления производственного и теплофикационного отборов

имеет следующие аналитические выражения:

- при постоянном давлении отработавшего пара в конденсаторе  $P_2 = 0,04 \text{ кгс}/\text{см}^2$  (график Т-2)

$$Q_3 = 8,2 + 2,043 N_T \text{ Гкал/ч}; \quad (I)$$

- при постоянных расходе ( $W_{oxl} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и температуре ( $t_1^\delta \approx 20^\circ\text{C}$ ) охлаждающей воды (график Т-3)

$$Q_3 = 6,15 + 2,102 N_T \text{ Гкал/ч.} \quad (2)$$

Нормативная температура питательной воды, отвечающая условиям работы турбоагрегата по конденсационному режиму, приведена на графике Т-23.

Нормативная характеристика конденсатора 50-КЦС-4, данная на графике Т-27, используется для установления нормативного вакуума и температурного напора в соответствии с исходной температурой охлаждающей воды. При этом расход пара в конденсатор находится из соотношения

$$D_2 = 0,75 D_0 \text{ т/ч.} \quad (3)$$

Поправка к мощности на зажимах генератора ( $N_T$ ) на изменение давления отработавшего пара в конденсаторе определяется по графику Т-28, для чего предварительно рассчитывается расход пара на входе в ЧНД.

$$D_{ЧНД}^{\delta x} = 0,8 D_0 - 2 \text{ т/ч.} \quad (4)$$

В случае отклонения параметров свежего пара от номинальных и температуры питательной воды от нормативного значения (график Т-23) вносятся поправки к удельному или полному расходу тепла на турбоагрегат:

- на 1 кгс/см<sup>2</sup> давления свежего пара - 0,06%;
- на 10°C температуры свежего пара - 0,25%;
- на 10°C температуры питательной воды - 0,45%.

Типовая энергетическая характеристика нетто турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ для условий работы по конденсационному циклу определена на основе характеристики брутто при постоянных расходе ( $8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) и температуре ( $20^\circ\text{C}$ ) охлаждающей воды и соответствует следующим эксплуатационным условиям:

- напор, развиваемый циркуляционными насосами, - 10 м вод.ст.;

- КПД циркуляционного насоса - 85%;  
 - расход тепла на собственные нужды турбоагрегата - 0,3%  $Q_3$ ;

- расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата учитывает затраты мощности на привод насосов: циркуляционных, конденсатных, сливного ПНД № 2, газоохладителей генератора. Общехозяйственные расходы (освещение, собственные нужды электроцеха и прочие) в расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата не включаются.

Расчет характеристики нетто турбоагрегата представлен в табл. I.

Таблица I

Показатель	Мощность на зажимах генератора, МВт					
	10	20	30	40	50	60
Мощность, потребляемая механизмами собственных нужд турбоагрегата, кВт . . . . .	378	395	412	429	446	463
- В том числе циркуляционными насосами при напоре $H = 10 \text{ м вод.ст.}$					313	
Мощность нетто турбоагрегата $N_T^H$ , МВт . . . . .	9,62	19,6	29,59	39,57	49,55	59,54
Расход тепла на выработку электроэнергии, Гкал/ч . . . . .	27,18	48,20	69,23	90,25	III,28	132,30
Расход тепла на собственные нужды, % . . . . .				0,3		
Расход тепла на выработку электроэнергии, включая расход тепла на собственные нужды, Гкал/ч . . . . .	27,26	48,34	69,44	90,52	III,61	132,70

Окончание таблицы I

Показатель	Мощность на зажимах генератора, МВт					
	10	20	30	40	50	60
Уравнение расходной характеристики по мощности нетто, Гкал/ч	$6,95 + 2,112 N_T^H$					
Поправка к удельному расходу тепла нетто на изменение напора насоса на 1 м вод.ст., % ...	0,34	0,16	0,10	0,08	0,06	0,05

### III. РЕЖИМЫ РАБОТЫ С ОТПУСКОМ ТЕПЛА ИЗ РЕГУЛИРУЕМЫХ ОТБОРОВ

Типовые диаграммы режимов для условий работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с отпуском тепла из регулируемых отборов приведены в следующих приложениях:

Приложение 1. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенными регуляторами давления в производственном и теплофикационном отборах (режим ПТ).

Приложение 2. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенным регулятором давления в производственном отборе (режим П).

Приложение 3. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенным регулятором давления в теплофикационном отборе (режим Т).

На диаграммах указаны условия их построения и приведены правила пользования.

В приложении 4 приведены вспомогательные графические зависимости, позволяющие определить поправки к мощности на зажимах генератора на отличие фактических эксплуатационных условий от принятых при построении типовых диаграмм режимов.

Типовые диаграммы режимов позволяют непосредственно определять для принятых исходных условий ( $N_T, D_n, D_T, P_n, P_T, P_2$ ) расход пара и тепла на турбоагрегат. Используя вспомогательные графики, можно подсчитать также полный и удельный расходы тепла на производство электроэнергии по формулам:

$$Q_3 = Q_0 - Q_n - Q_T \text{ Гкал/ч} \quad (5)$$

и

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

Отпуск тепла из производственного отбора

$$Q_n = D_n (i_n - 100) \cdot 10^{-3} \text{ Гкал/ч.} \quad (5a)$$

Отпуск тепла из теплофикационного отбора

$$Q_T = D_T (i_T - 100) \cdot 10^{-3} \text{ Гкал/ч.} \quad (5b)$$

Энталпию пара производственного отбора  $i_p$  при определении расчетных норм удельных расходов необходимо находить по фактическим давлению и температуре в этом отборе.

При выполнении расчетов на предстоящий период энталпия пара производственного отбора определяется по графику Т-12.

При отклонении давления пара в производственном отборе от 13 кгс/см<sup>2</sup> к энталпии пара вносится поправка по графику Т-12 или уравнению

$$\Delta i_p = 3,83 P_p - 49,7 \text{ ккал/кг.} \quad (7)$$

Энталпия пара теплофикационного отбора определяется по графику Т-14.

При отклонении давления пара в теплофикационном отборе от 1,2 кгс/см<sup>2</sup> к энталпии пара вносится поправка по графику Т-14 или уравнению

$$\Delta i_t = -45,4 + 46,1 P_t - 6,93 P_t^2 \text{ ккал/кг.} \quad (8)$$

Нормативный расход тепла на производство электроэнергии можно определять исходя из установления показателей, характеризующих развязываемую мощность по теплофикационному и конденсационному циклам. В общем виде расход тепла на производство электроэнергии при работе турбоагрегата с отпуском тепла из регулируемых отборов подсчитывается по энергетическому уравнению

$$Q_3 = Q_3^{исх} + \Delta q_{тф} N_{тф} + \Delta q_{кн} N_{кн} + \delta Q_{\vartheta_{р_т}} \pm \delta Q_{\vartheta_{р_н}} \text{ Гкал/ч,} \quad (9)$$

где  $Q_3^{исх}$  - исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии, учитывающая холостой ход и потери, связанные с работой органов парораспределения при поддержании заданного давления в регулируемых отборах, Гкал/ч;

$\Delta q_{тф}$  и  $\Delta q_{кн}$  - относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии соответственно по теплофикационному и конденсационному циклам, Гкал/(МВт·ч);

$N_{тф}$  - электрическая мощность, развиваемая по теплофикационному циклу за счет отпуска тепла из регулируемых отборов;

$$N_{тф} = (W_{тф}^T Q_t + W_{тф}^N Q_n) 10^{-3} \text{ МВт;} \quad (10)$$

$W_{тф}^T$  и  $W_{тф}^N$  - удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу при отпуске тепла соответственно из теплофикационного и производственного отборов, кВт·ч/Гкал;

$N_{кн}$  - электрическая мощность, развиваемая по конденсационному циклу;

$$N_{кн} = N_t - N_{тф} \text{ МВт;} \quad (II)$$

$\delta Q_{\vartheta_{р_т}}, \delta Q_{\vartheta_{р_н}}$  - поправки для режима ПТ к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии при отклонении давления пара соответственно теплофикационного и производственного отборов от принятых в исходных условиях, Гкал/ч.

Исходные величины, необходимые для подсчета расхода тепла на производство электроэнергии, находятся в зависимости от использования регуляторов давления пара производственного и теплофикационного отборов по графикам, указанным в табл.2.

Т а б л и ц а 2

Показатель	Обозначение	Режимы работы турбоагрегата		
		Режим ПТ	Режим II	Режим T
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии	$Q_3^{исх}$	График T-30	График T-29	График T-29
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по:				
- теплофикационному циклу	$\Delta q_{тф}$	0,873	0,873	0,873
- конденсационному циклу	$\Delta q_{кн}$	График T-30	1,91	1,84

Окончание таблицы 2

Показатель	Обозначение	Режимы работы турбоагрегата		
		Режим ПТ	Режим II	Режим T
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром:	$W_{\text{тф}}^{\text{II}}$	График T-13	График T-13	-
	$W_{\text{тф}}^T$	График T-15	-	График T-16

IV. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

1. Нормативные характеристики турбоагрегата действительны при расчетной тепловой схеме (график T-1) для исходных условий и в диапазонах изменения электрических и тепловых нагрузок, приведенных на соответствующих графиках. Определение нормативных показателей путем экстраполяции не допускается.

В случаях, когда масштаб графиков не позволяет определить нормативные показатели с достаточной точностью, расчеты следует производить по соответствующим аналитическим зависимостям.

2. При определении нормативного удельного расхода тепла брутто допускается вводить поправки на отклонение параметров и условий работы от принятых при построении нормативных ха-

рактеристик по причинам, не зависящим от эксплуатационного персонала.

Поправки вводятся из:

- изменение исходной температуры циркуляционной воды (или соответствующее изменение давления пара в конденсаторе);
- отклонение давления пара в производственном отборе в соответствии с требованиями потребителей;
- изменение давления пара в теплофикационном отборе в соответствии с температурным графиком тепловой сети;
- снижение температуры свежего пара, производимое по решениям Минэнерго СССР.

V. ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВНОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТЕПЛА БРУТТО  
НА ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ  
ТУРБОАГРЕГАТА

I. Конденсационный режим с отключенными регуляторами давления пара производственного и теплофикационного отборов.

Исходные данные:  $N_T = 50 \text{ МВт}$ ,  $P_2 = 0,055 \text{ кгс/см}^2$ .

Параметры свежего пара - номинальные.

В табл.3 приводится последовательность расчета.

Т а б л и ц а 3

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Расход тепла на выработку электроэнергии при $P_2 = 0,04 \text{ кгс}/\text{см}^2$	$Q_3$	Гкал/ч	Уравнение (I) или график Т-2	110,35
Расход свежего пара на турбоагрегат при $P_2 = 0,04 \text{ кгс}/\text{см}^2$	$D_0$	т/ч	$7,6 + 3,48 I N_T$ или график Т-2	181,65
Расход пара на входе в ЧНД	$D_{ЧНД}^{вх}$	т/ч	Уравнение (4)	143
Поправка к мощности $N_T$ на отклонение давления отработавшего пара от $0,04 \text{ кгс}/\text{см}^2$	$\Delta N_{P_2}$	МВт	График Т-28	0,320
Поправка к расходу тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления отработавшего пара от $0,04 \text{ кгс}/\text{см}^2$	$\Delta Q_{3P_2}$	Гкал/ч	$2,043 \Delta N_{P_2}$	0,65
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	$q_T$	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_3 + \Delta Q_3}{N_T} \cdot 10^3$	2220

2. Режим с отпуском тепла из производственного и теплофикационного отборов (режим ПТ).

На этом примере рассмотрены принципы расчета, присущие как режиму ПТ, так и режимам П и Т.

Исходные данные:

$$N_T = 60 \text{ МВт}, D_n = 180 \text{ т/ч}, P_n = 16 \text{ кгс}/\text{см}^2,$$

$$D_T = 40 \text{ т/ч}, P_T = 2,0 \text{ кгс}/\text{см}^2,$$

$$P_2 = 0,05 \text{ кгс}/\text{см}^2.$$

Тепловая схема – расчетная, параметры свежего пара – номинальные.

В табл. 4 приводится последовательность расчета.

Т а б л и ц а 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Расход свежего пара на турбоагрегат при условиях построения диаграммы	$D_0'$	т/ч	Приложение I	359
Расход пара на выходе из ЧСД при условиях построения диаграммы	$D_{ЧСД}^{вых}$	т/ч	Приложение I	84
Расход пара на входе в ЧНД	$D_{ЧНД}^{вх}$	т/ч	$D_{ЧСД}^{вых} - D_T$	44
Поправка к мощности $N_T$ на отклонение давления отработавшего пара от $1,2 \text{ кгс}/\text{см}^2$	$\Delta N_{P_T}$	МВт	Приложение 4, график IV	2,6
Поправка к мощности $N_T$ на отклонение $P_2$ от $0,04 \text{ кгс}/\text{см}^2$	$\Delta N_{P_2}$	МВт	График Т-28	0,4
Фактическая мощность на засимах генератора	$N_T^\Phi$	МВт	$N_T + \Delta N_{P_T} + \Delta N_{P_2} + \Delta N_{P_2}$	65,6
Расход пара на турбоагрегат при исходных данных	$D_0$	т/ч	Приложение I (по $N_T^\Phi$ )	378
Расход пара на выходе из ЧСД при исходных данных	$D_{ЧСД}^{вых}$	т/ч	Приложение I (по $N_T^\Phi$ )	96
Расход пара на входе в ЧСД	$D_{ЧСД}^{вх}$	т/ч	$D_{ЧСД}^{вых} - 4,08$ 0,871	105,5
<u>I-й способ</u>				
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора	$W_{T\Phi}^n$	кВт·ч/Гкал	График Т-13	267

Продолжение таблицы 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора при заданном $P_T$	$W_{T\phi}^T$	кВт·ч/Гкал	График Т-15 $(W_{T\phi}^T + \Delta W_{T\phi}^T)$	479
Энталпия пара производственного отбора при заданном $P_p$	$i_p$	ккал/кг	График Т-12 $(i_p + \Delta i_p)$	727
Энталпия пара теплофикационного отбора при заданном $P_T$	$i_T$	ккал/кг	График Т-14 $(i_T + \Delta i_T)$	657
Отпуск тепла из производственного отбора	$Q_p$	Гкал/ч	Уравнение (5а)	112,9
Отпуск тепла из теплофикационного отбора	$Q_T$	Гкал/ч	Уравнение (5б)	22,3
Мощность турбины, развиваемая по теплофикационному циклу	$N_{T\phi}$	МВт	Уравнение (10)	40,8
Мощность турбины, развиваемая по конденсационному циклу	$N_{KH}$	МВт	$N_T - N_{T\phi}$	19,2
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии	$Q_3^{исх}$	Гкал/ч	График Т-30	7,7
Поправка к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления $P_T$ от 1,2 кгс/см <sup>2</sup>	$\delta Q_{\text{эр}_T}$	Гкал/ч	График Т-30	1,8
Поправка к исходной составляющей расхода тепла на выработку электроэнергии на отклонение давления $P_p$ от 13 кгс/см <sup>2</sup>	$\delta Q_{\text{эр}_p}$	Гкал/ч	График Т-30	1,5

Окончание таблицы 4

Показатель	Обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по конденсационному циклу	$\Delta q_{KH}$	Гкал/(МВт·ч)	График Т-30	1,882
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по теплофикационному циклу	$\Delta q_{T\phi}$	Гкал/(МВт·ч)	Таблица 2	0,873
Расход тепла на выработку электроэнергии	$Q_3$	Гкал/ч	Уравнение (9)	82,73
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	$q_T$	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_3}{N_T} \cdot 10^3$	1379
<u>2-й способ</u>				
Энталпия питательной воды при $D_o = 378 \text{ т/ч}$ и $p_n = 16 \text{ кгс/см}^2$	$i_{p,\theta}$	ккал/кг	График Т-26	266
Расход тепла на турбину	$Q_0$	Гкал/ч	$D_o(i_0 - i_{p,\theta}) \cdot 10^{-3}$ $i_0 = 840,3 \text{ ккал/кг}$	217,1
Расход тепла на выработку электроэнергии	$Q_3$	Гкал/ч	$Q_0 - Q_p - Q_T$	81,9
Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии	$q_T$	ккал/(кВт·ч)	$\frac{Q_3}{N_T} \cdot 10^3$	1365

П р и м е ч а н и е . Нормативный удельный расход тепла брутто на выработку электроэнергии рекомендуется определять по I-му способу. Это объясняется тем, что диаграмма режимов имеет недостаточную для нормирования точность изза условностей ее построения на плоскости (постоянные давления в регулируемых отборах, неопределенность давления в зоне естественного повышения давления, усреднение при построении ряда линий и т.п.). В энергетических характеристиках указанные недостатки практически исключены.

2-й способ расчета применим для ориентировочных расчетов с допустимой погрешностью  $\pm 2,5\%$ .

ПРИНЯТЫЕ ОСНОВНЫЕ  
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Показатель	Обозначение
Мощность, МВт:	
- на валах генератора	$N_T$
- внутренняя турбины	$N_L$
- внутренняя цилиндра высокого давления	$N_i^{\text{ЦВД}}$
- внутренняя части среднего давления	$N_i^{\text{ЧСД}}$
- внутренняя части низкого давления	$N_i^{\text{ЧНД}}$
- развиваемая по теплофикационному циклу	$N_{T\Phi}$
- развиваемая по конденсационному циклу	
Суммарные потери турбоагрегата	$\Sigma \Delta N_{\text{пот}}^{\text{т.а.}}$
Механические потери турбины	$\Delta N_T^{\text{пот}}$
Расход пара, т/ч:	
- свежего на турбоагрегат	$D_o$
- на ПВД	$D_{\text{ПВД}}$
- отпускаемого из производственного отбора	$D_p$
- отпускаемого из теплофикационного отбора	$D_T$
- на выходе из цилиндра высокого давления	$D_{\text{вых}}^{\text{ЦВД}}$
- на входе в часть среднего давления	$D_{\text{вых}}^{\text{ЧСД}}$
- на выходе из части среднего давления	$D_{\text{вых}}^{\text{ЧНД}}$

Показатель	Обозначение
- на входе в часть низкого давления	$D_{\text{ЧНД}}^{\text{вых}}$
Расход отработавшего пара в конденсатор	$D_2$
Отсосы и протечки пара из переднего и заднего уплотнений цилиндра высокого давления	
Расход питательной воды	$D_{\text{П.у ЧВД}}, D_{\text{з.у ЧВД}}$
Расход конденсата через ПНД № 4	$G_{\text{п.б}}$
Расход охлаждающей воды через конденсатор	$G_{\text{ПНД№4}}$
Давление пара, кгс/см <sup>2</sup> :	$w_{\text{окл}}$
- свежего (перед стопорным клапаном)	$P_o$
- за регулирующими клапанами	$P_{\text{к.л}}^I, P_{\text{к.л}}^{II}, P_{\text{к.л}}^{III}, P_{\text{к.л}}^{IV}$
- за регулирующей ступенью	$P_{\text{р.с}}$
- за перегрузочным клапаном	$P_{\text{п.кл}}$
- в камерах нерегулируемых отборов	
- в камере производственного отбора	$P_I, P_{II}, P_{IV}, P_Y$
- в камере теплофикационного отбора	$P_p$
- отработавшего (в конденсаторе)	
Температура ( $t$ °C), энталпия ( $i$ ккал/кг):	$P_T, P_2$
- свежего пара	$t_o, i_o$
- пара в камере производственного отбора	$i_p$
- пара в камере теплофикационного отбора	$i_T$
- питательной воды	
- питательной воды за ПВД	$t_{\text{п.вд}5}, t_{\text{п.вд}6}$
- основного конденсата за ПНД	$t_{\text{пн.д}2}, t_{\text{пн.д}3}, t_{\text{пн.д}4}$
- конденсата пара соответствующе производственного и теплофикационного отборов, поступающего в тепловую схему турбины	$t_{\text{рег}}^n, i_{\text{рег}}^n; t_{\text{рег}}^r, i_{\text{рег}}^r$

Показатель	Обозначение	ПЕРЕЧЕНЬ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА
- температурный напор - охлаждающей воды на входе в конденсатор и выходе из него - нагрев охлаждающей воды в конденсаторе	$\delta t$	График Т-1. Принципиальная расчетная тепловая схема турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ.
Расход тепла, Гкал/ч: - на турбину - на выработку электроэнергии - на собственные нужды турбоагрегата - на выработку электроэнергии, включая расход тепла на собственные нужды	$t_1^b, t_2^b$ $\Delta t^b$ $Q_0$ $Q_3$ $Q_T^{ch}$ $Q'_2$ $Q_n$ $Q_T$ $q_T$ $q_T^h$ $\eta_{\text{эм}}$	График Т-2. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,04 кгс/см <sup>2</sup> .
Отпуск тепла из производственного отбора, Гкал/ч		График Т-3. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном расходе охлаждающей воды 8000 м <sup>3</sup> /ч и ее температуре 20°C.
Отпуск тепла из теплофикационного отбора, Гкал/ч		График Т-4. Диаграмма парораспределения ЦВД.
Удельный расход тепла брутто турбиной на выработку электроэнергии, ккал/(кВт·ч)		График Т-5. Диаграмма парораспределения ЧСД.
Удельный расход тепла нетто турбоагрегатом на отпуск электроэнергии, ккал/(кВт·ч)		График Т-6. Давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД.
Электромеханический КПД, %		График Т-7. Давление пара в камере производственного отбора при отключенном регуляторе давления.
Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу при отпуске тепла соответственно из теплофикационного и производственного отборов, кВт·ч/Гкал		График Т-8. Давление пара в камере теплофикационного отбора при отключенном регуляторе давления.
Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии, Гкал/ч		График Т-9. Протечки и отсосы пара из переднего уплотнения ЦВД.
Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии по конденсационному и теплофикационному циклам, Гкал/(МВт·ч)	$W_{T\Phi}^T, W_{T\Phi}^n$ $Q_3^{uch}$ $\Delta q_{KH}, \Delta q_{T\Phi}$	График Т-10. Расход пара на ЦВД. График Т-11. Расход пара на выходе из ЦВД, ЧСД и отработавшего пара в конденсатор в зависимости от расхода на входе. График Т-12. Характеристика ЦВД. График Т-13. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром производственного отбора (режимы II и III). График Т-14. Характеристика ЧСД. График Т-15. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора включен - режим III).

График Т-16. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора отключен – режим Т).

График Т-17. Внутренняя мощность ЧНД.

График Т-18. Поправка к внутренней мощности ЦВД ( $\Delta N_{i\text{ЦВД}}$ ) на изменение давления в производственном отборе.

График Т-19. Поправка к внутренней мощности ЧСД ( $\Delta N_{i\text{ЧСД}}^n$ ) на изменение давления в производственном отборе.

График Т-20. Поправка к внутренней мощности ЧСД ( $\Delta N_{i\text{ЧСД}}^T$ ) на изменение давления в теплофикационном отборе.

График Т-21. Поправочный коэффициент ( $\alpha_T$ ) к внутренней мощности ЧНД ( $N_{i(1,2)}^{\text{ЧНД}}$ ) на изменение давления в теплофикационном отборе.

График Т-22. Потери мощности и электромеханический КПД турбоагрегата.

График Т-23. Температура и энталпия питательной воды за последним ПВД (конденсационный режим).

График Т-24. Температура питательной воды за ПВД при включенном регуляторе давления производственного отбора.

График Т-25. Температура конденсата за ПНД части среднего давления.

График Т-26. Температура и энталпия питательной воды за последним ПВД (режимы с включенным регулятором производственного отбора).

График Т-27. Характеристика конденсатора типа 50-КЦС-4 при  $W_{axl} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

График Т-28. Поправка ( $\Delta N_{p_2}$ ) к мощности  $N_T$  на изменение давления отработавшего пара в конденсаторе.

График Т-29. Исходная составляющая расхода тепла на выработку электроэнергии (режимы П и Т).

График Т-30. Параметры энергетического уравнения 9 для режима ПТ.

Приложение 1. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенными регуляторами давления в производственном и теплофикационном отборах (режим ПТ).

Приложение 2. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенным регулятором давления в производственном отборе (режим П).

Приложение 3. Типовая диаграмма режимов работы турбины ПТ-60-130/13 ЛМЗ с включенным регулятором давления в теплофикационном отборе (режим Т).

Приложение 4. Поправки к мощности на изменение исходных условий от принятых при построении диаграмм режимов.

