

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

**ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА К-100-90 (ВК-100-5) ЛМЗ**



ОГРЭС

МОСКВА 1974

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

УТВЕРЖДАЮ:

Главный инженер
Главтехуправления

18 июня 1969 г.

С.МОЛОКАНОВ

**ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ТУРБОАГРЕГАТА К-100-90 (ВК-100-5) ЛМЗ**

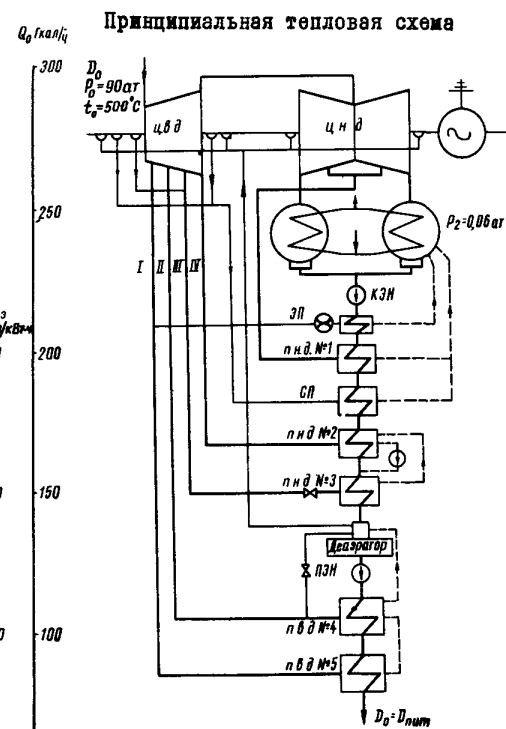
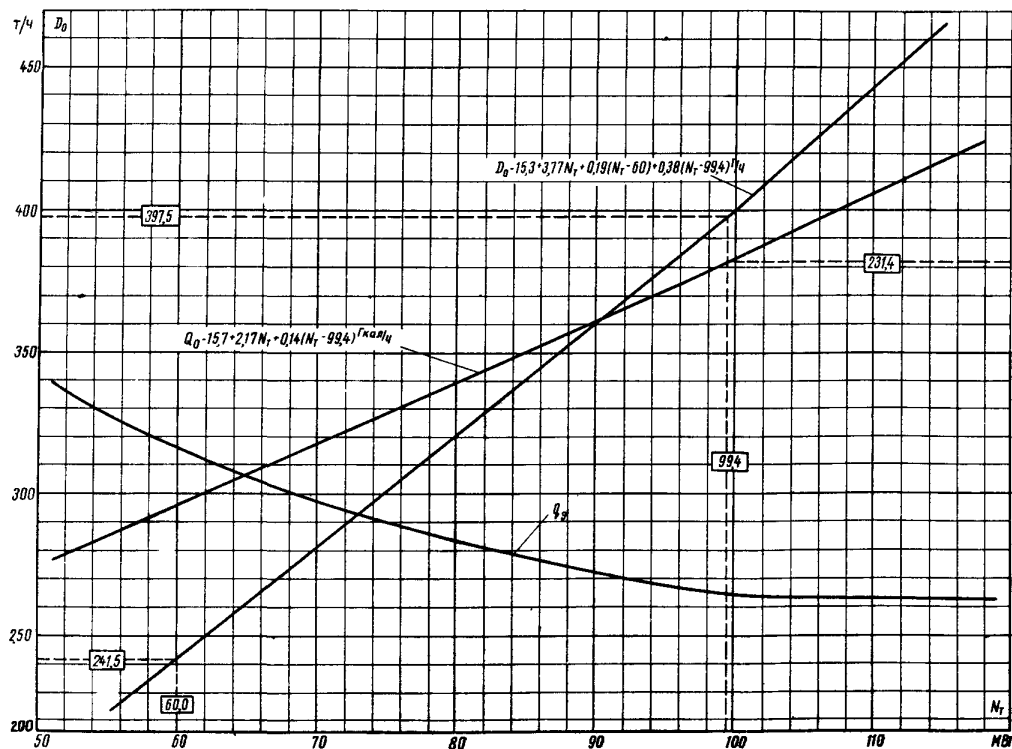
**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
МОСКВА**

1974

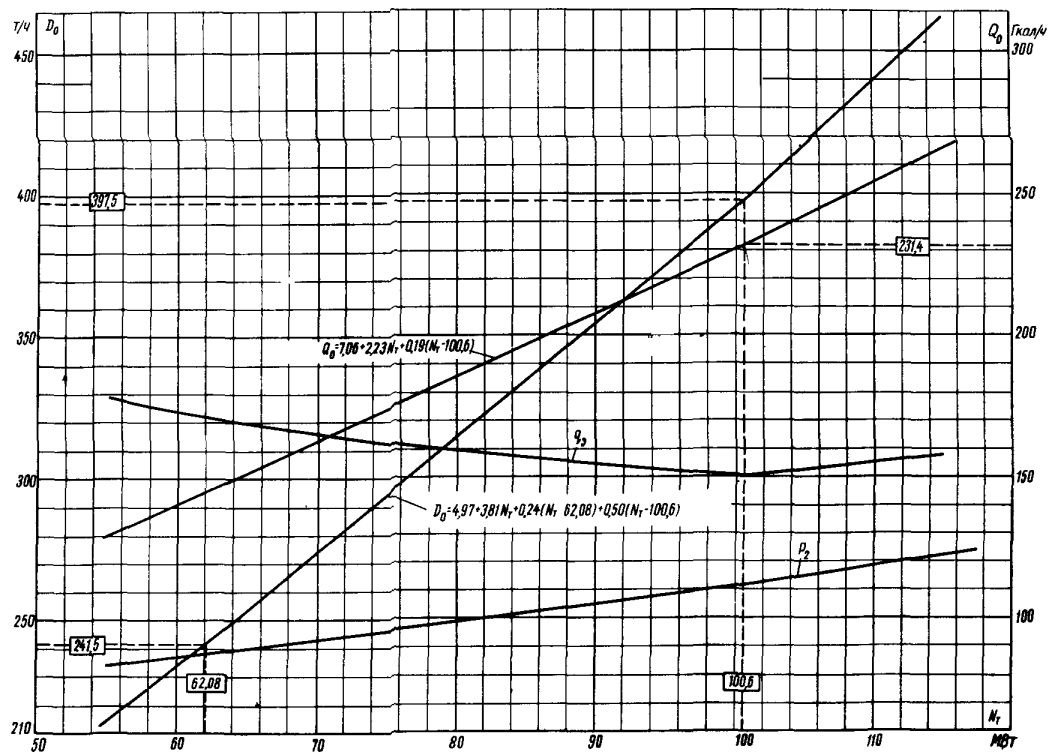
Составлено Донецким отделением ОРГРЭС

А в т о р инж. С.Д. ФЛОС