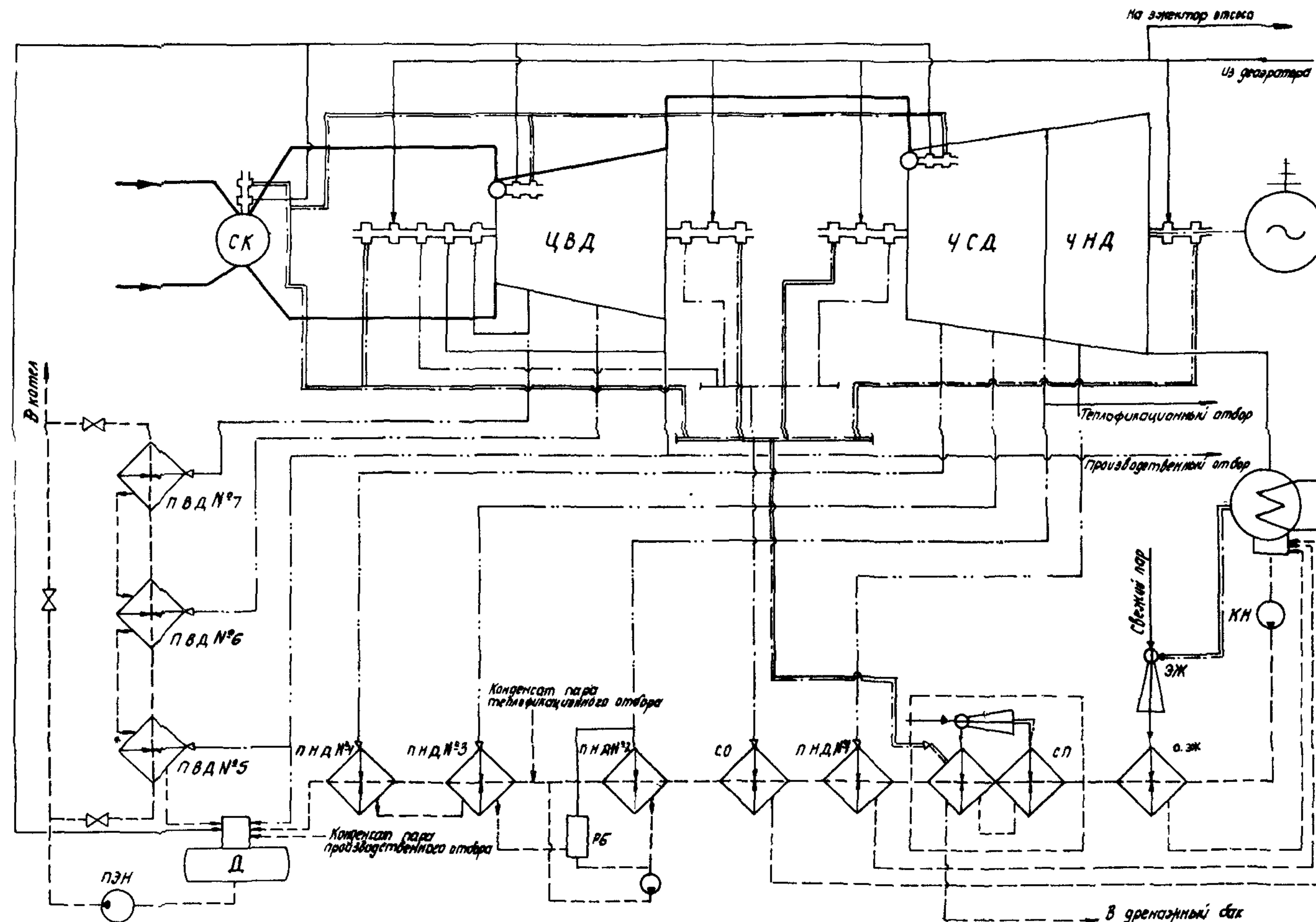


График Т-1. Принципиальная расчетная тепловая схема турбоагрегата ПТ-60-130/13 ЛМЗ:  
 СК - стопорный клапан; КН - конденсатный насос; ЭЖ - эжектор основной; О.ЭЖ - охладитель эжекторов; СП - сальниковый подогреватель;  
 СО - сальниковый охладитель; РБ - расширительный бак; Д - деаэратор 6 кгс/см<sup>2</sup>

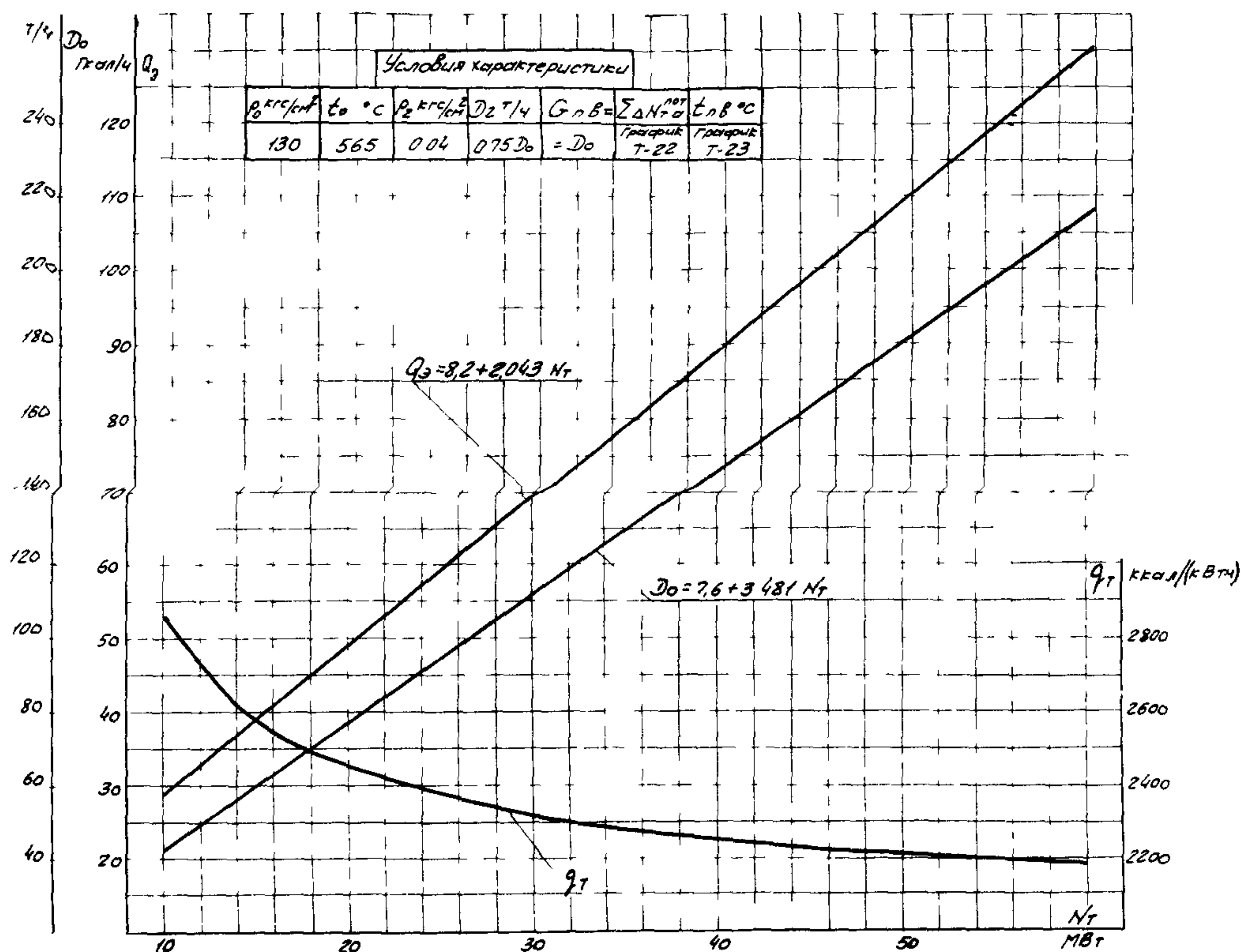


График Т-2. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенным регуляторами давления при постоянном давлении пара в конденсаторе 0,04 кгс/см<sup>2</sup>

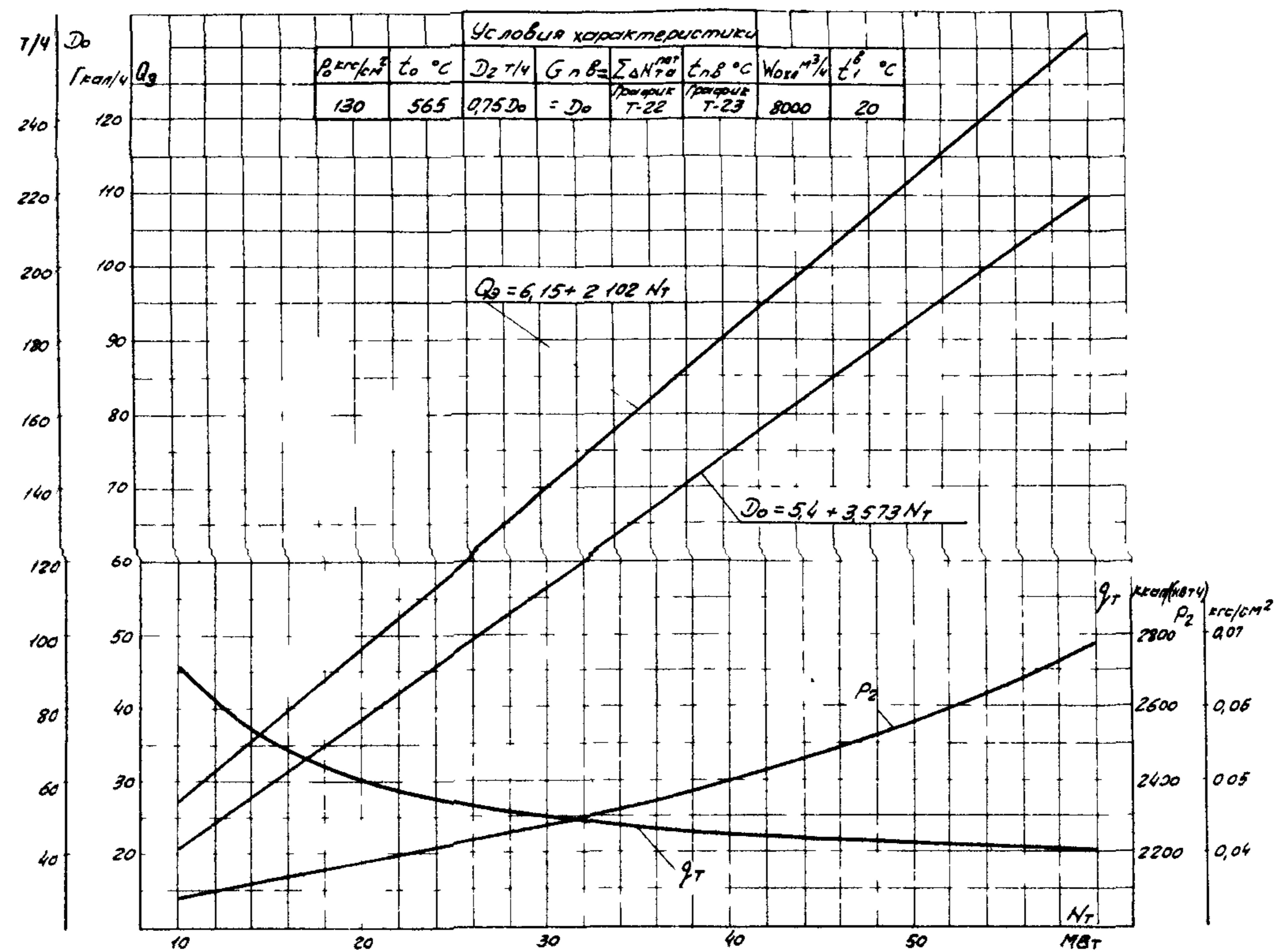


График Т-3. Расход свежего пара на турбоагрегат и тепла на выработку электроэнергии по конденсационному циклу с отключенными регуляторами давления при постоянном расходе охлаждающей воды 8000 м<sup>3</sup>/ч и ее температуре 20°C

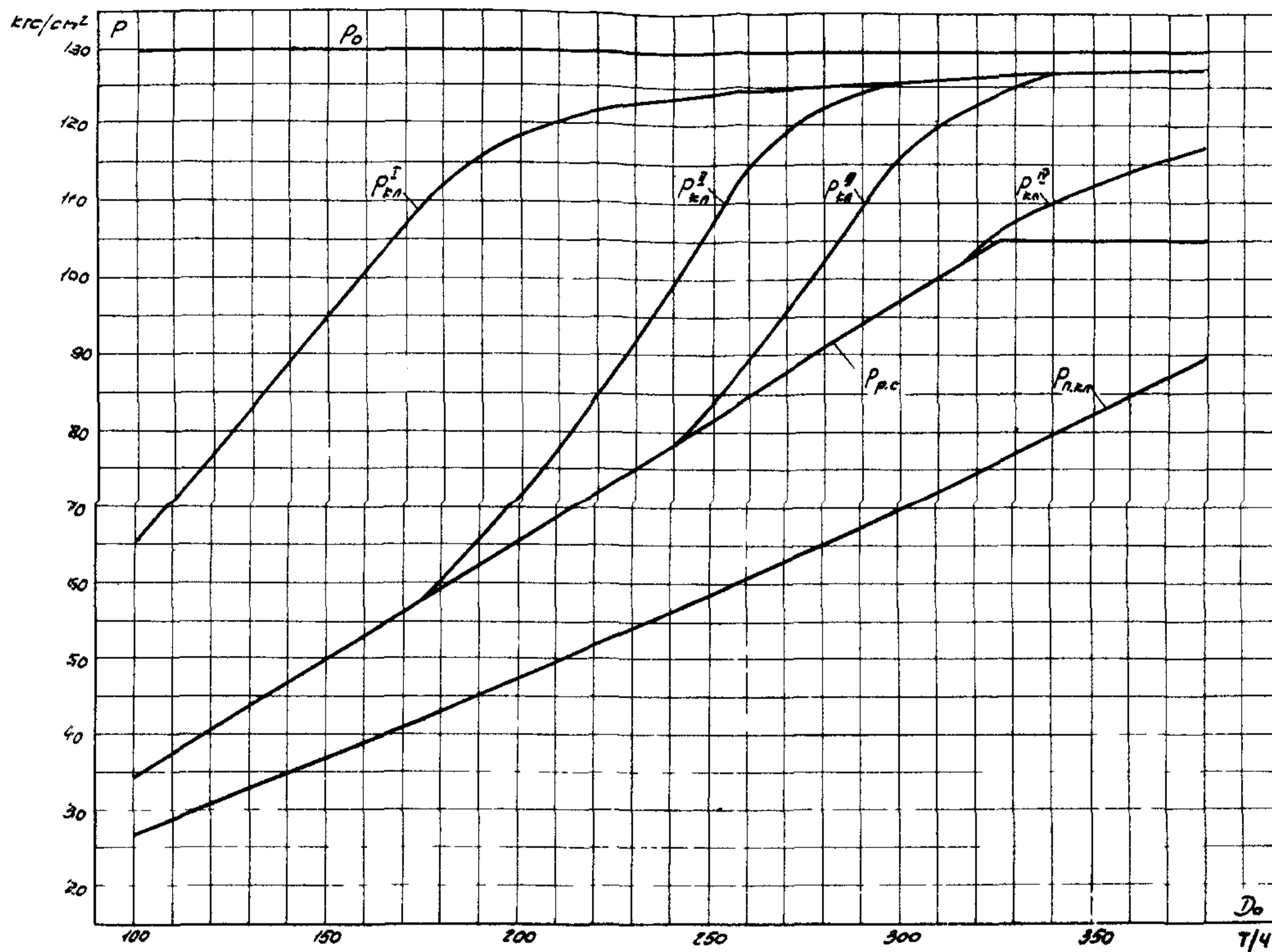


График Т-4. Диаграмма парораспределения ЦВД

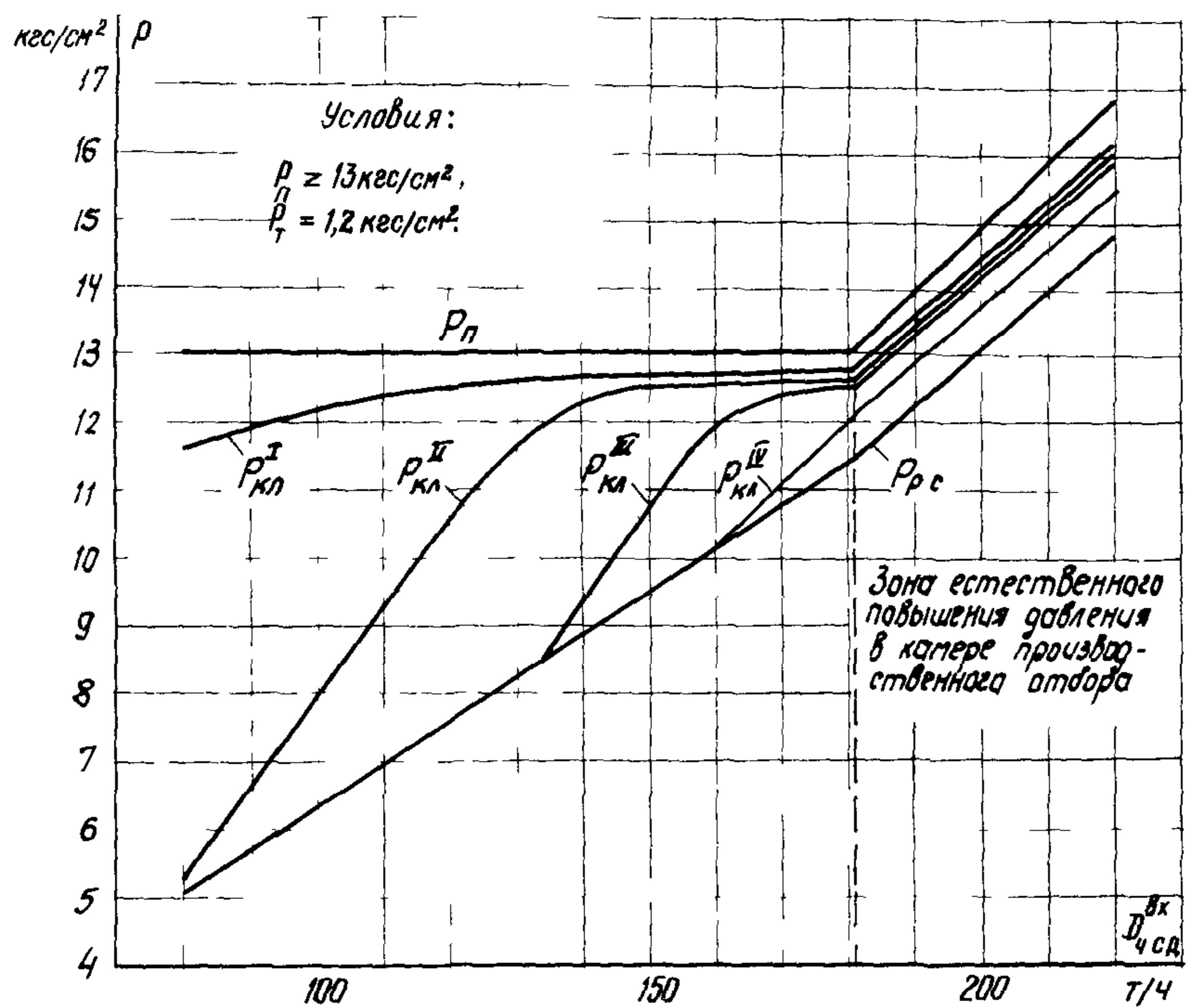


График Т-5. Диаграмма парораспределения ЧСД

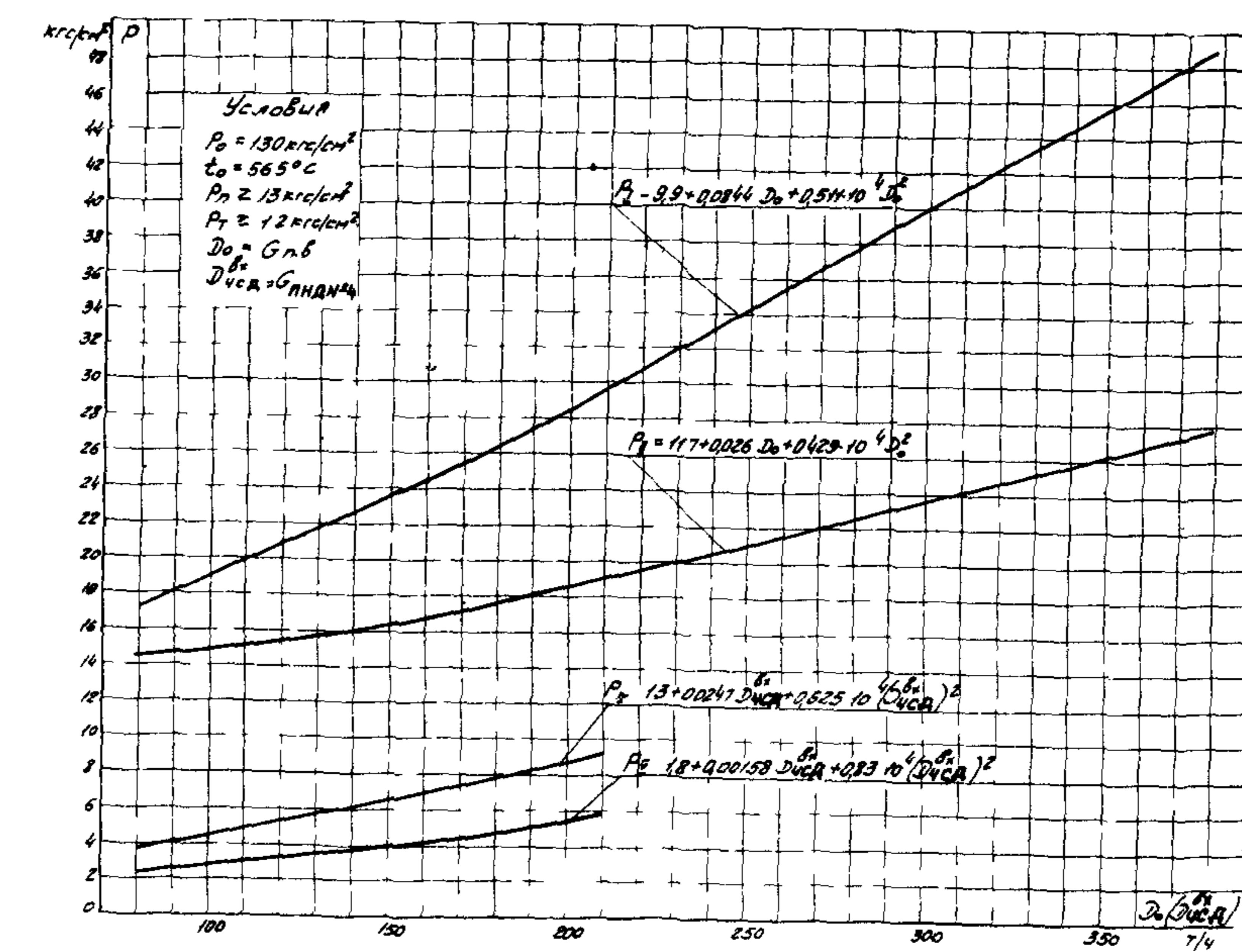


График Т-6. Давление пара в камерах нерегулируемых отборов ЦВД и ЧСД

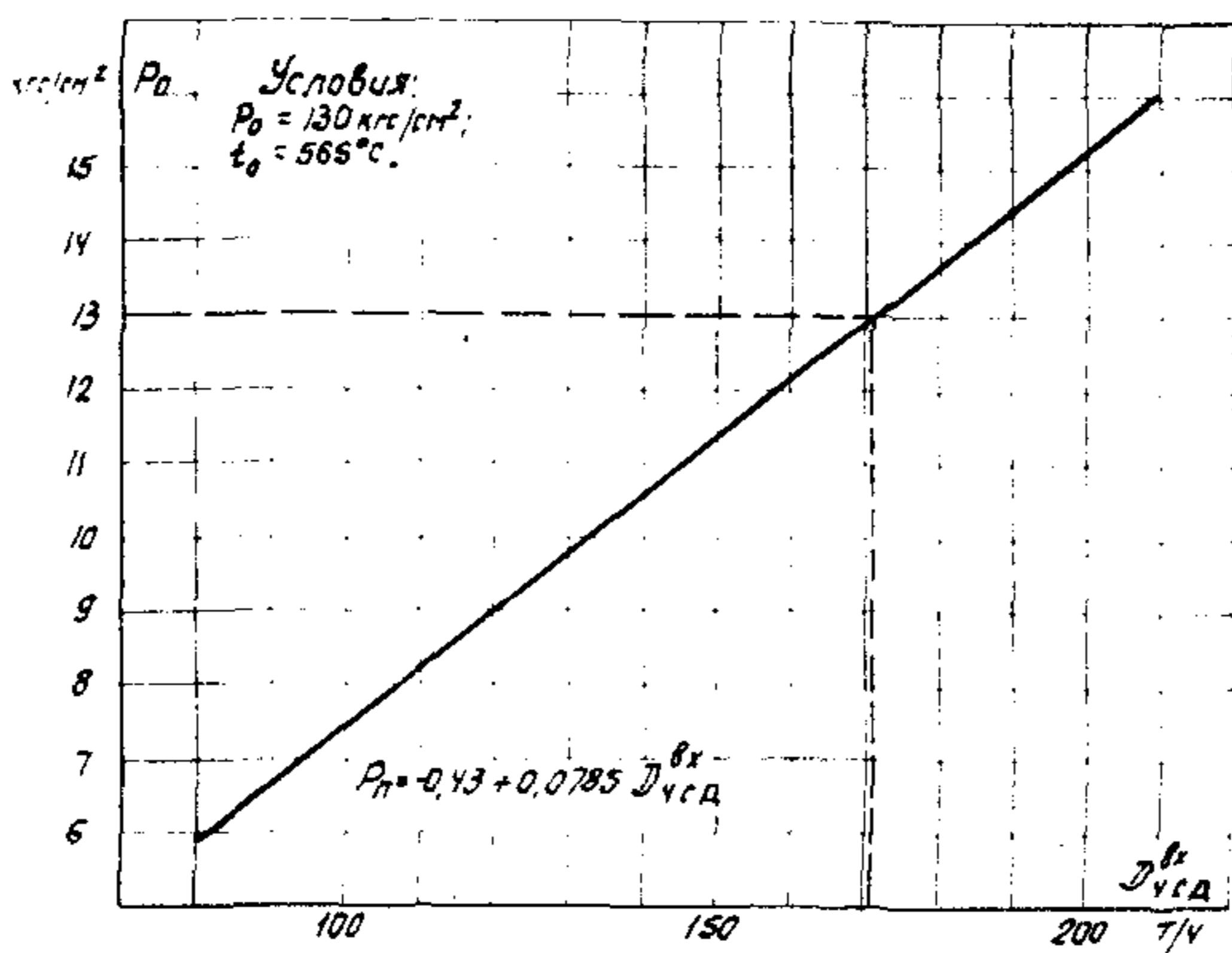


График Т-7. Давление пара в камере производственного отбора при отключенном регуляторе давления

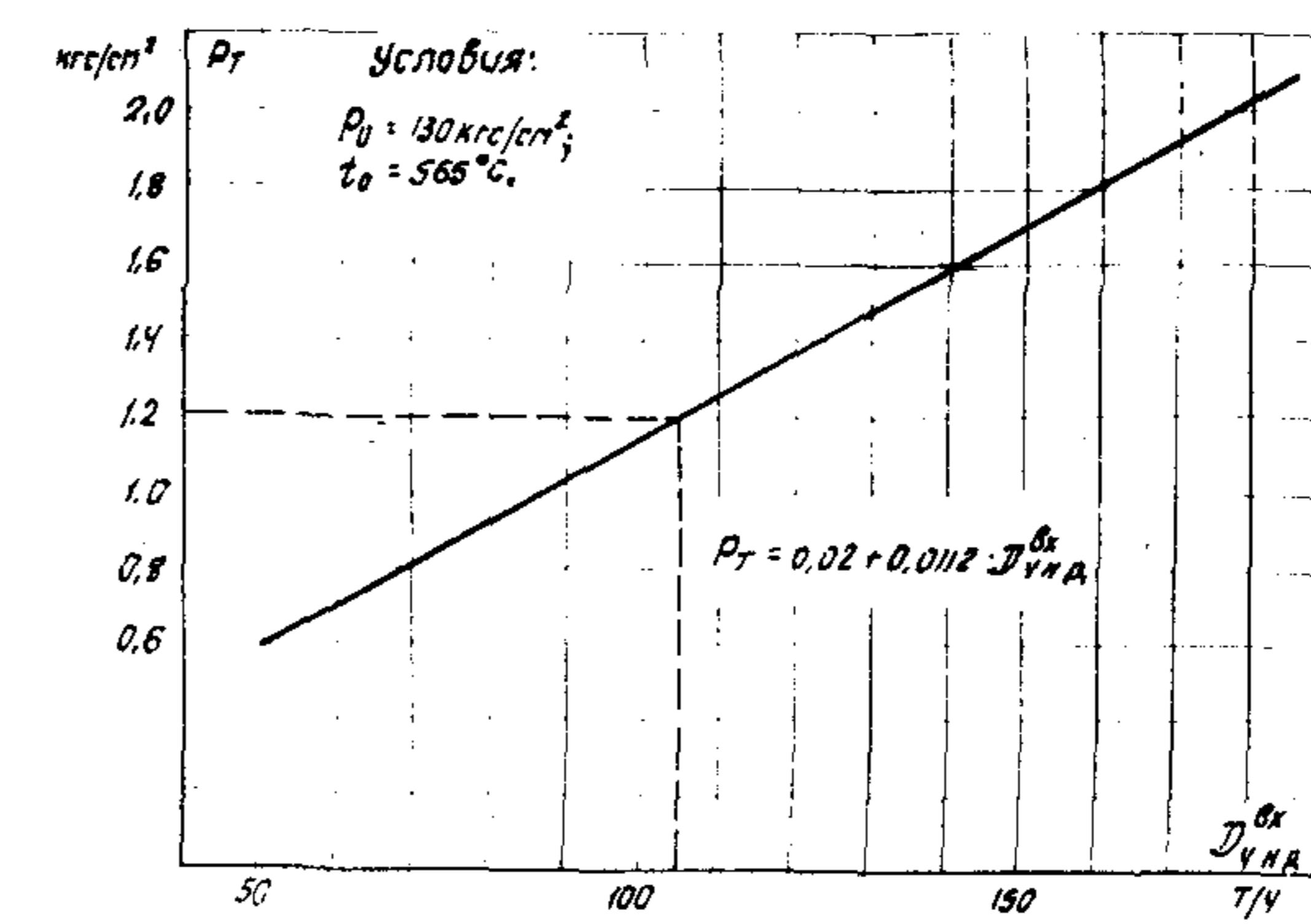


График Т-8. Давление пара в камере теплофикационного отбора при отключенном регуляторе давления

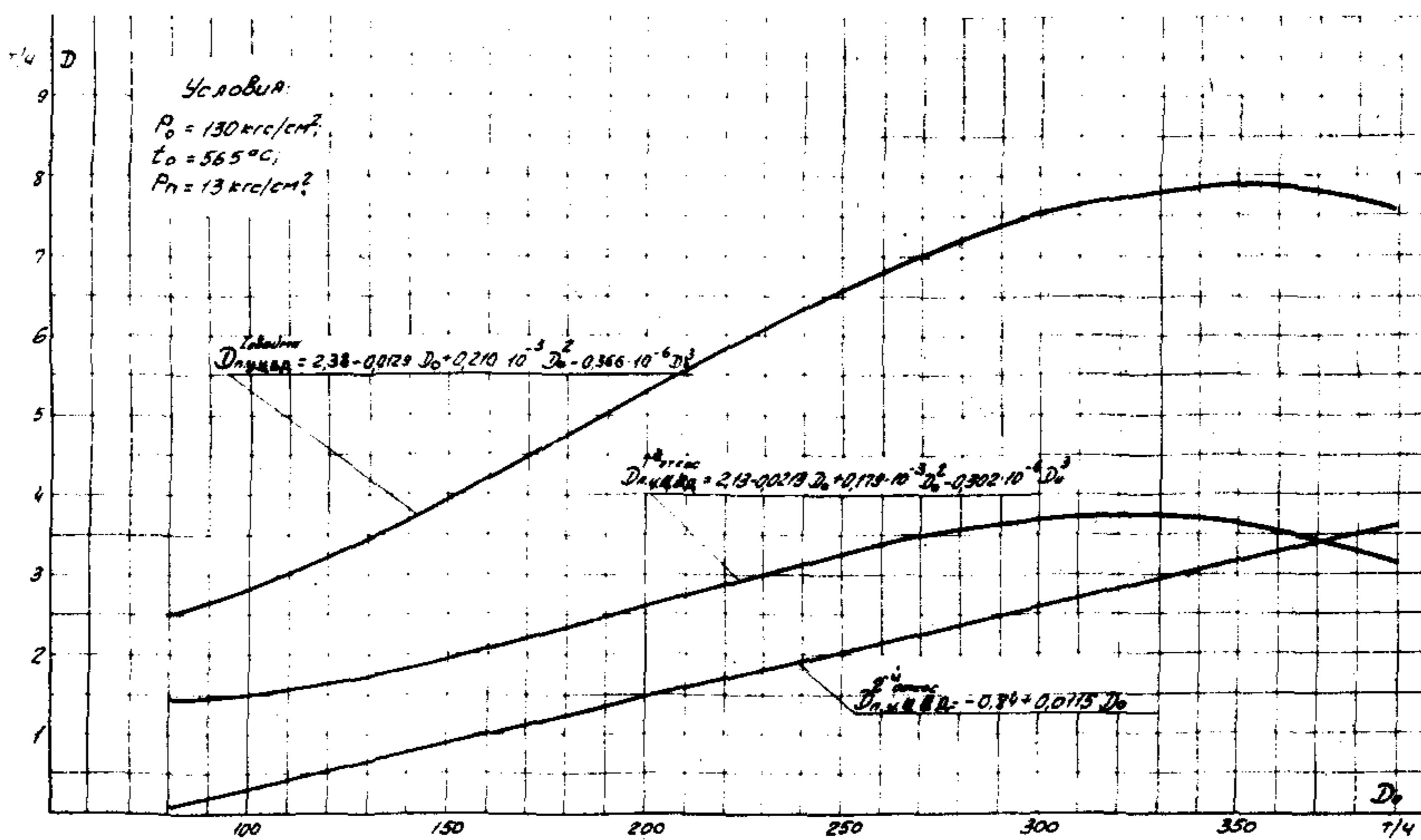


График Т-9. Протечки и отсосы пара из переднего уплотнения ЦВД

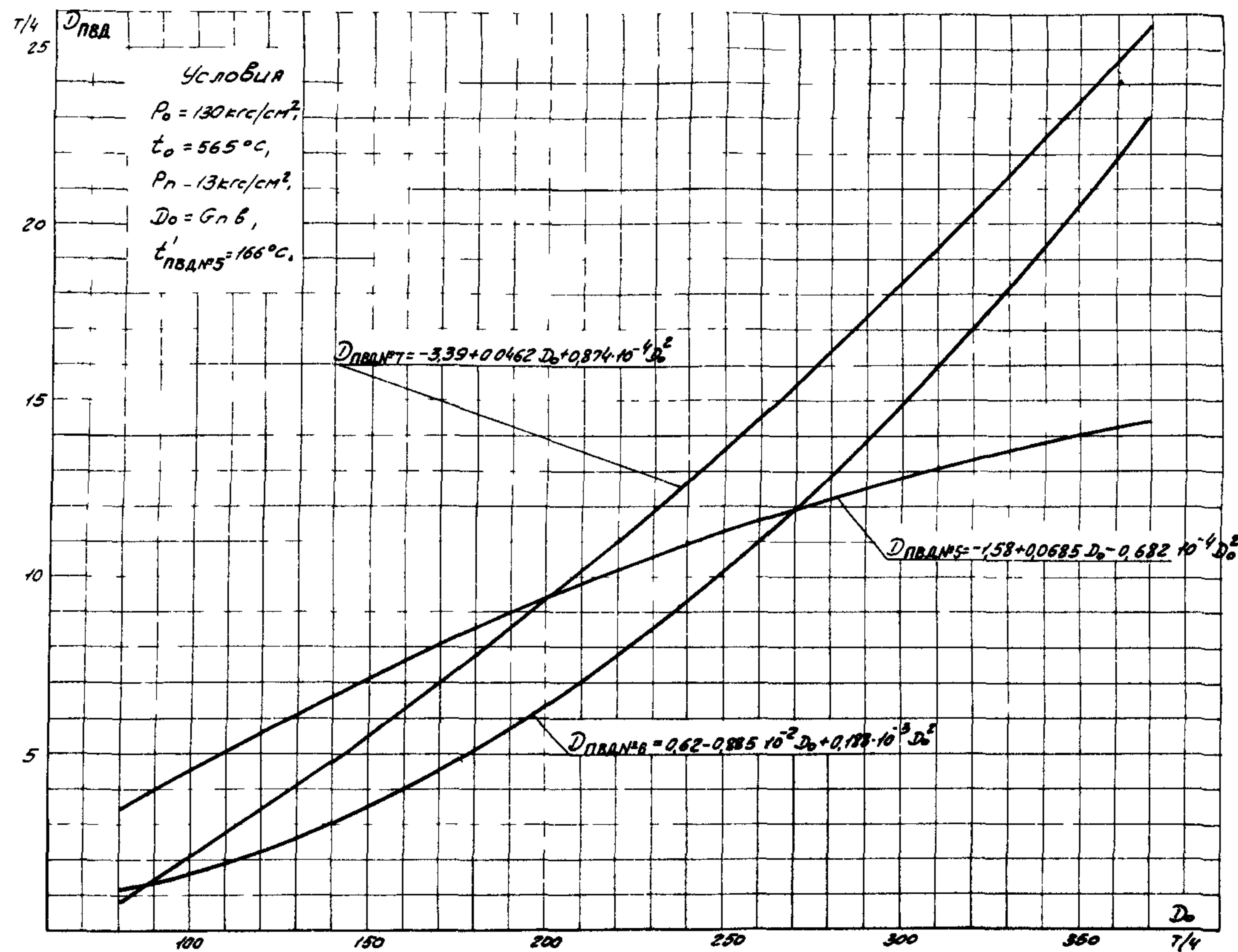


График Т-Д. Расход пара на ПВЛ  
( $t'_{PVA\#5}$  – температура перед ПВЛ № 5)

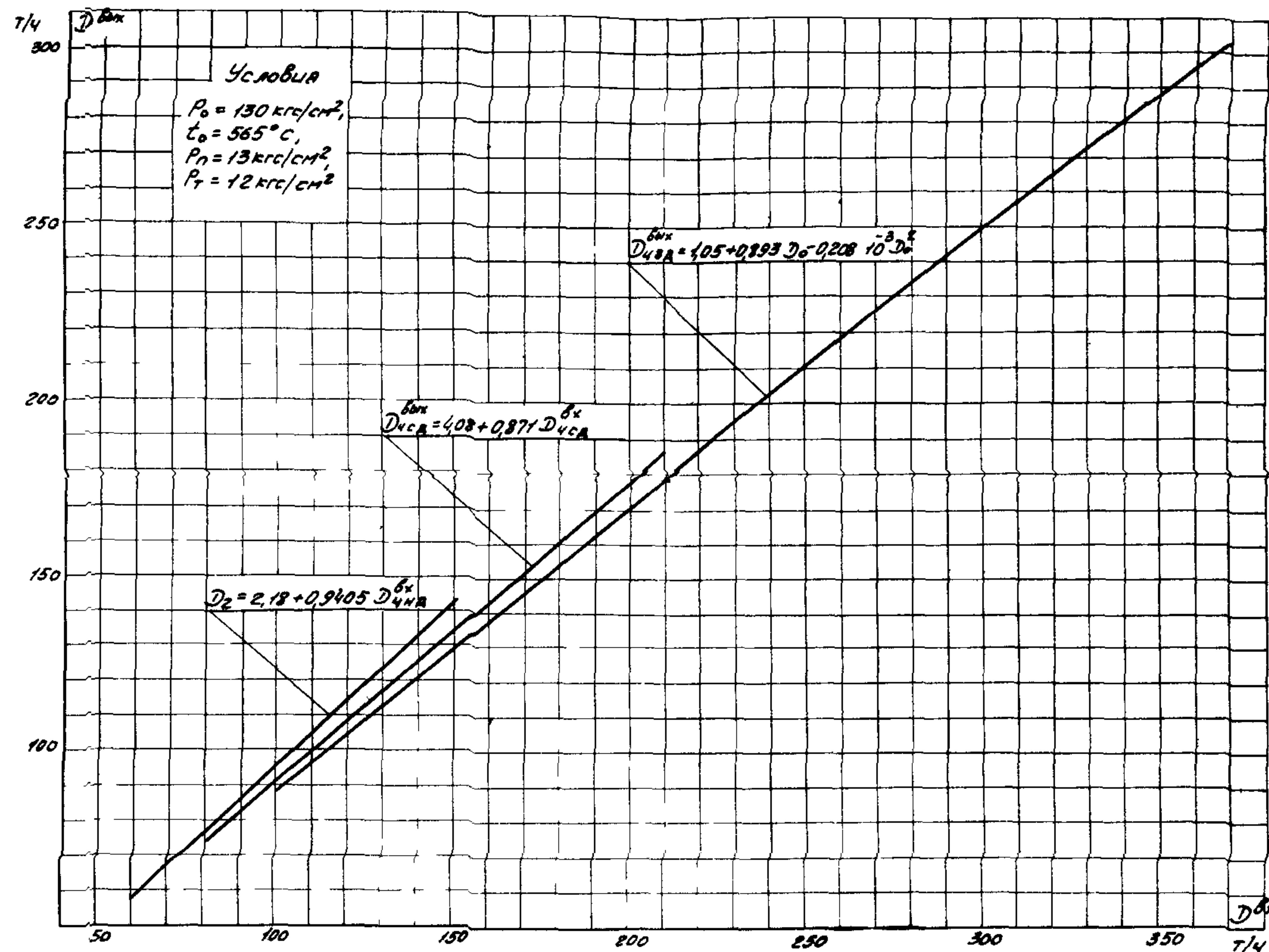


График Т-II. Расход пара на выходе из ЦВД, ЧСД и отработавшего пара в конденсатор  
в зависимости от расхода на входе

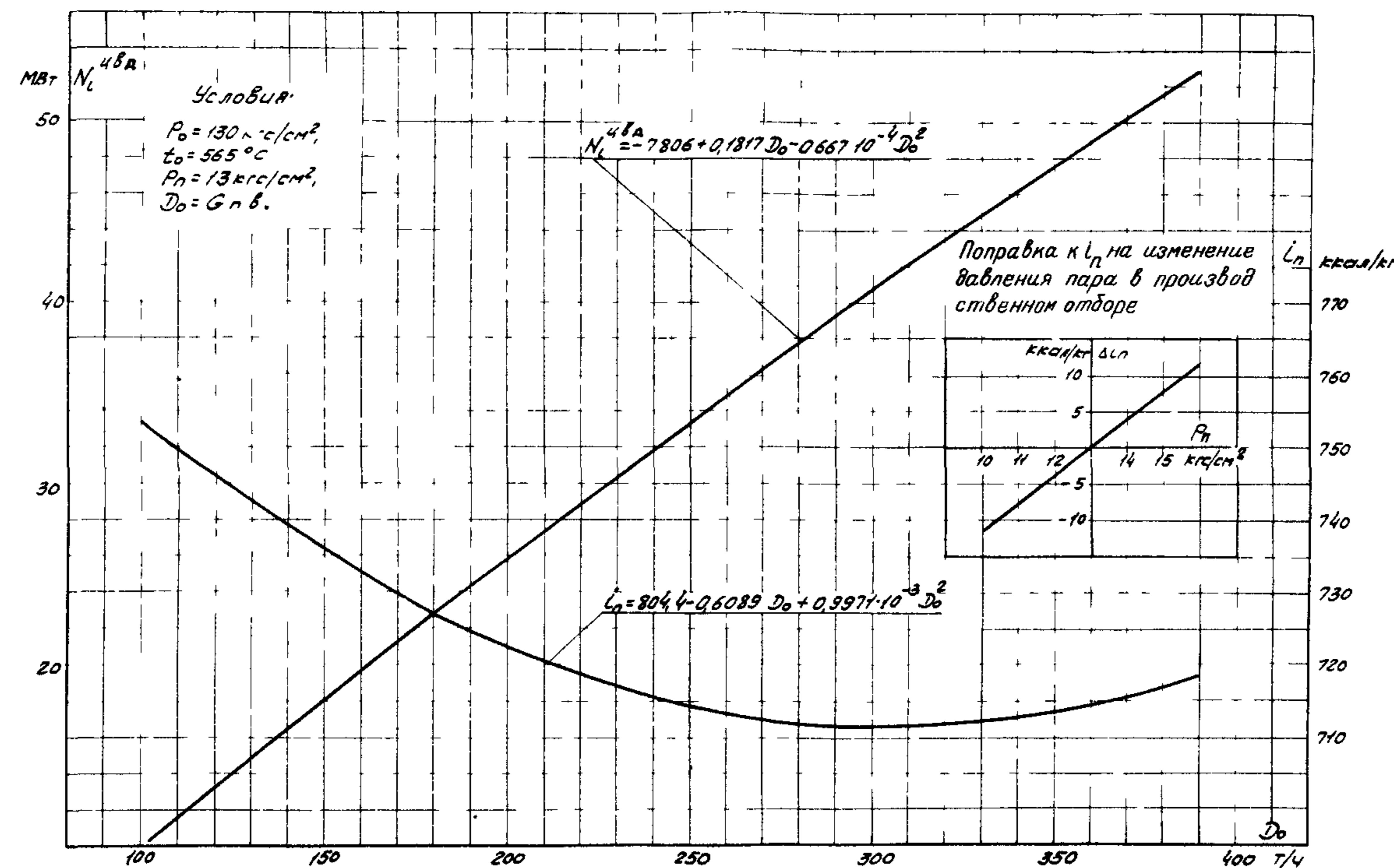
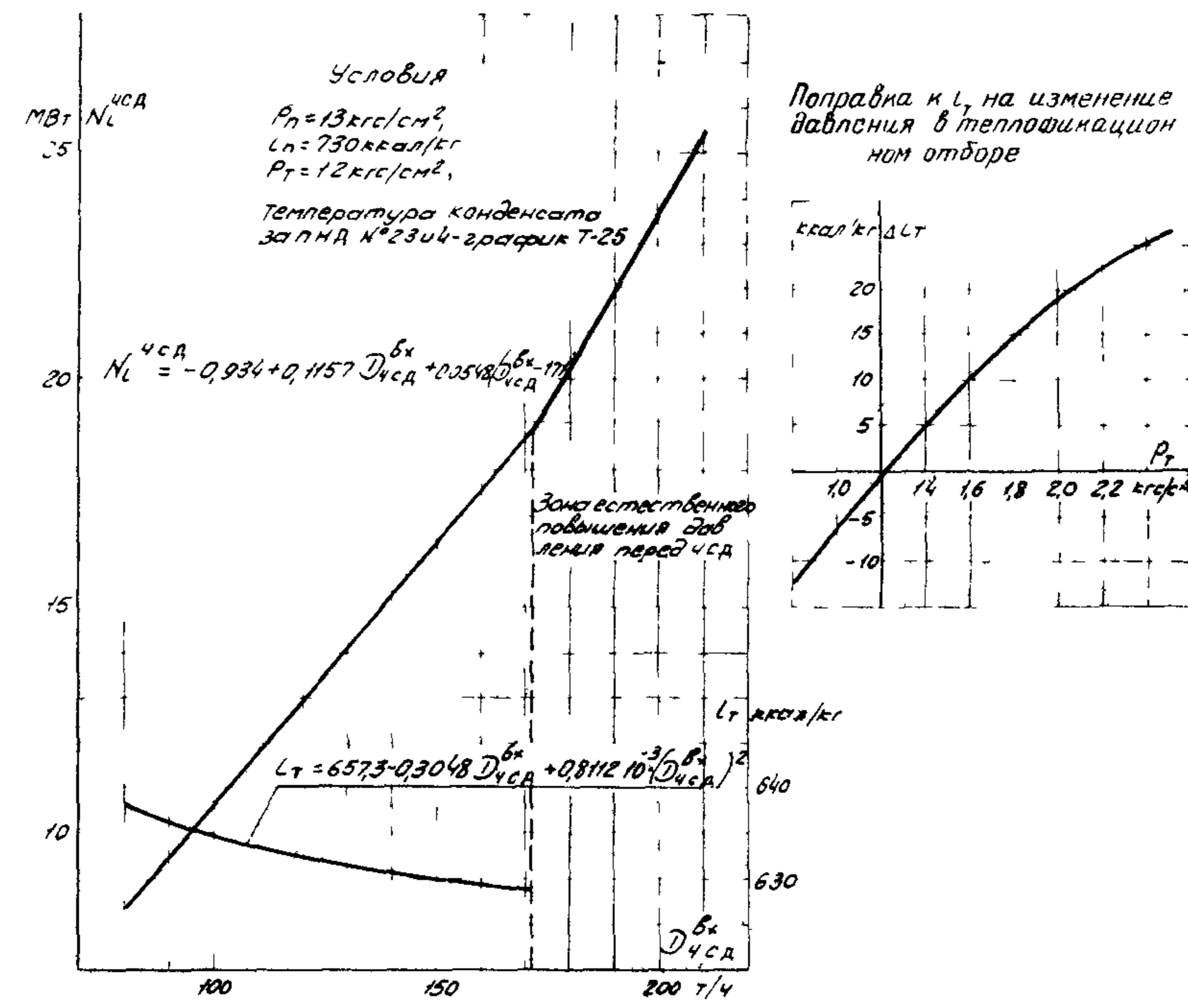
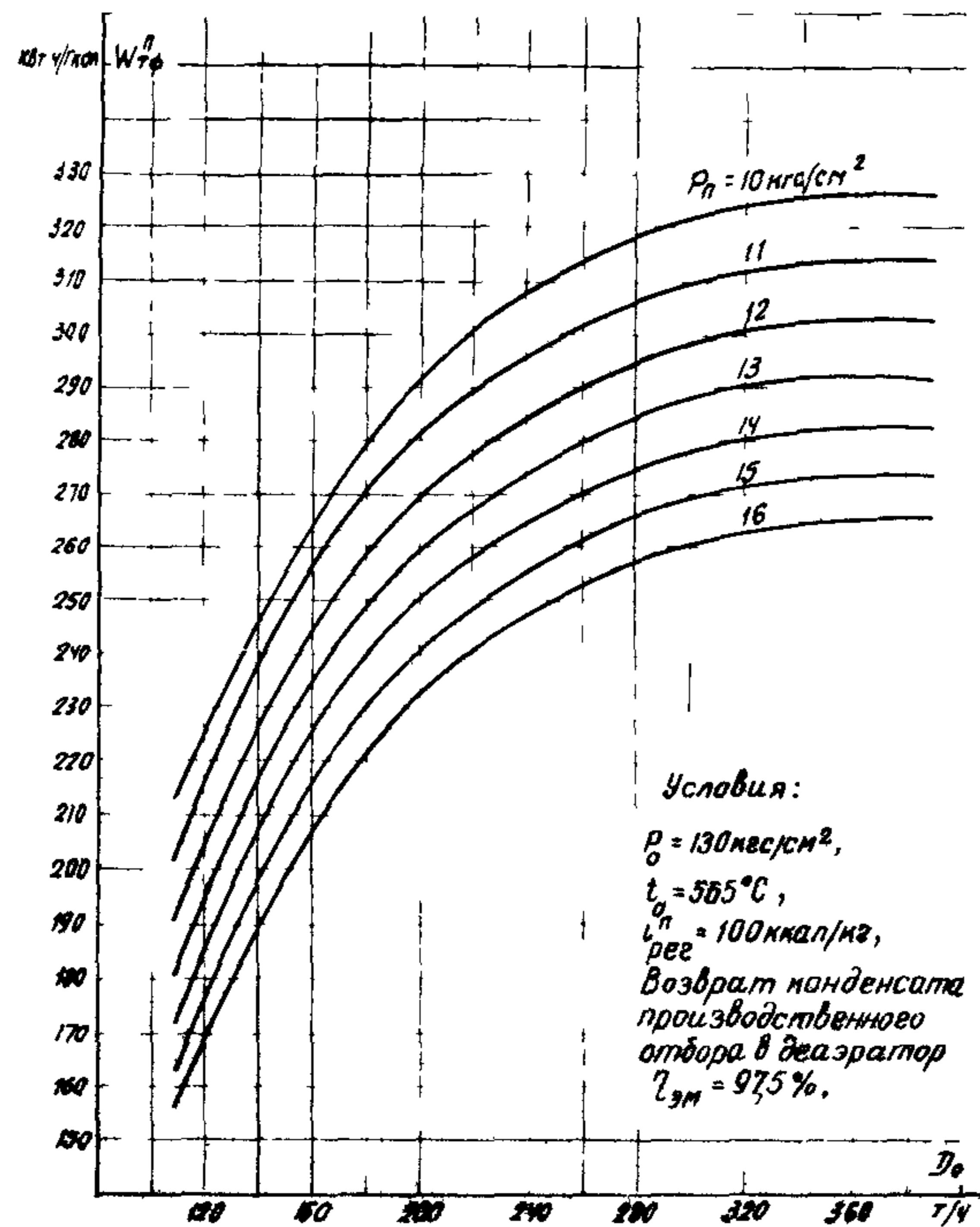
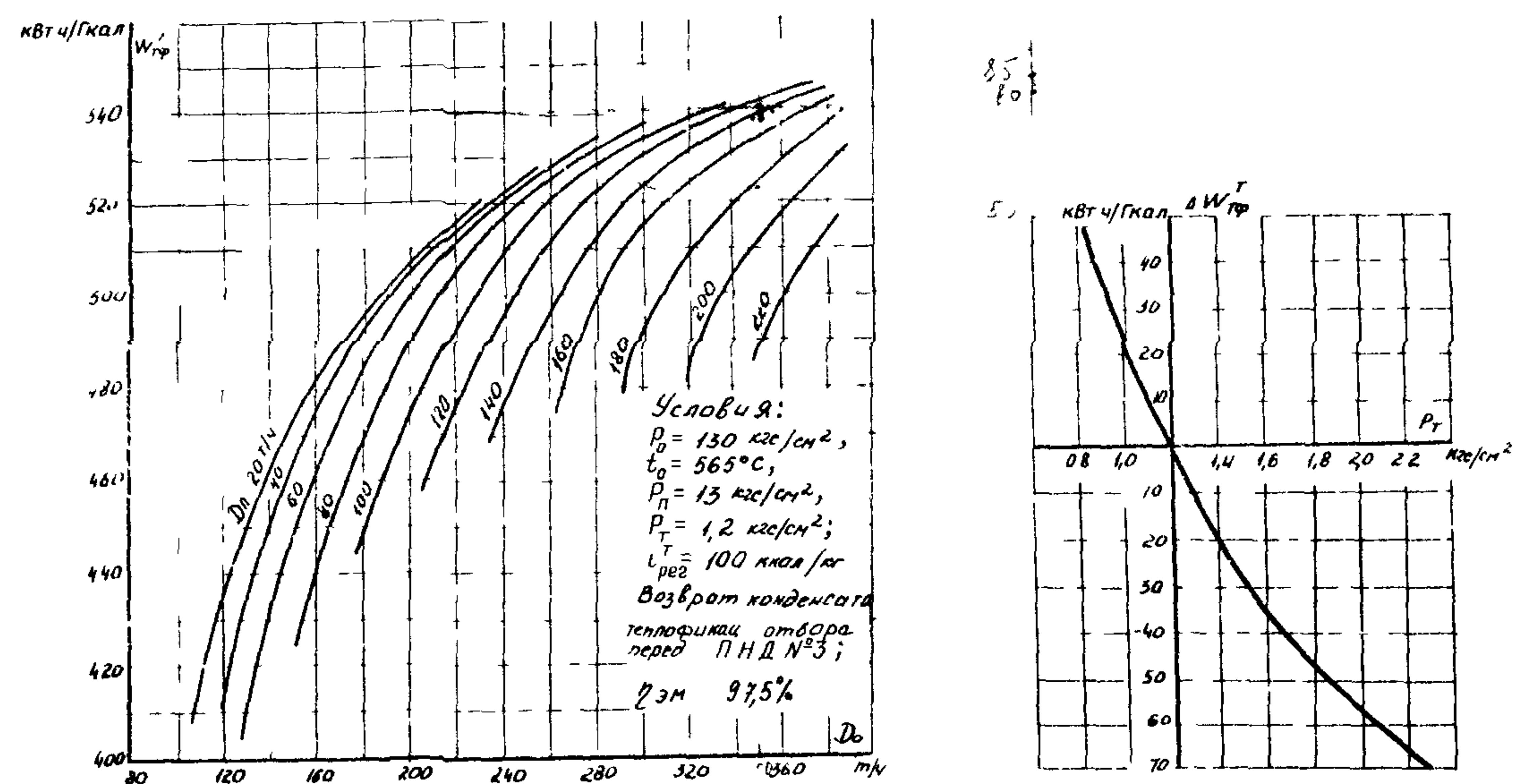


График Т-12. Характеристика ЦВД





— 23 —

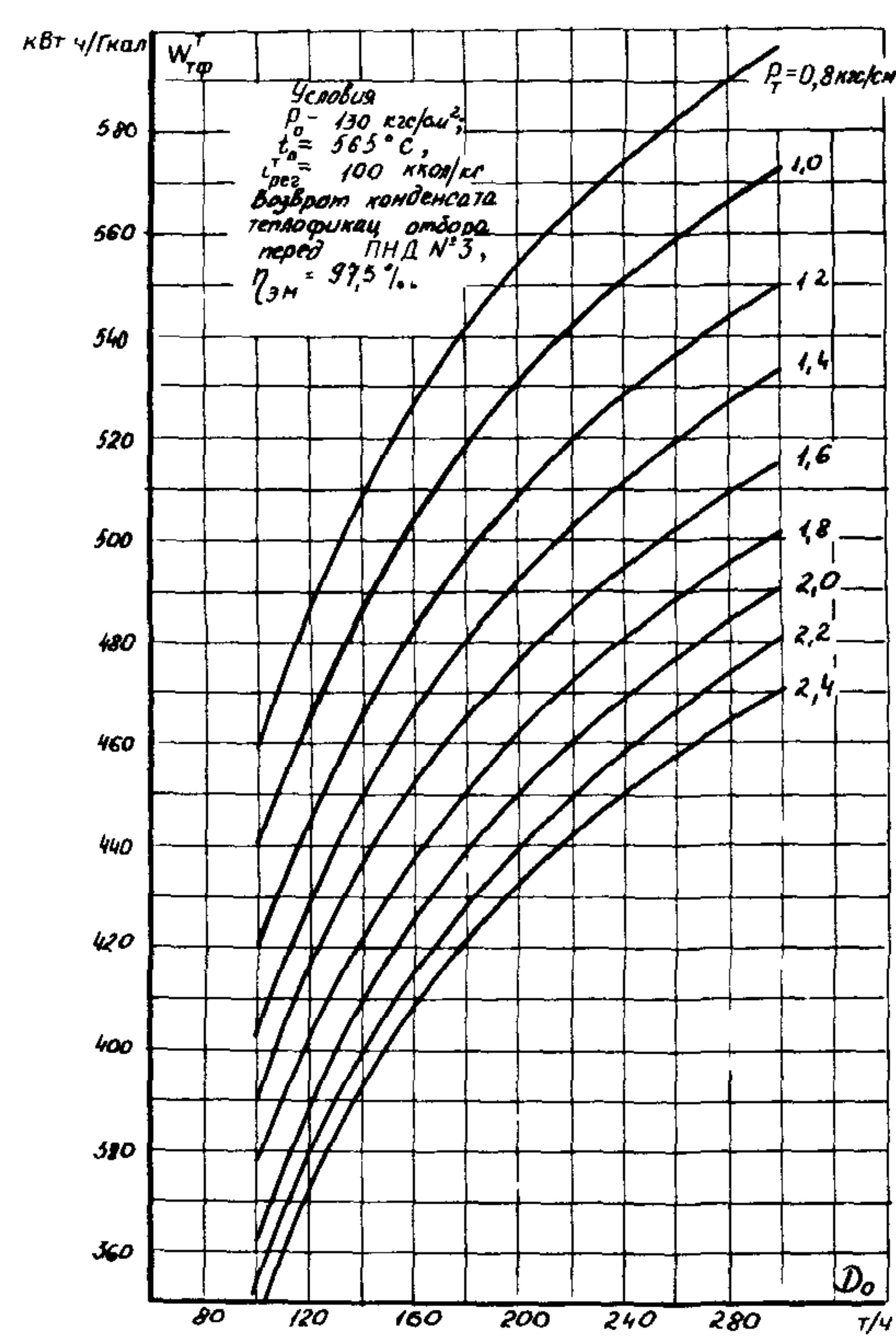


График Т-16. Удельная выработка электроэнергии по теплофикационному циклу паром теплофикационного отбора (регулятор давления производственного отбора отключен – режим Т)

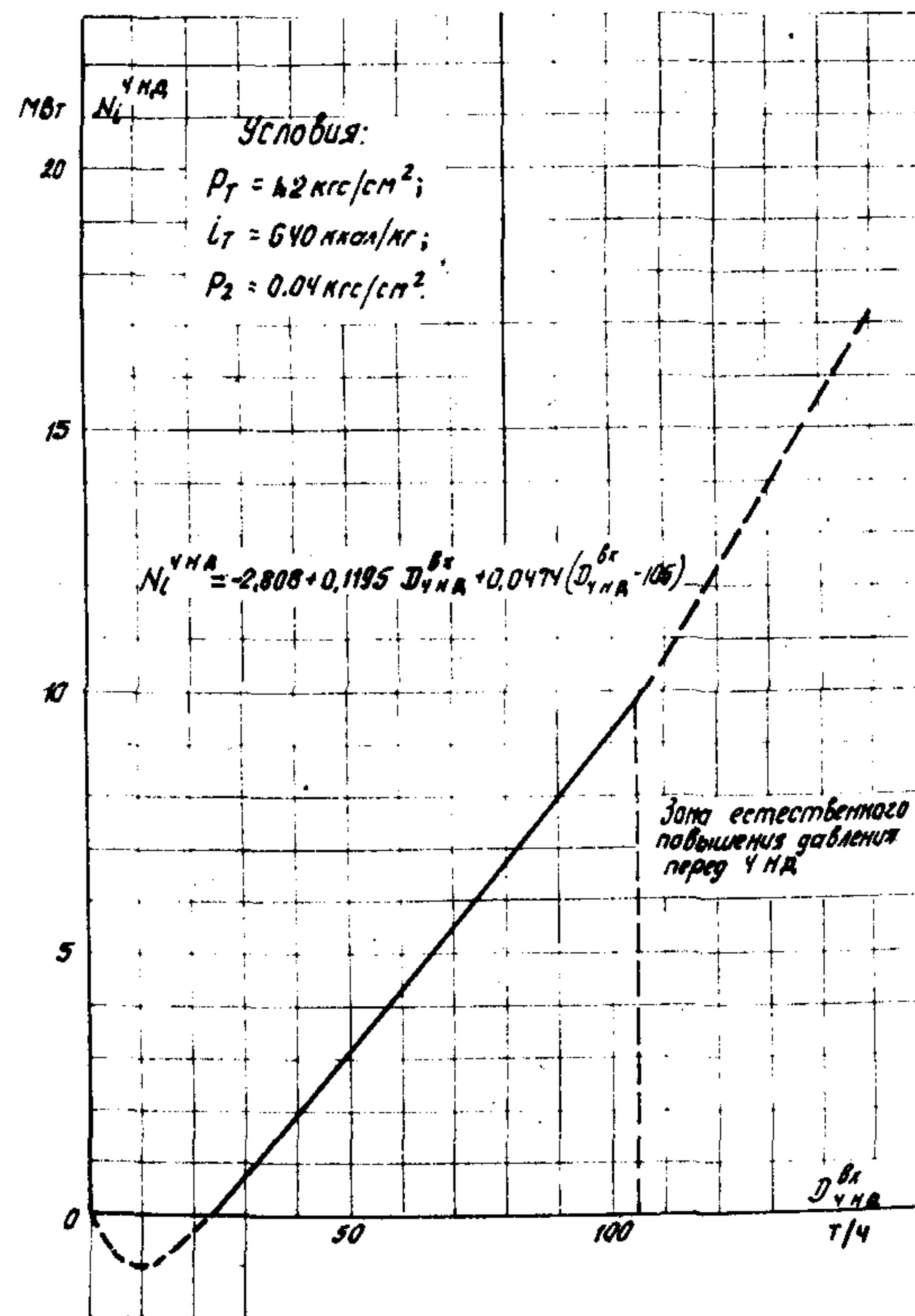


График Т-17. Внутренняя мощность ЧНД

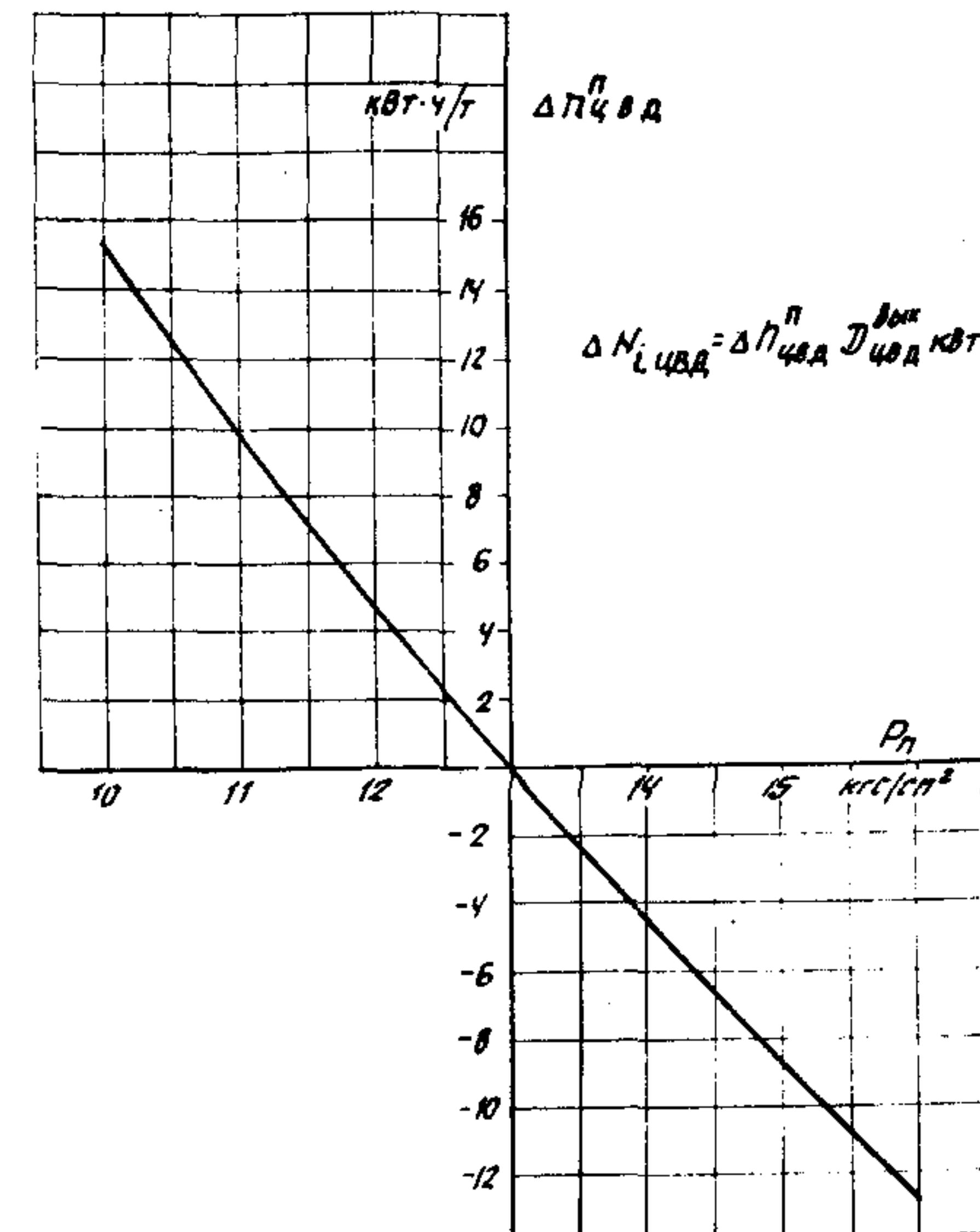


График Т-18. Поправка к внутренней мощности ЧВД ( $\Delta N_{i\text{чвд}}^n$ ) на изменение давления в производственном отборе

$\Delta n_{i\text{чвд}}^n$  – промежуточная расчетная величина

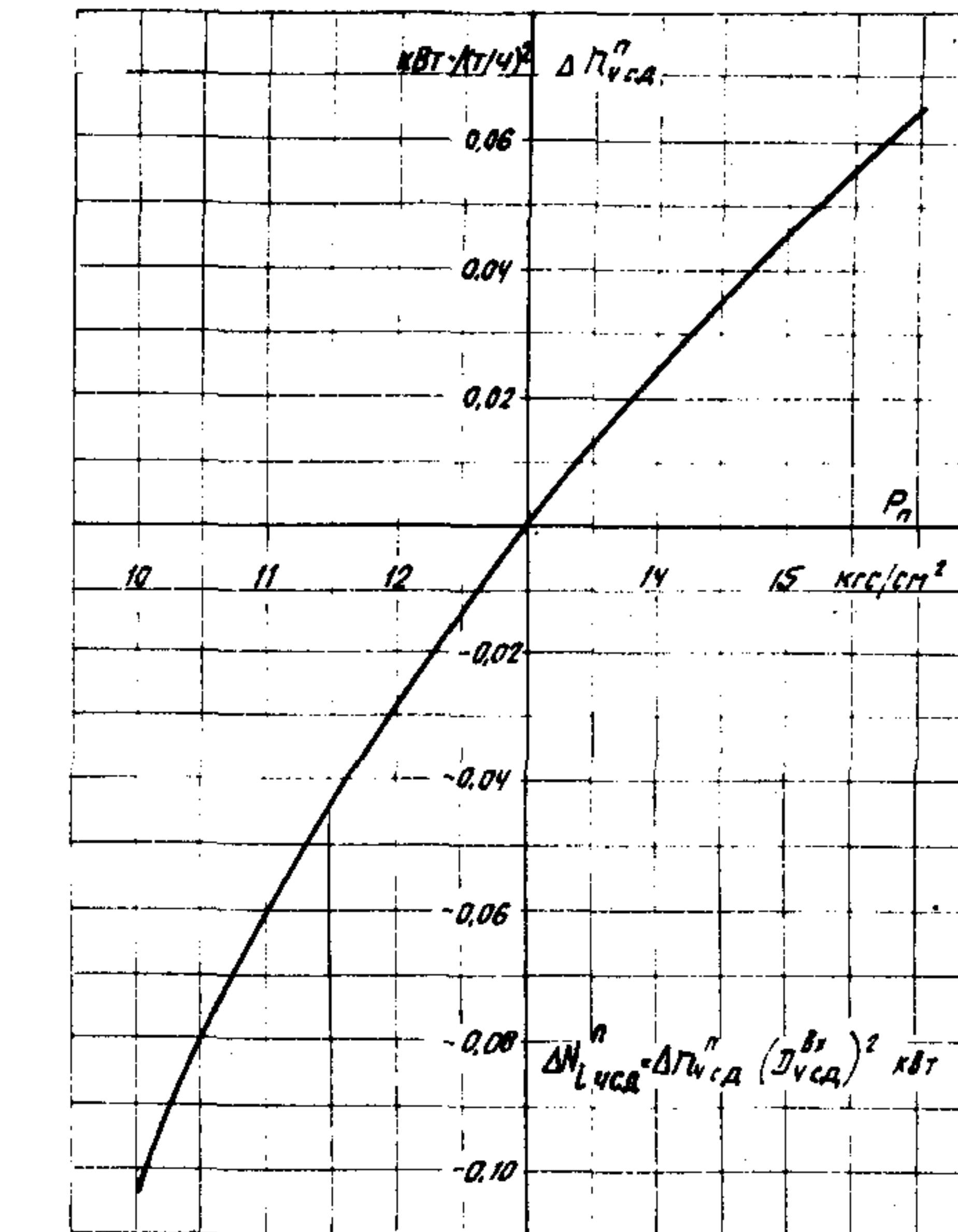


График Т-19. Поправка к внутренней мощности ЧСД ( $\Delta N_{i\text{чсд}}^n$ ) на изменение давления в производственном отборе

$\Delta n_{i\text{чсд}}^n$  – промежуточная расчетная величина

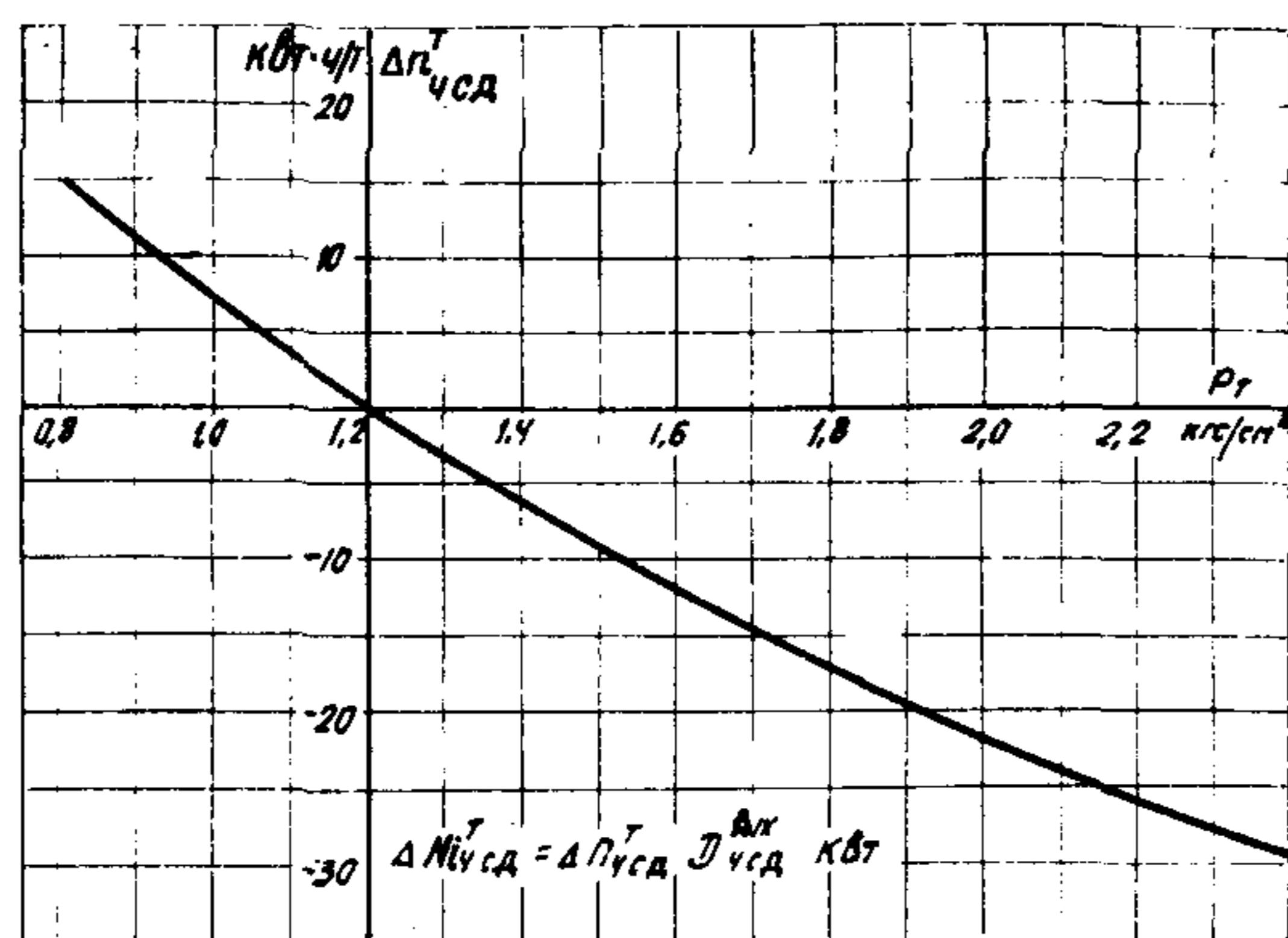


График Т-20. Поправка к внутренней мощности ЧСД ( $\Delta N_{ЧСД}^T$ ) на изменение давления в теплофикационном отборе  
 $\Delta N_{ЧСД}^T$  — промежуточная расчетная величина

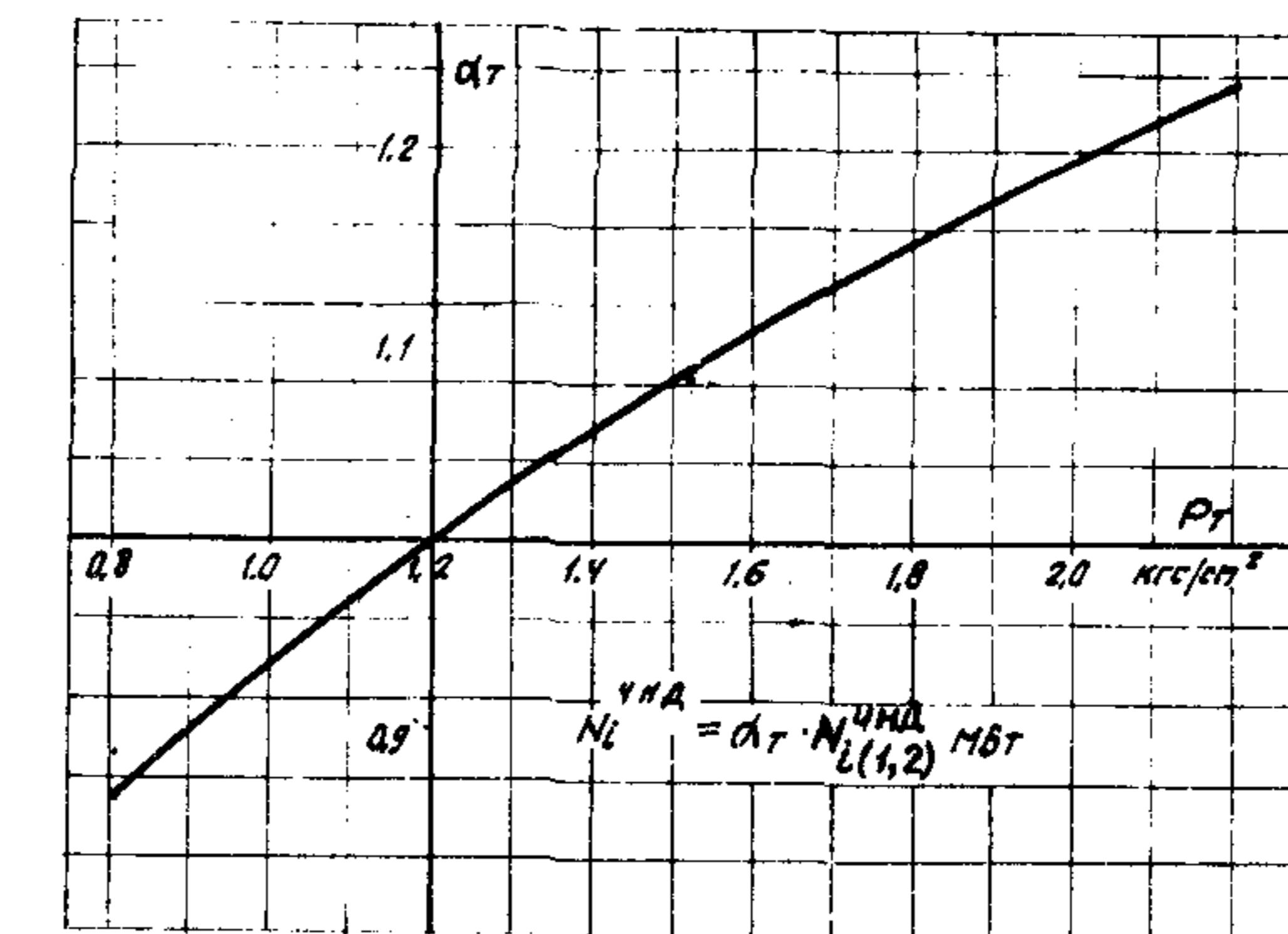


График Т-21. Поправочный коэффициент ( $\alpha_T$ ) к внутренней мощности ЧСД ( $N_{ЧСД}^{ЧНД}$ ) на изменение давления в теплофикационном отборе

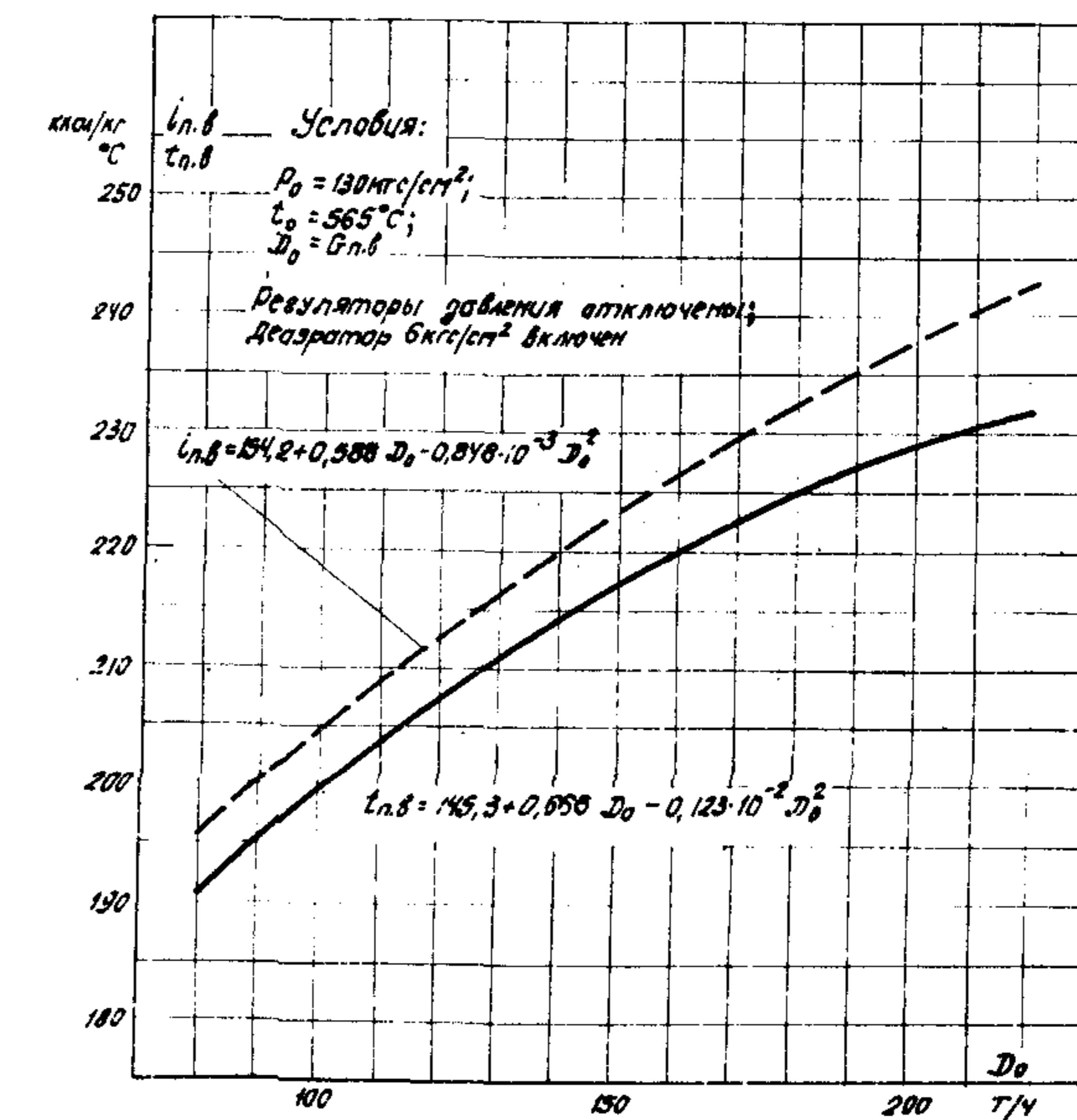
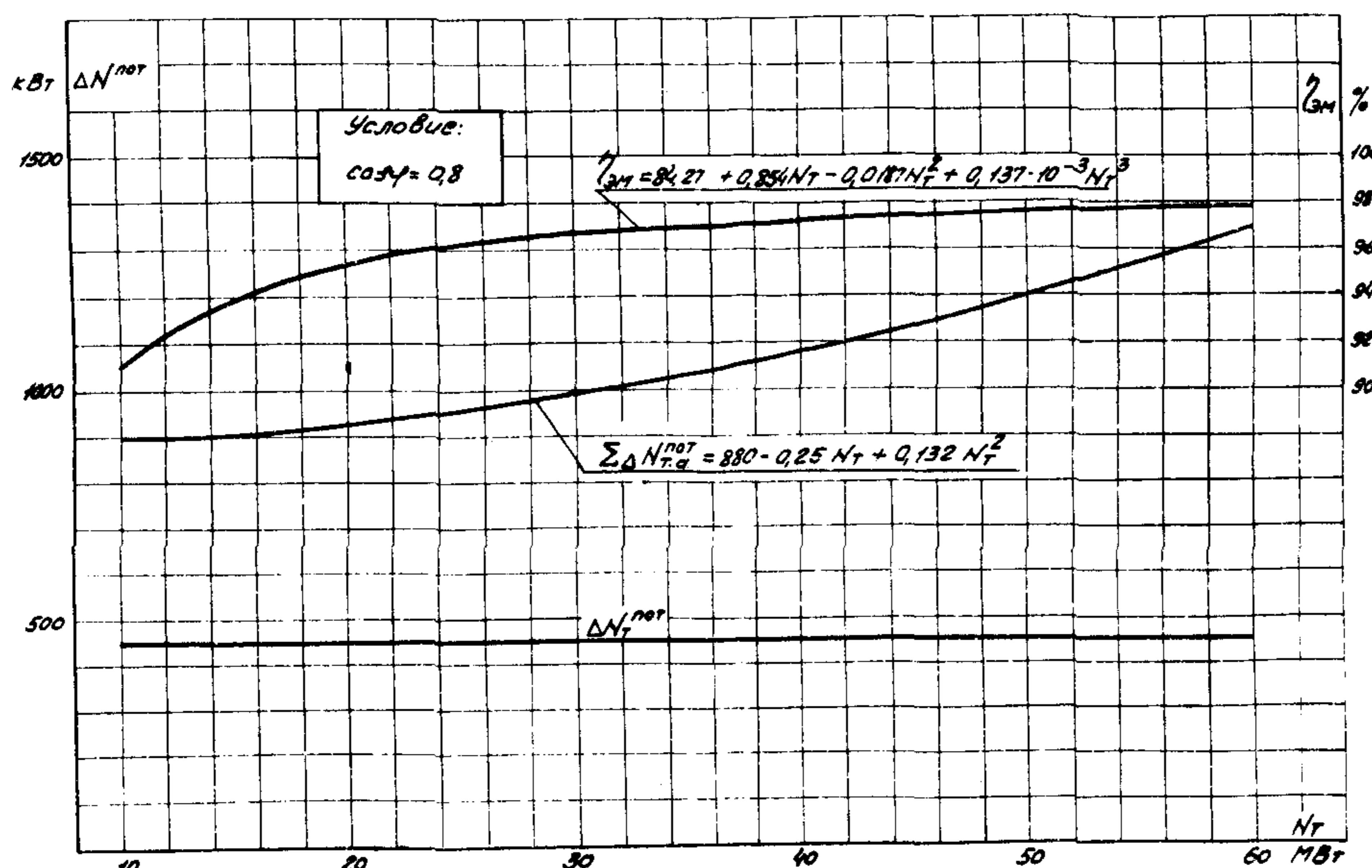


График Т-23. Температура и энталпия питательной воды за последним ПВД (конденсационный режим)

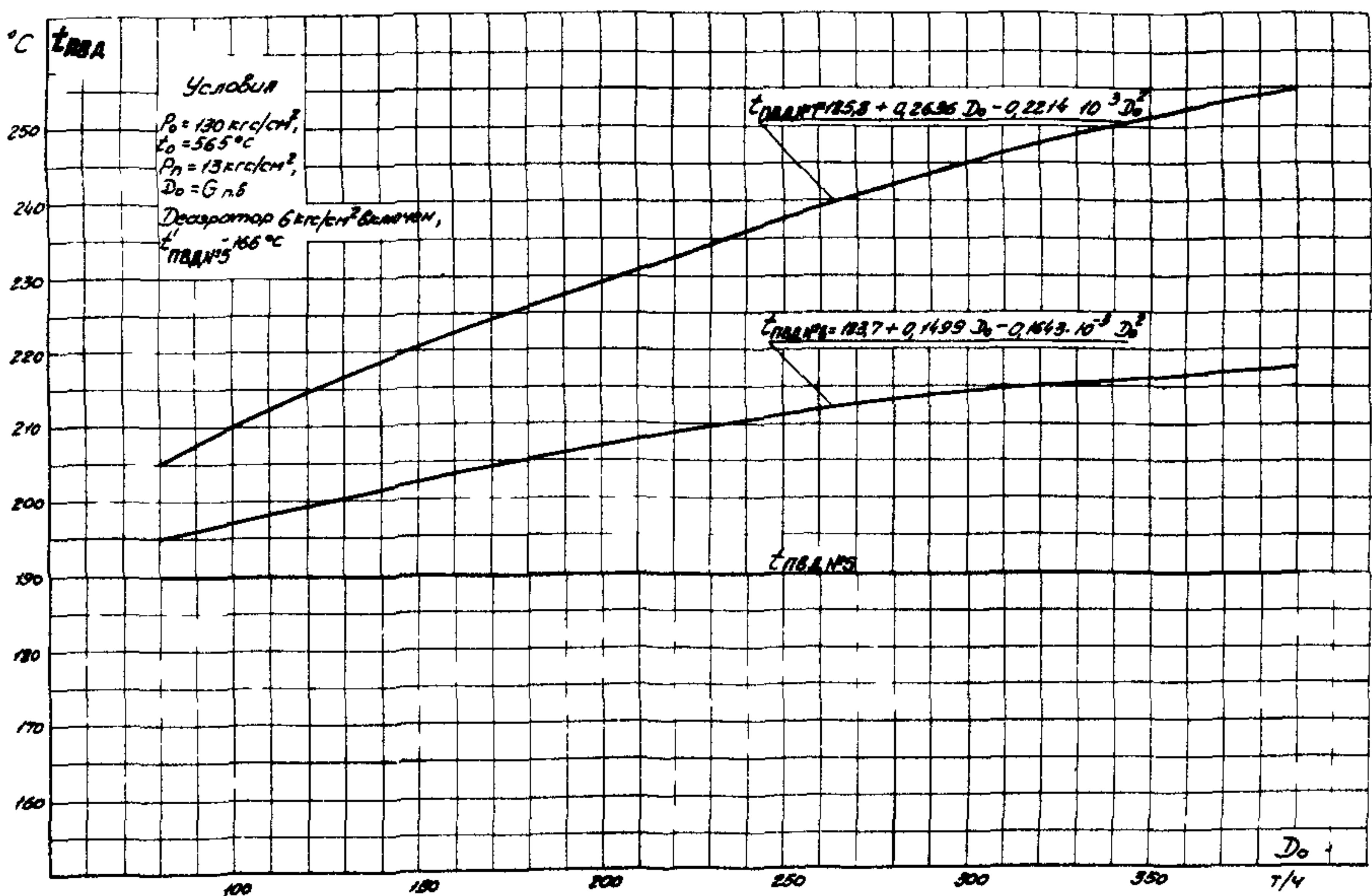


График Т-24. Температура питательной воды за ПВД при включенном регуляторе давления производственного отбора

( $t'_\text{ПВДN5}$  — температура перед ПВД № 5)

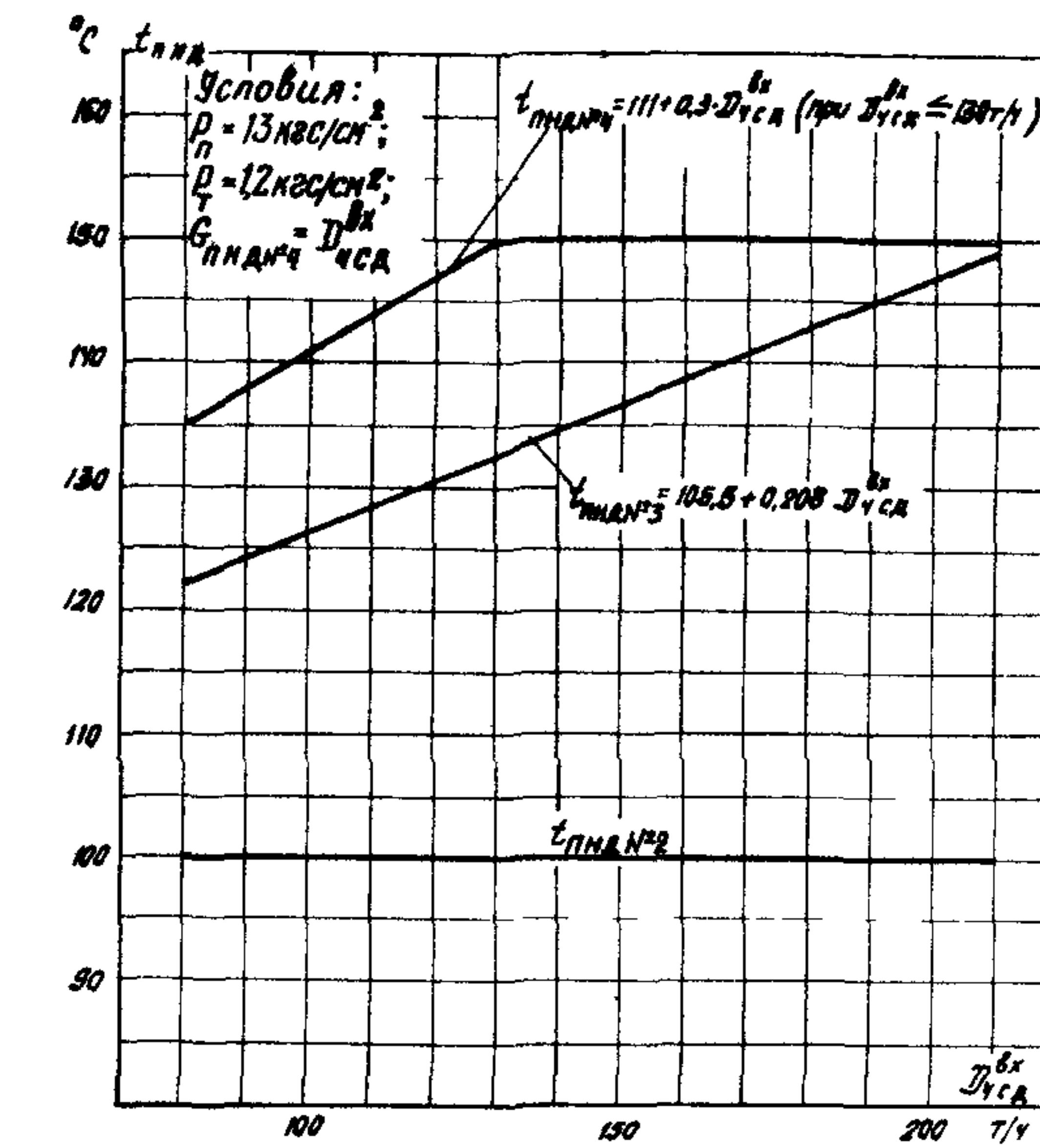


График Т-25. Температура конденсата за ПНД части среднего давления

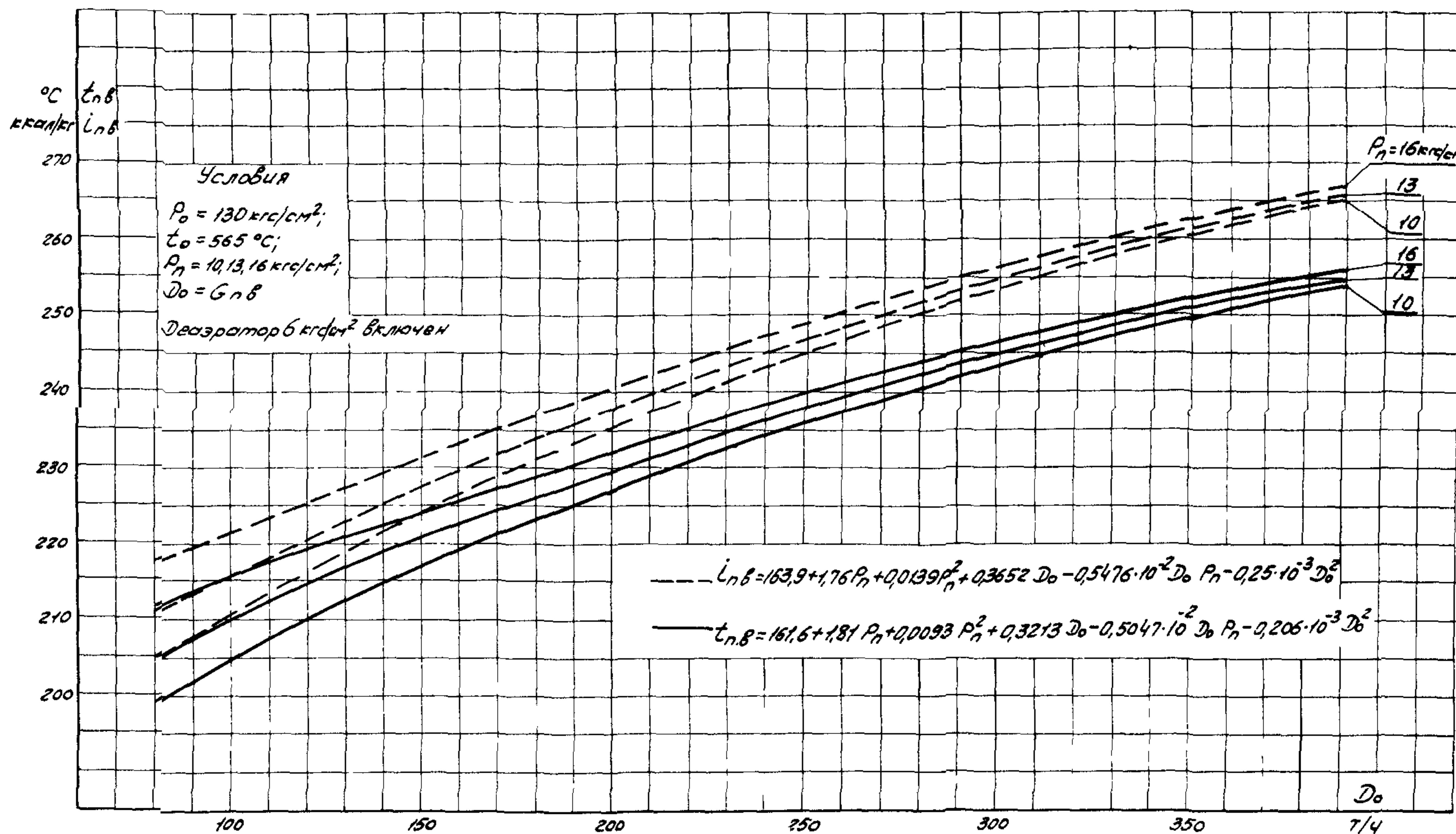
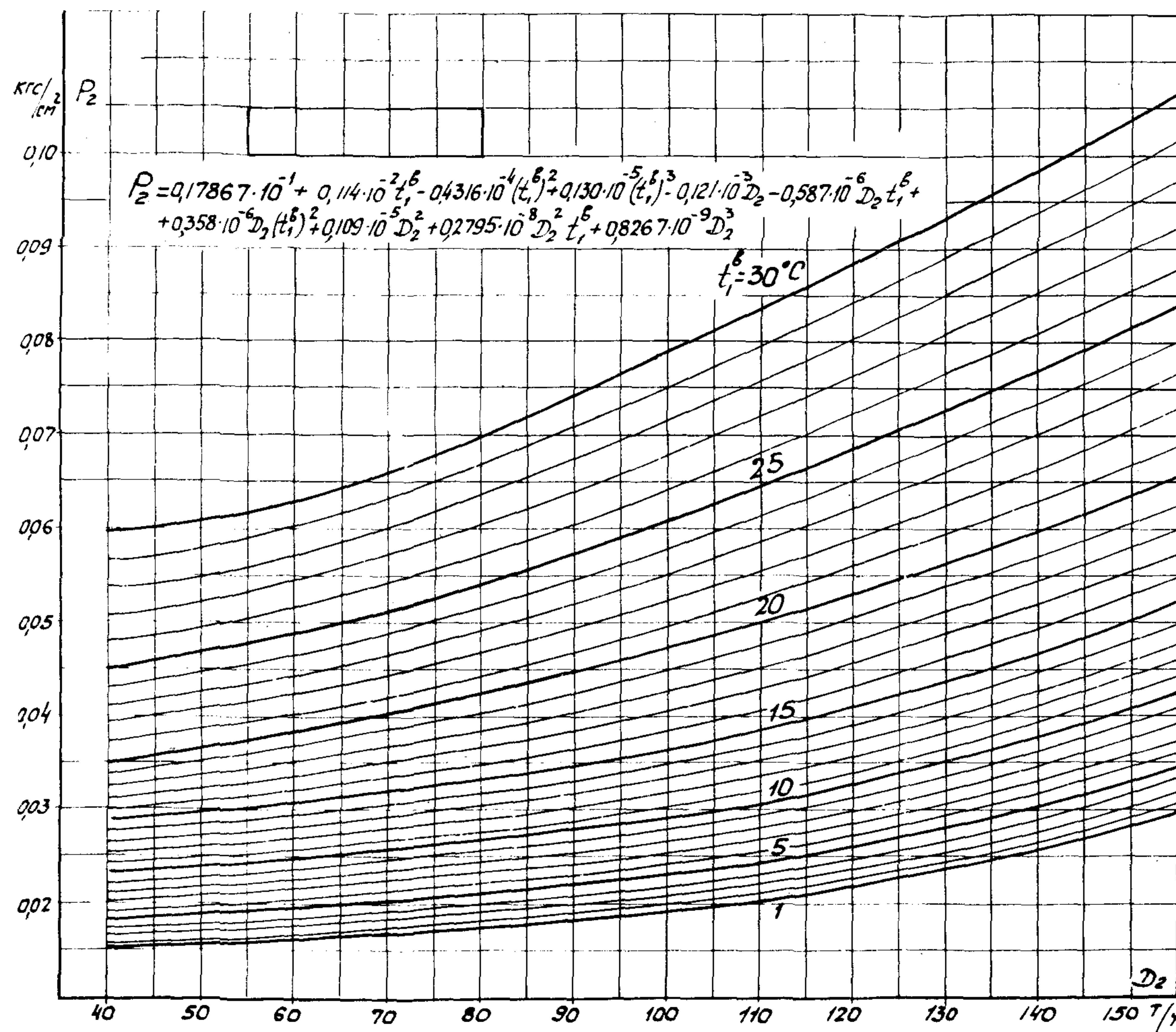
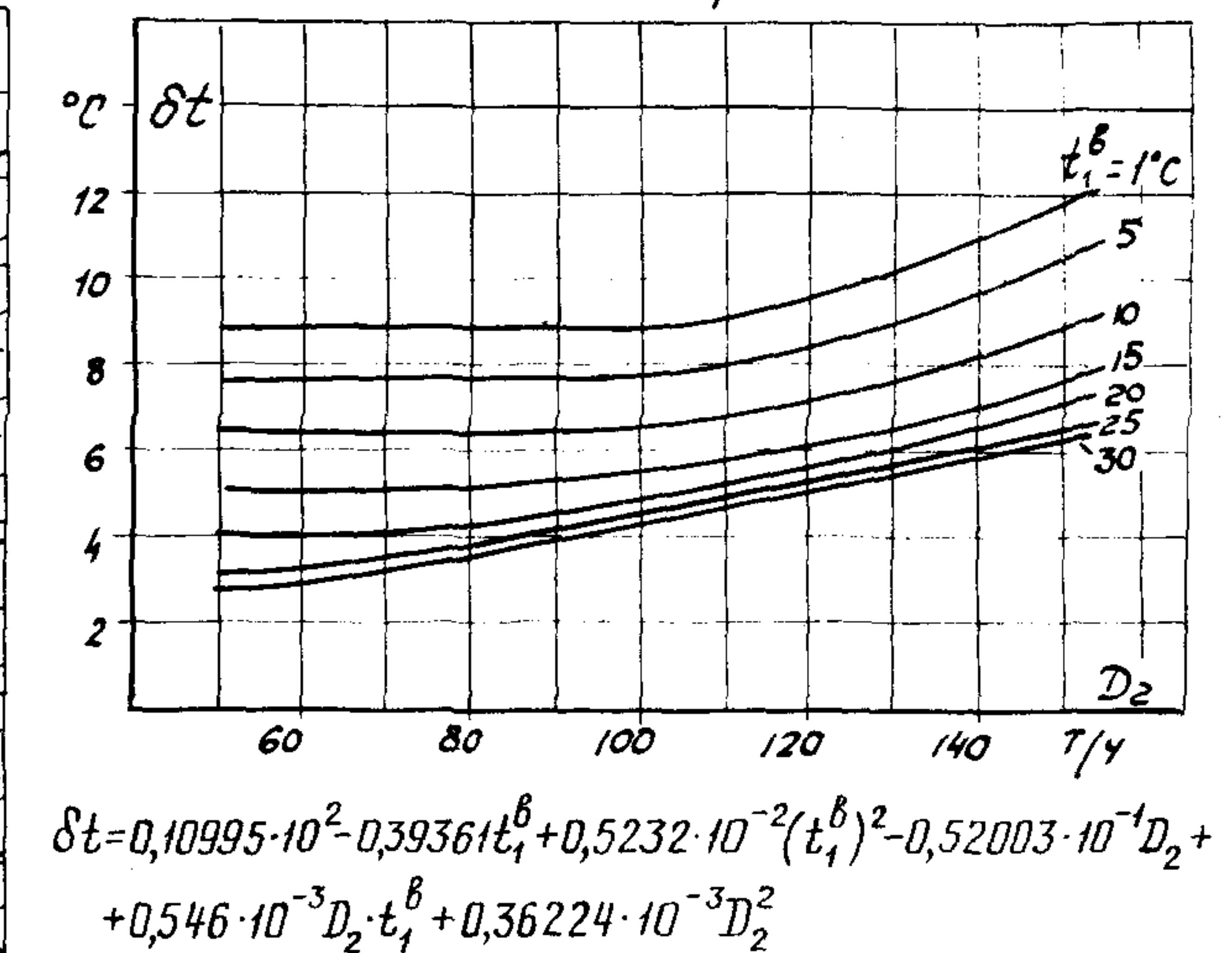


График Т-26. Температура и энталпия питательной воды за последним ПВД (режимы с включенным регулятором производственного отбора)

Давление отработавшего пара в конденсаторе



Температурный напор конденсатора



Нагрев охлаждающей воды в конденсаторе

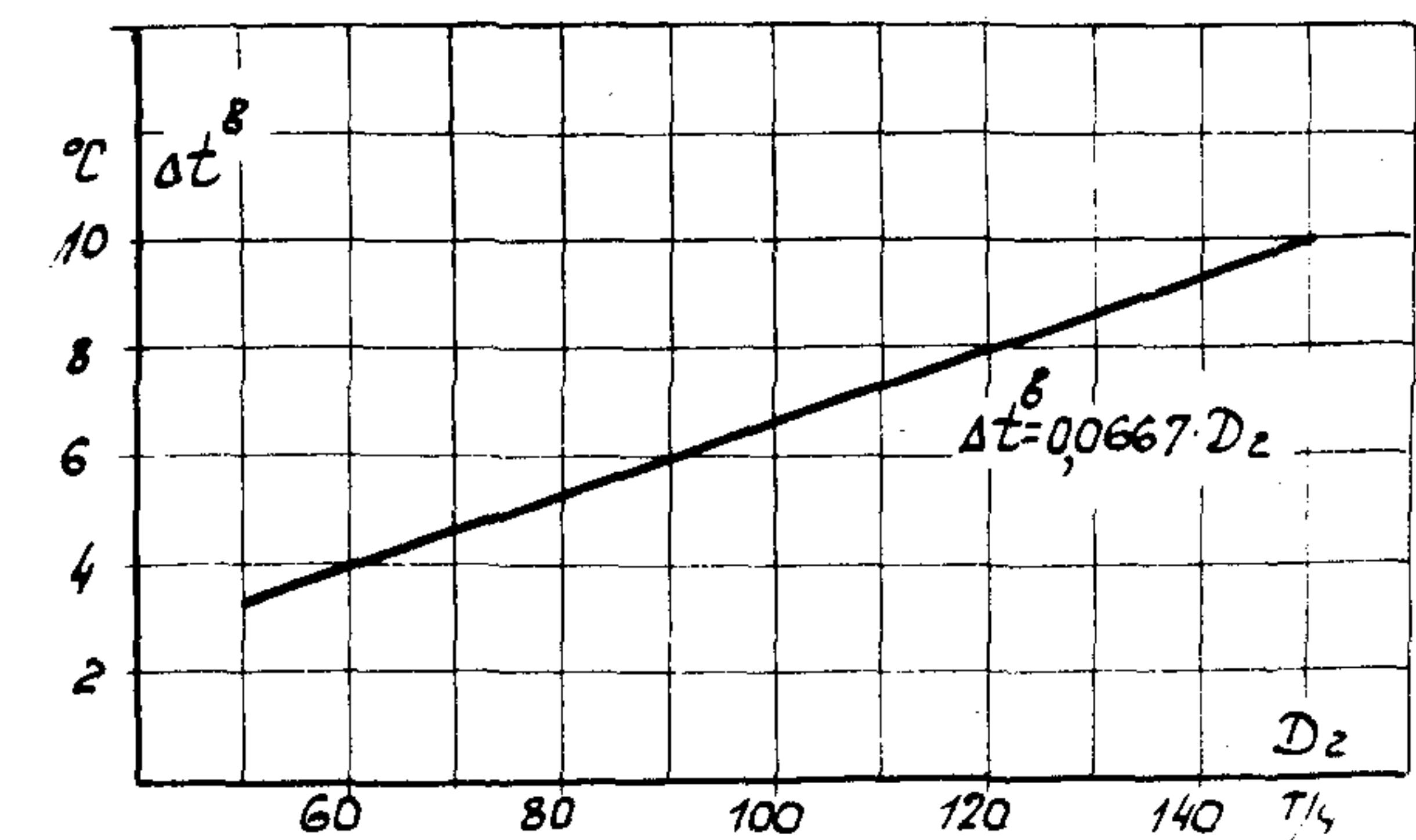


График Т-27. Характеристика конденсатора типа 50-КС-4 при  $W_{\text{окл}} = 8000 \text{ м}^3/\text{ч}$

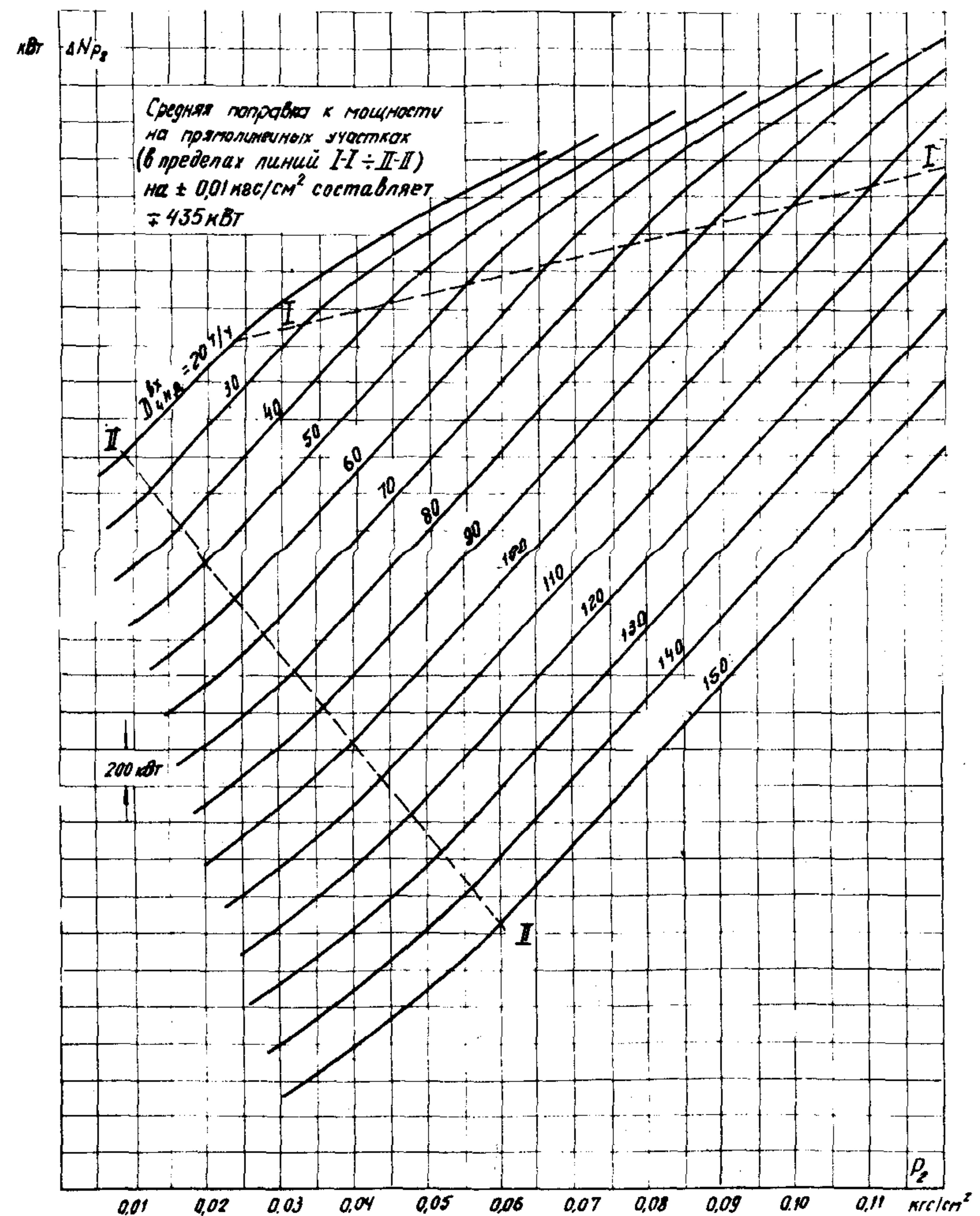


График Т-28. Поправка ( $\Delta N_{P_2}$ ) к мощности  $N_t$  на изменение давления отработавшего пара в конденсаторе

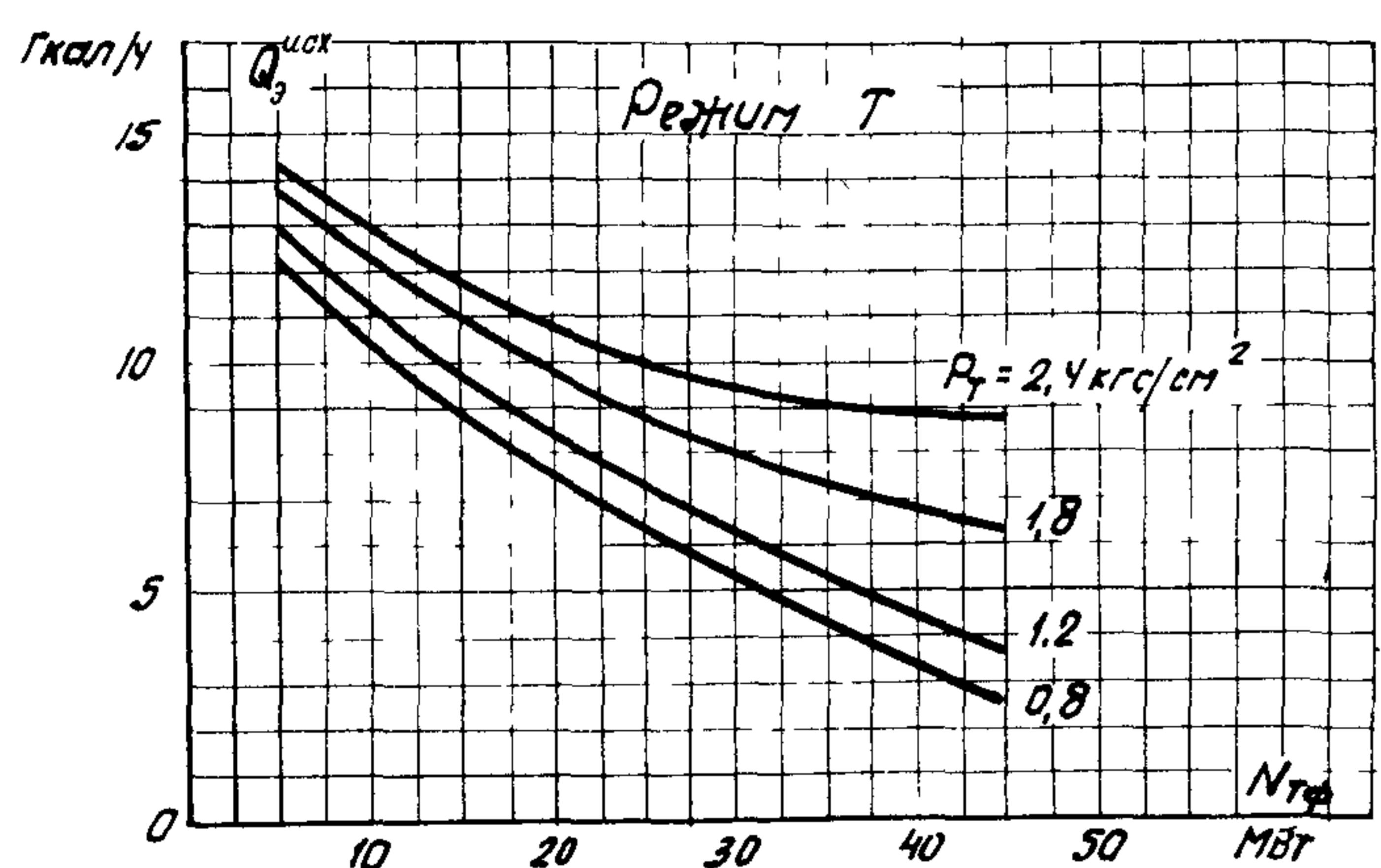
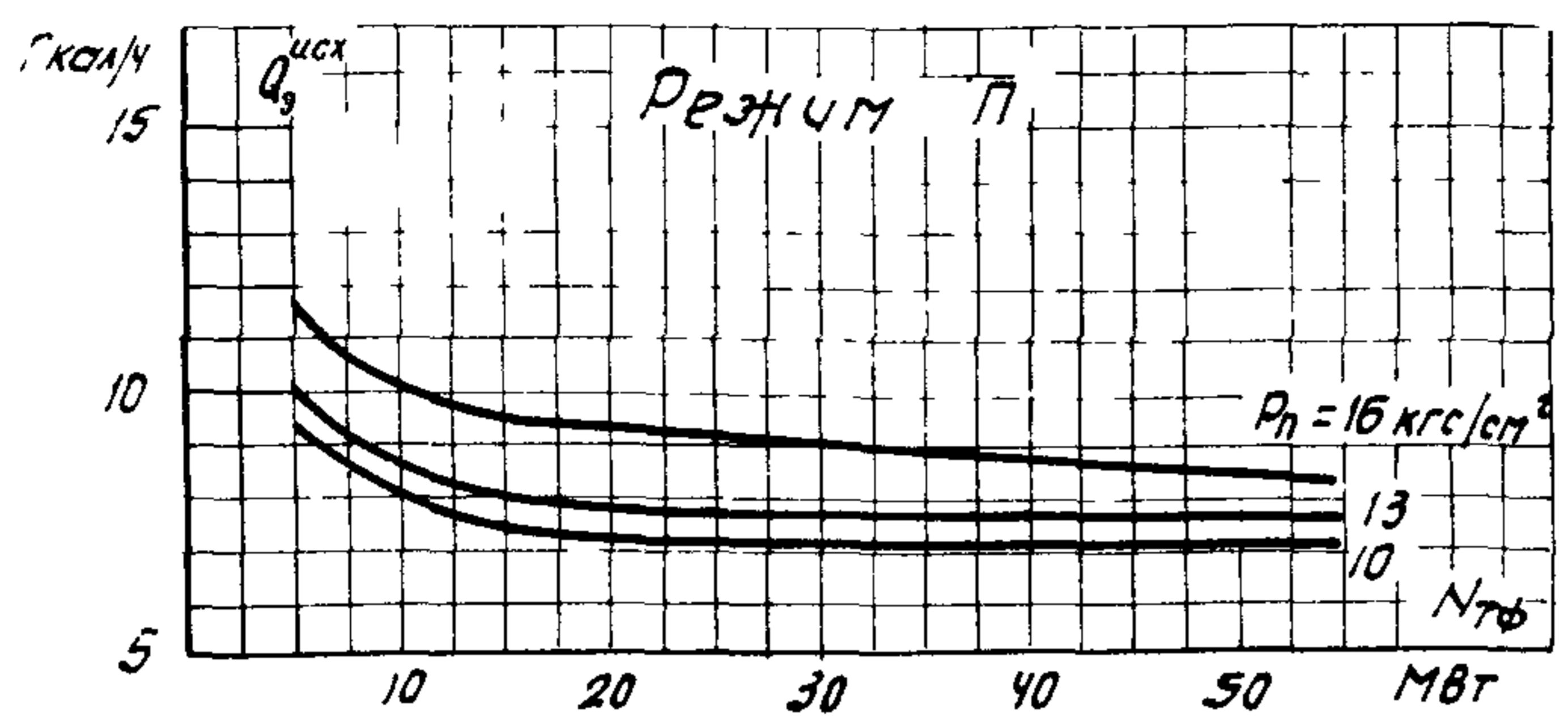


График Т-29. Параметры энергетического уравнения (9) для режимов II и Т

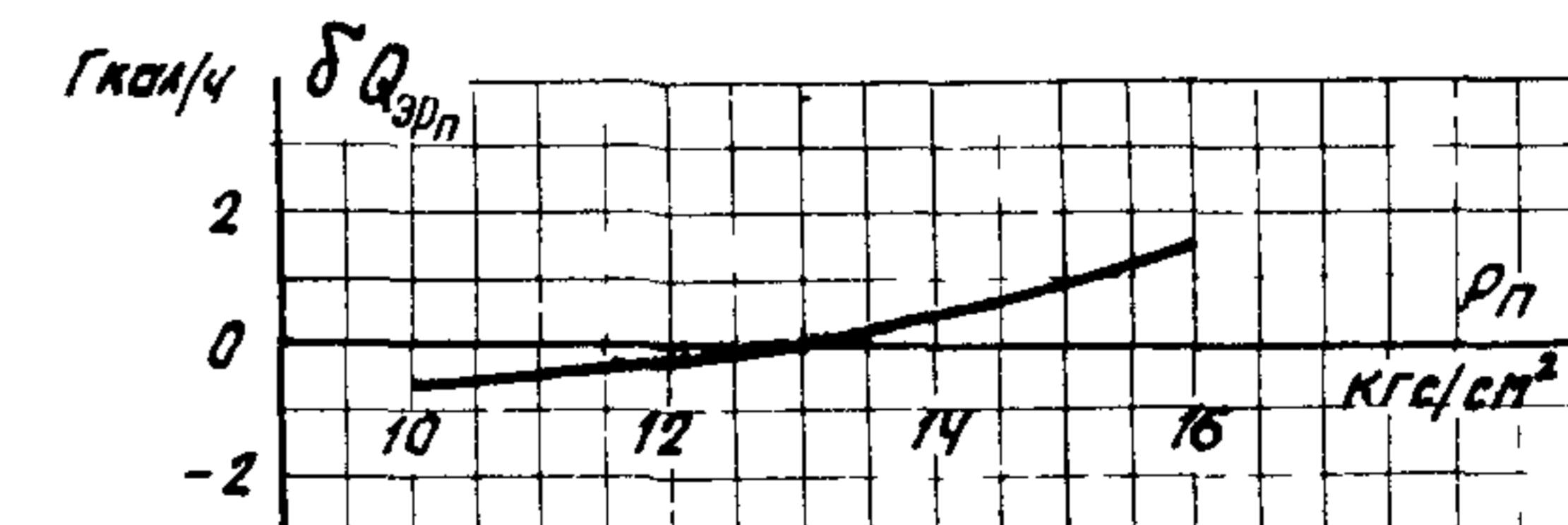
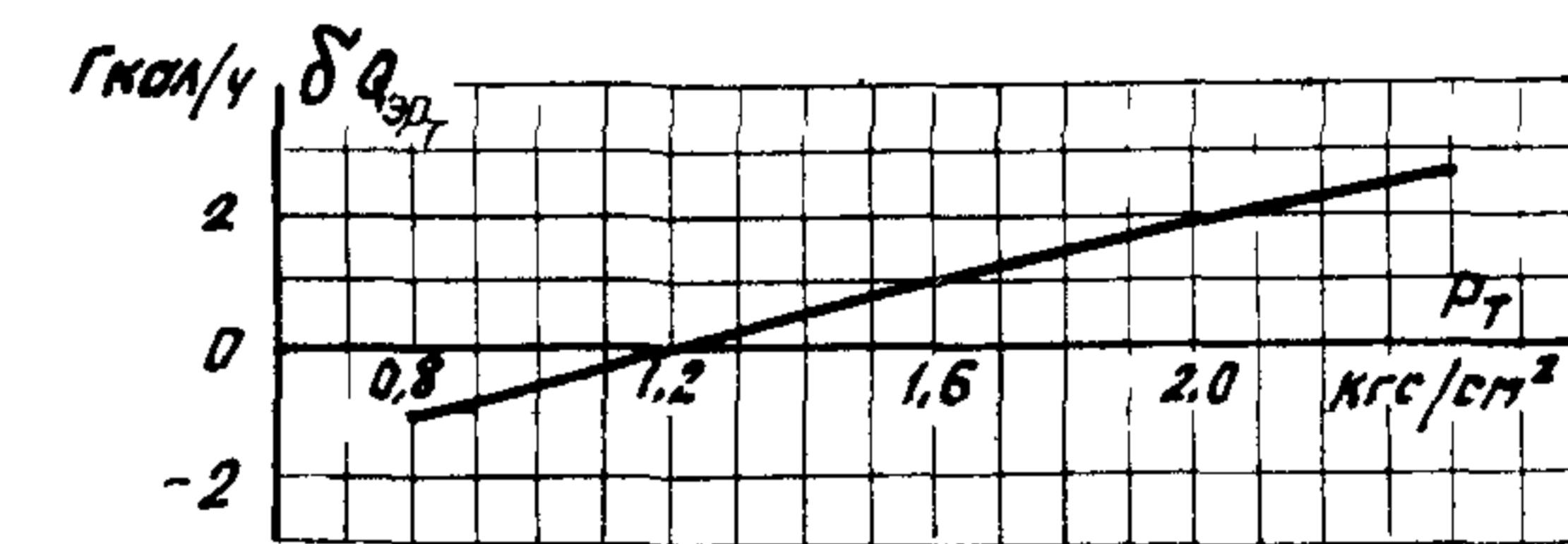
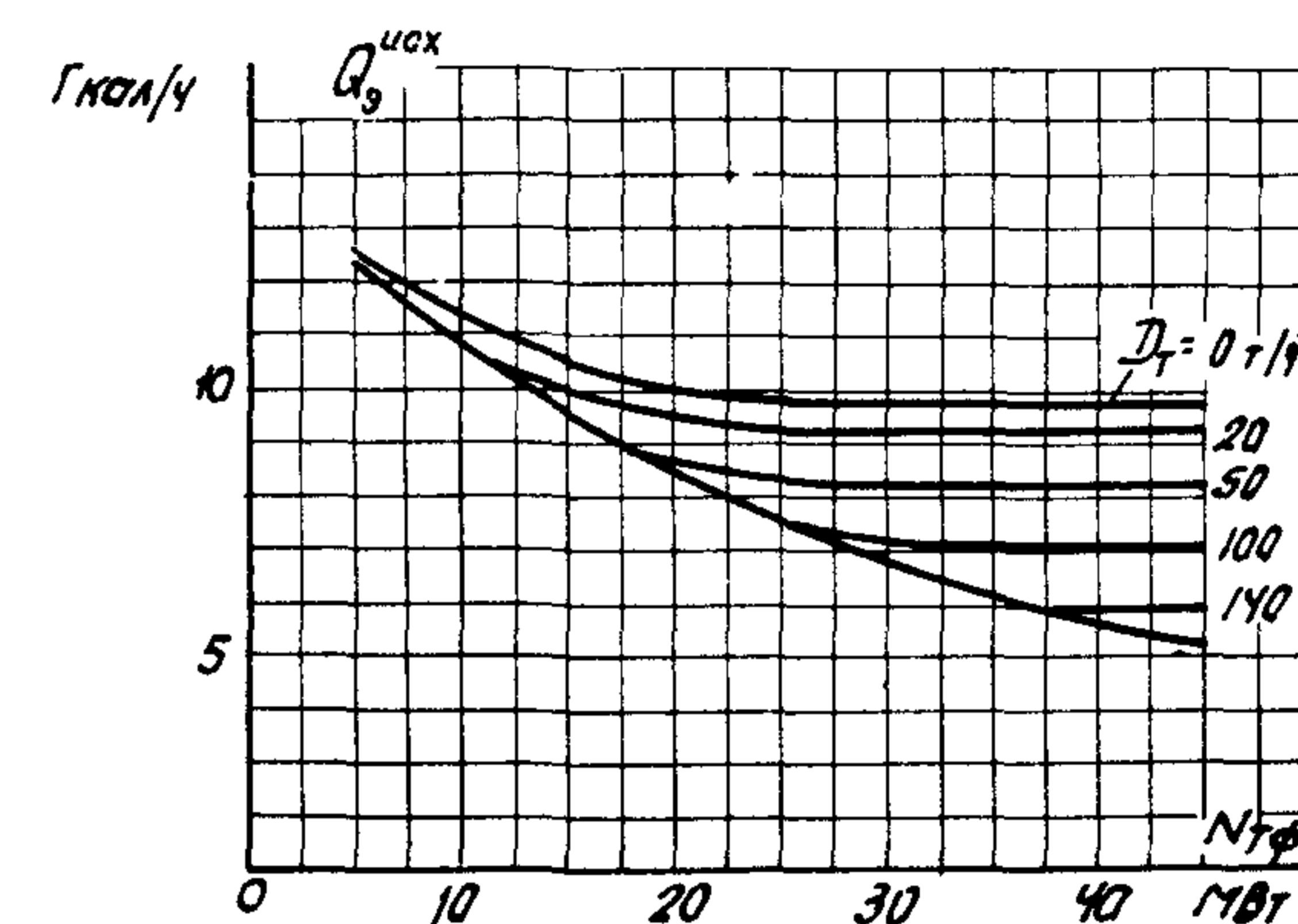
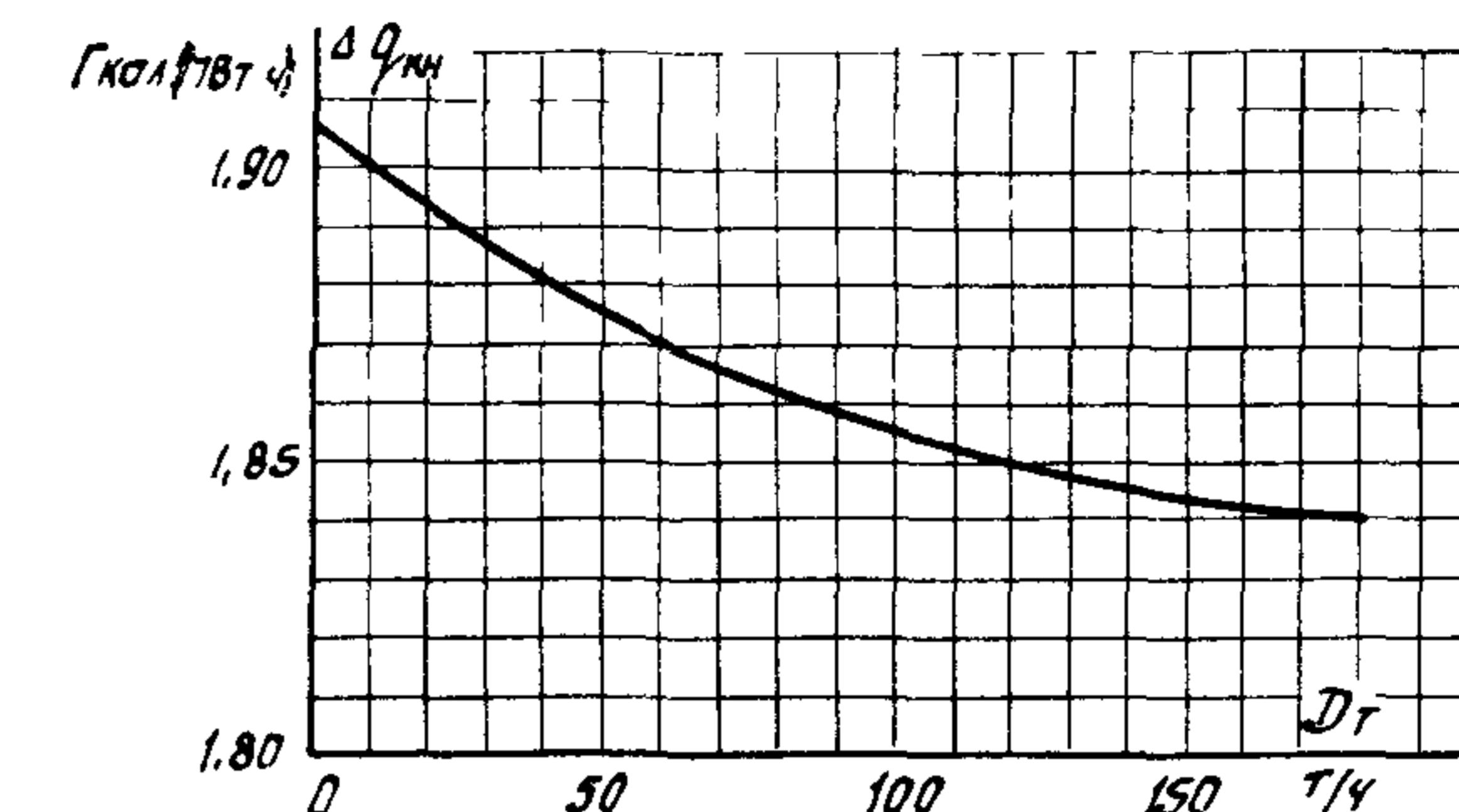
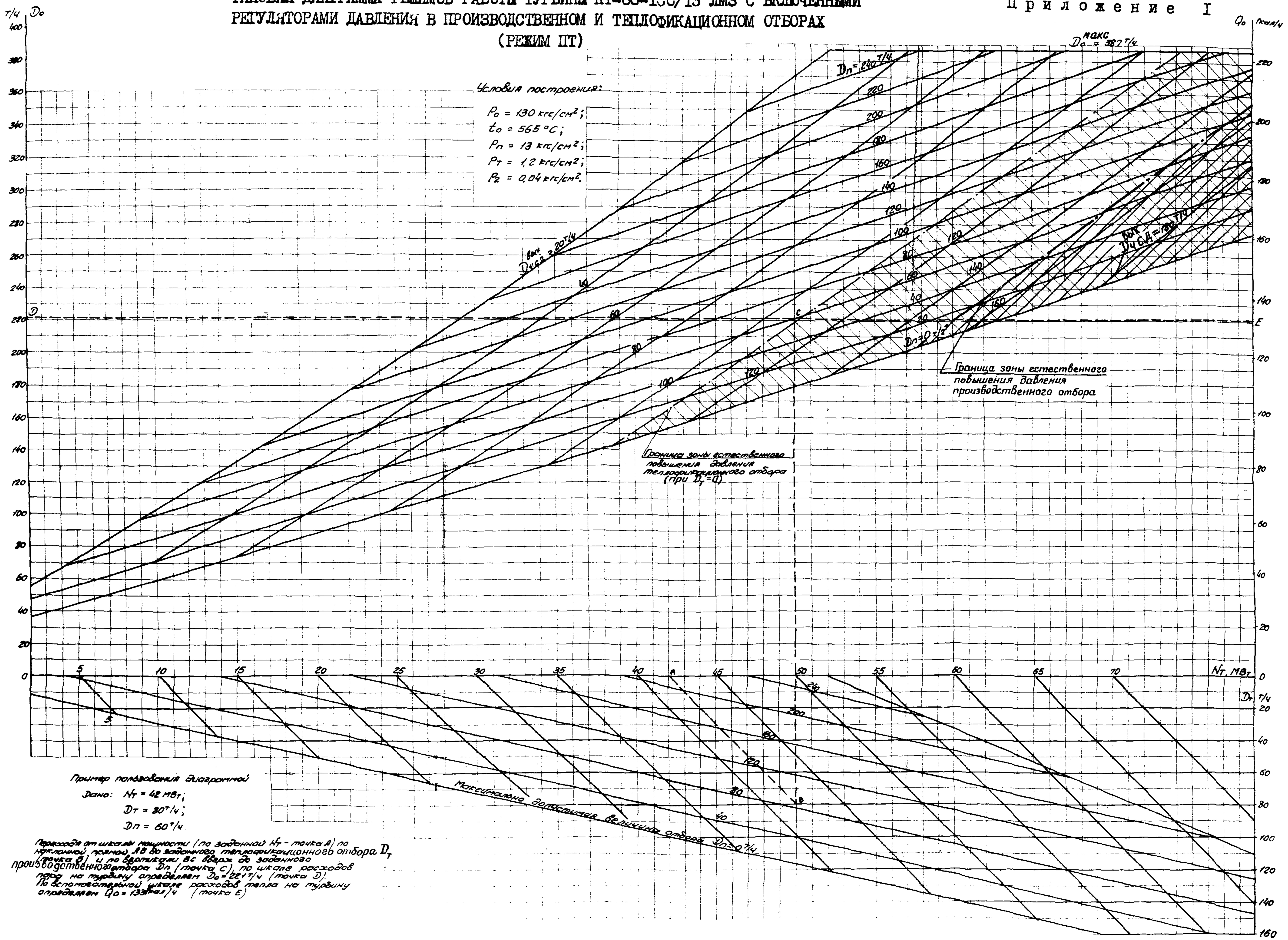


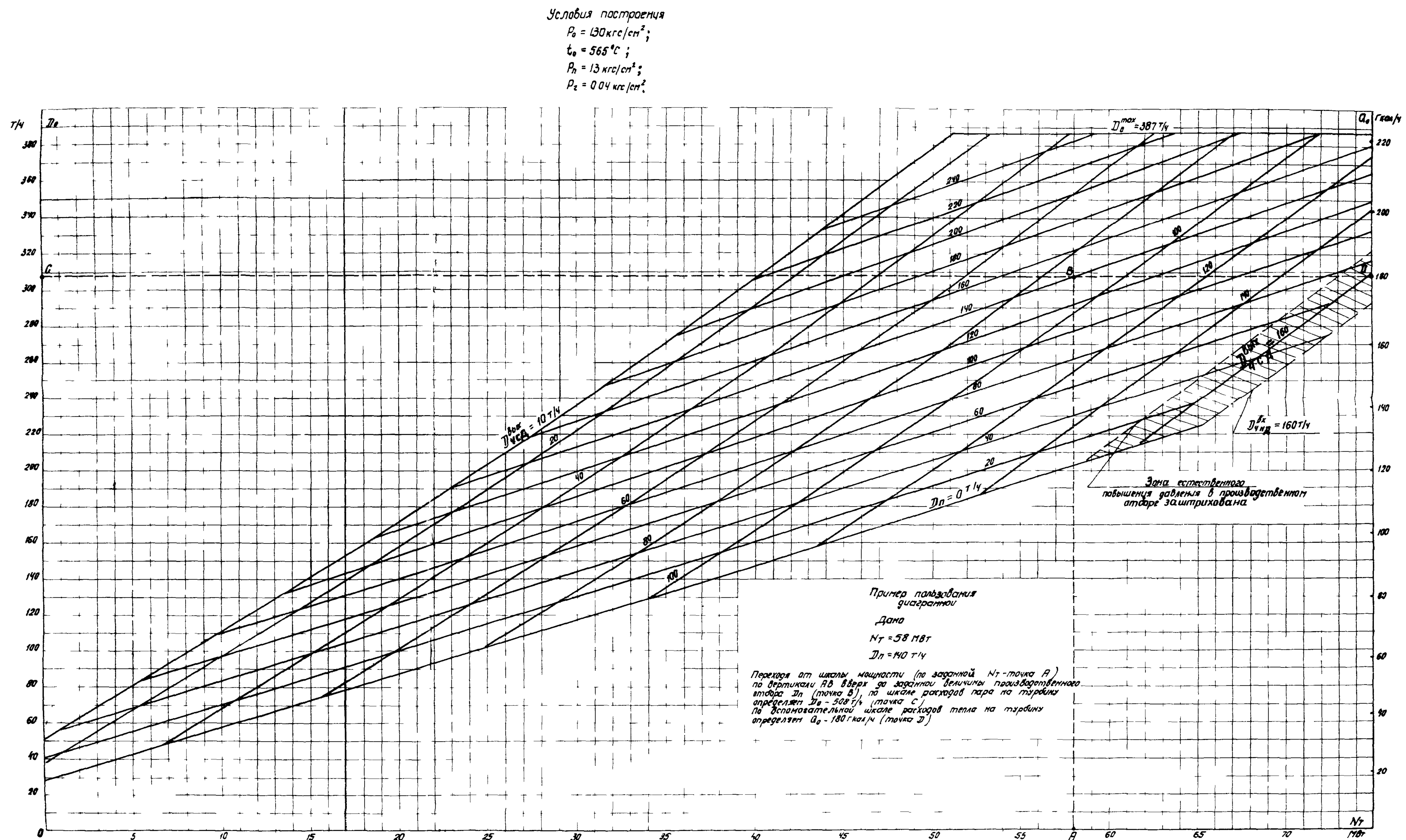
График Т-30. Параметры энергетического уравнения (9) для режима ПТ

ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ПТ-60-130/13 ЛМЗ С ВКЛЮЧЕННЫМИ  
РЕГУЛЯТОРАМИ ДАВЛЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ И ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРАХ  
(РЕЖИМ ПТ)

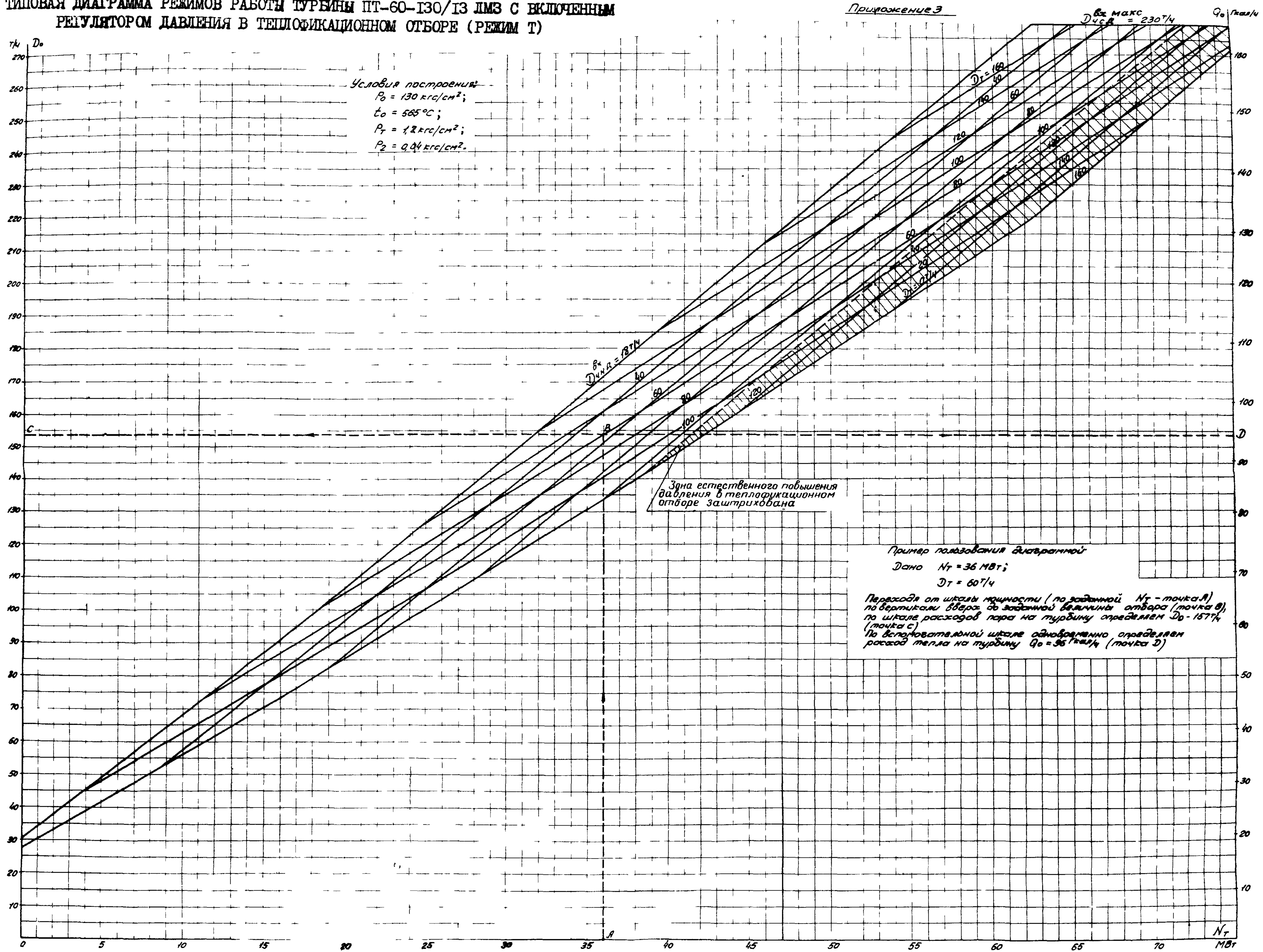
Приложение I



ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ПТ-60-130/13 ЛМЗ С ВКЛЮЧЕННЫМ РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ  
В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ОТБОРЕ (РЕЖИМ II)



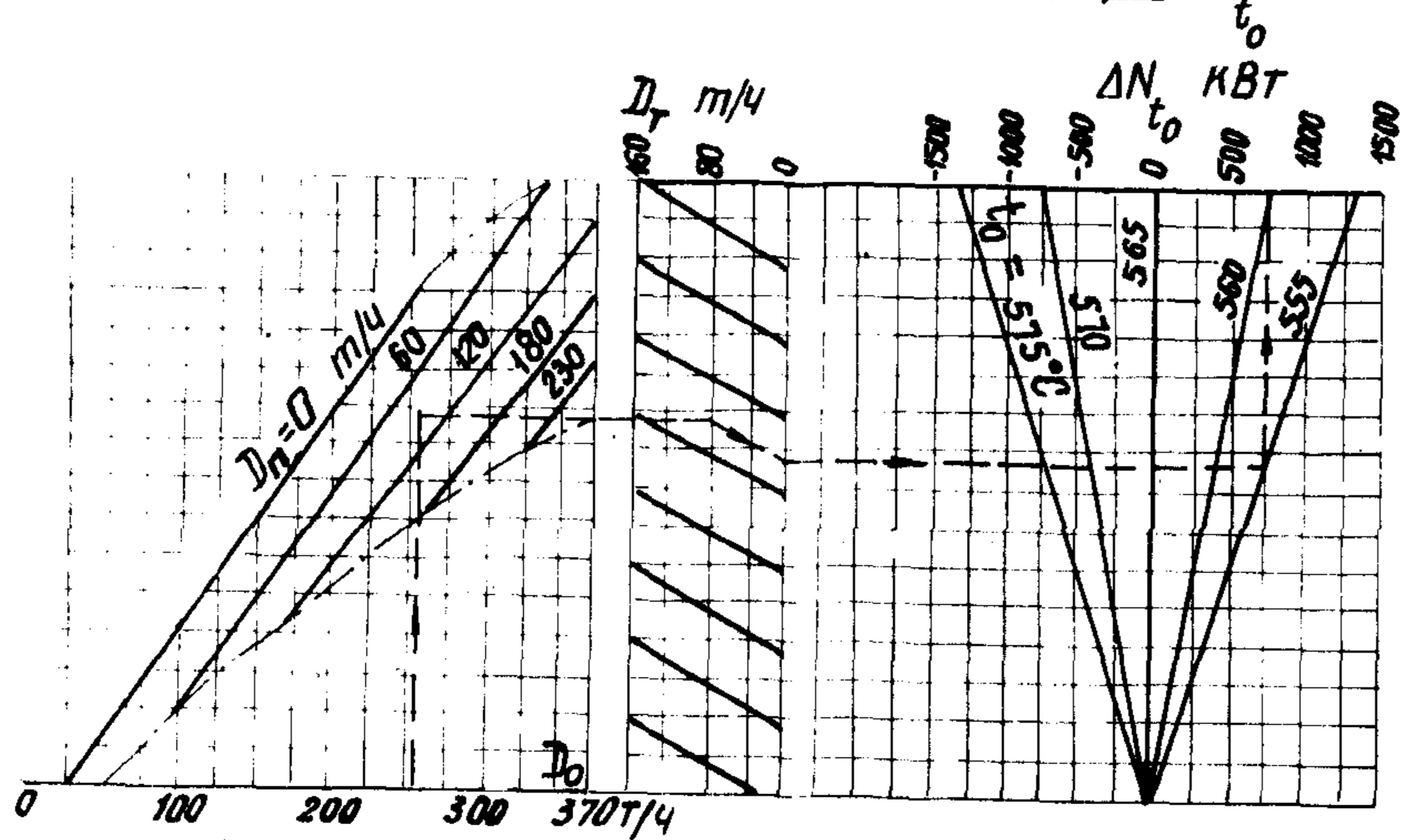
ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ТУРБИНЫ ПТ-60-130/13 ЛМЗ С ВКЛЮЧЕННЫМ  
РЕГУЛЯТОРОМ ДАВЛЕНИЯ В ТЕПЛОФИКАЦИОННОМ ОТБОРЕ (РЕЖИМ Т)



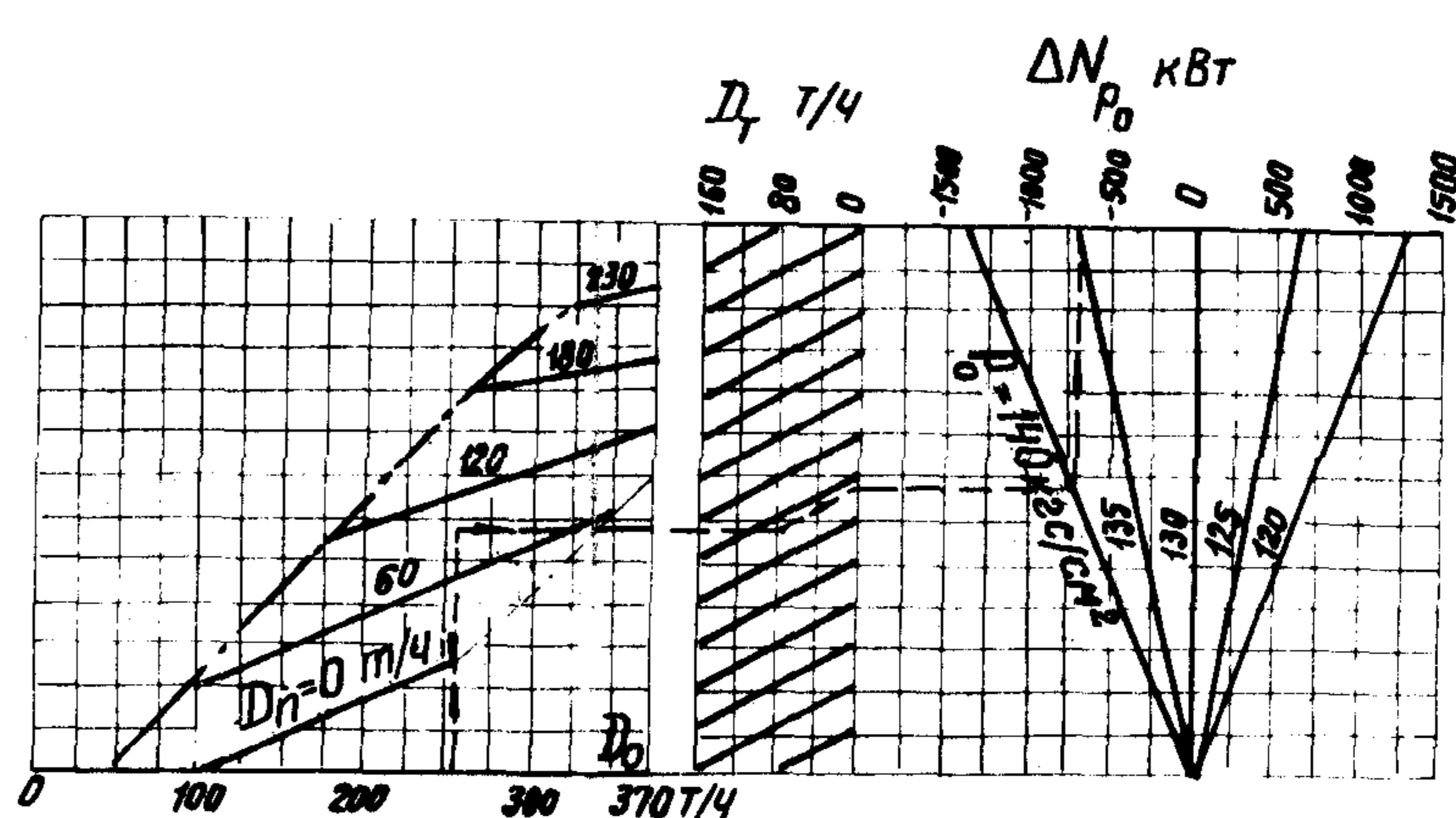
Приложение 4

ПОПРАВКИ К МОЩНОСТИ  $N_t$  НА ИЗМЕНЕНИЕ ИСХОДНЫХ УСЛОВИЙ ОТ ПРИНЯТЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ДИАГРАММ РЕЖИМОВ

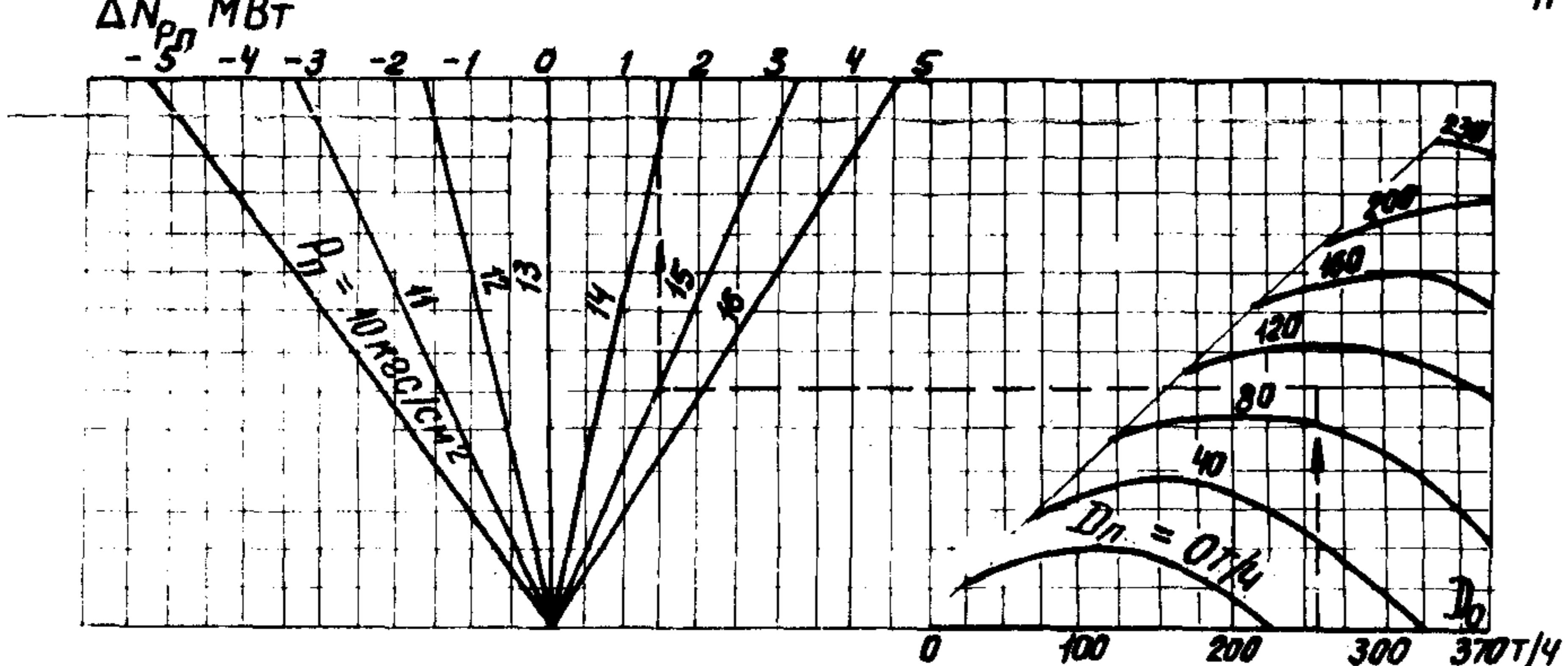
I. Поправка на температуру свежего пара  $\Delta N_{t_0}$



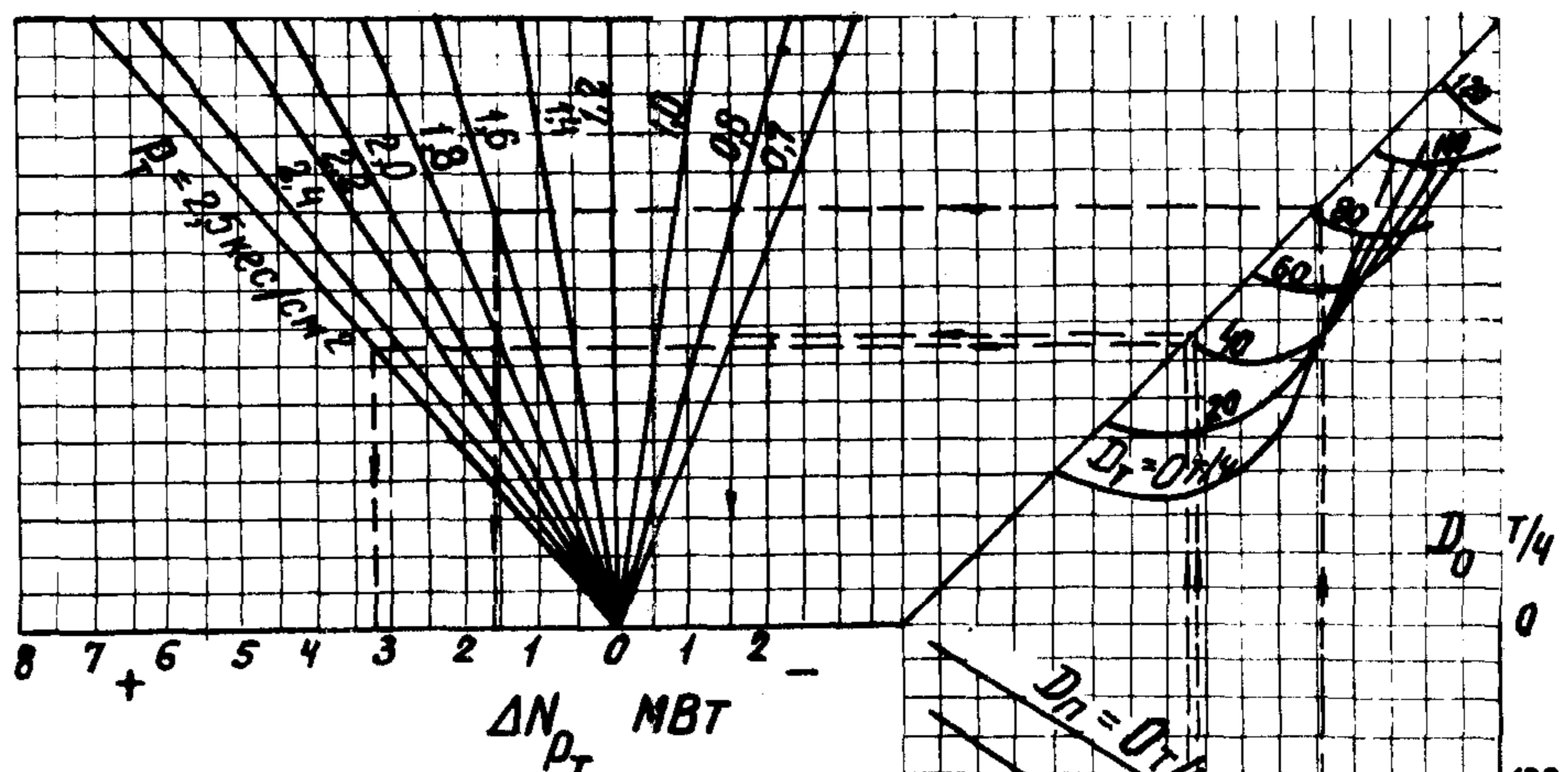
II. Поправка на давление свежего пара  $\Delta N_{p_0}$



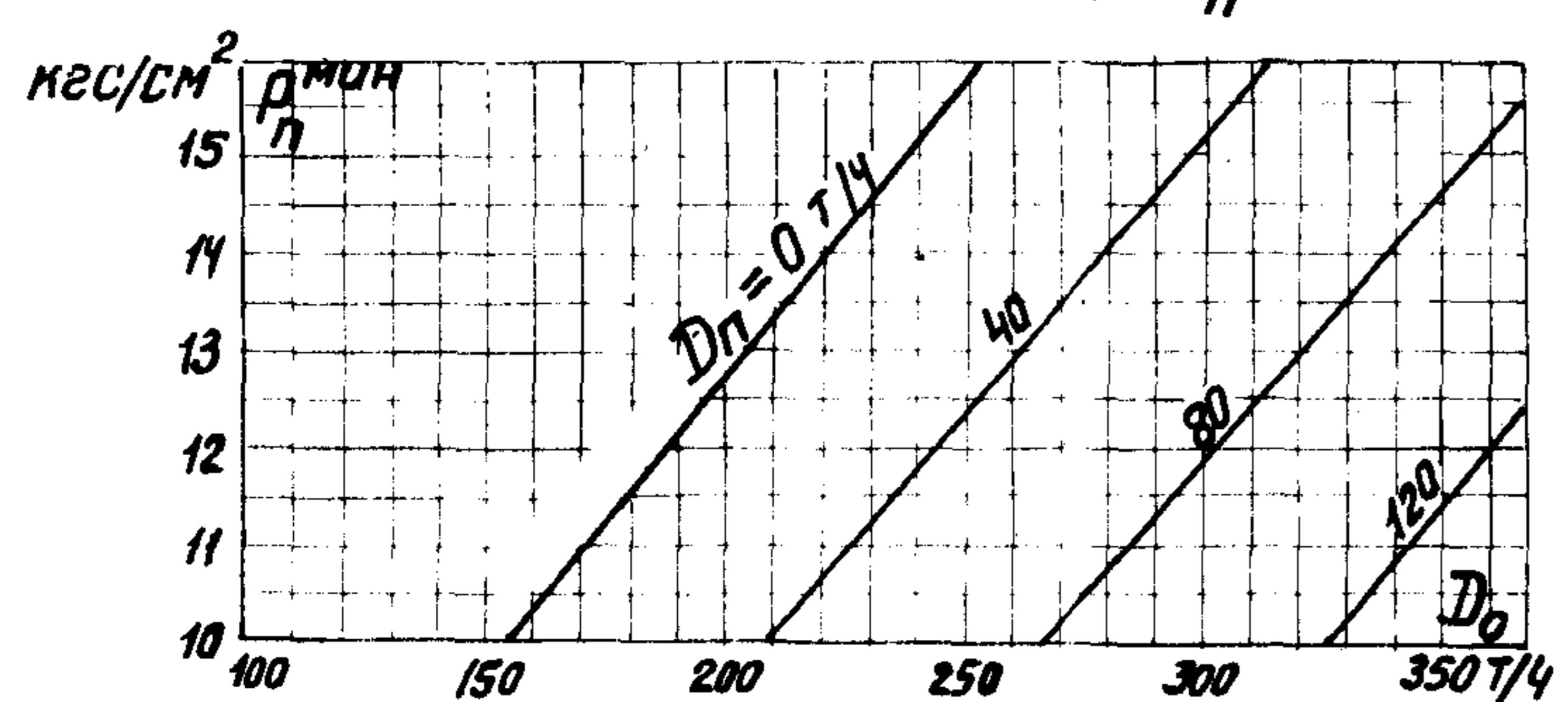
III. Поправка на давление производственного отбора  $\Delta N_{p_p}$



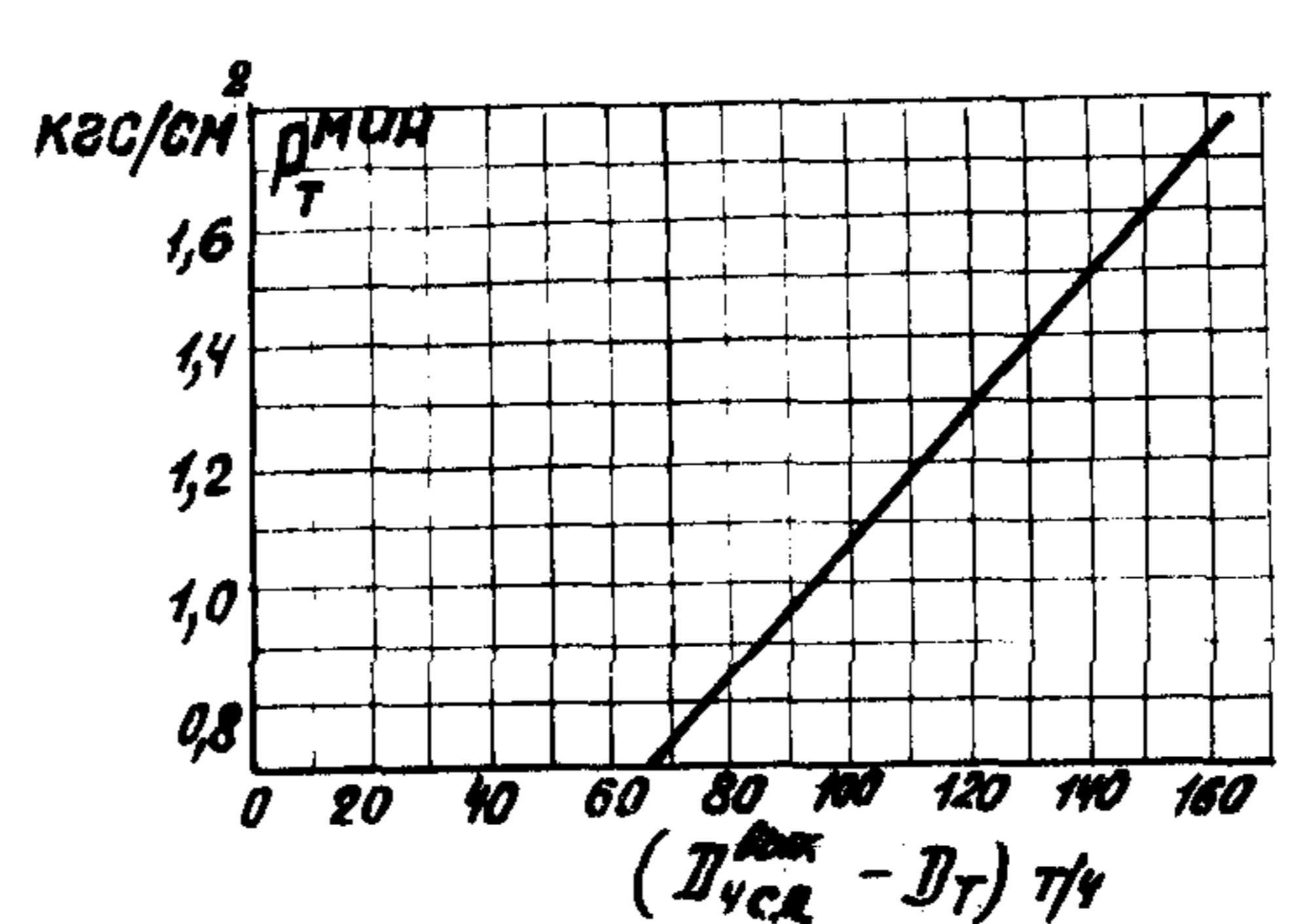
IV. Поправка на давление теплофикационного отбора  $\Delta N_{p_T}$



V. Минимально возможное давление в камере производственного отбора  $p_{\min}$



VI. Минимально возможное давление в камере теплофикационного отбора  $p_{\min}$



Примечания к кривым Ш и У:

1. Эти кривые необходимы лишь при пользовании диаграммой режимов при работе с включенными регуляторами давления в отборах.
2. Если регулируемое давление производственного отбора  $P_p$  больше или меньше 13 кгс/см<sup>2</sup>, то для каждого заданного расхода свежего пара и пары производственного отбора по кривым У определяется минимально возможное давление в камере отбора  $P_{\min}$ . Если регулируемое давление  $P_p > 13$  кгс/см<sup>2</sup>, то:
  - A. При  $P_{\min} < 13$  кгс/см<sup>2</sup> поправка  $\Delta N_{p_p}$  (кривые Ш) определяется по давлению  $P_p$ .
  - B. При  $P_{\min} > 13$  кгс/см<sup>2</sup>:
    - a)  $P_p > P_{\min}$  • Поправка  $\Delta N_{p_p}$  определяется как разность поправок, взятых при  $P_p$  и  $P_{\min}$ ;
    - b)  $P_p < P_{\min}$  • Поправку вводить не надо.
3. Если регулируемое давление  $P_p < 13$  кгс/см<sup>2</sup>, то:
  - A. При  $P_{\min} < 13$  кгс/см<sup>2</sup> поправка  $\Delta N_{p_p}$  определяется по наибольшему из давлений  $P_p$  или  $P_{\min}$ .
  - B. При  $P_{\min} \geq 13$  кгс/см<sup>2</sup> поправку вводить не надо.

Примечание к кривым ГУ и УІ.

Если регулируемое давление теплофикационного отбора больше или меньше 1,2 кгс/см<sup>2</sup>, то для каждого заданного расхода свежего пара и заданных величин производственного и теплофикационного отборов по кривым ГУ определяется поправка к диаграмме режимов. При этом в зависимости от количества пара, выходящего из ЧСД, и величины теплофикационного отбора, по кривой УІ должно быть определено минимально возможное давление  $P_{\min}$  в камере регулируемого отбора. Если  $P_T > P_{\min}$ , поправка к диаграмме режимов определяется по кривым ГУ для давления  $P_T$ . Если  $P_T < P_{\min}$ , поправка определяется по кривым ГУ для давления  $P_{\min}$ .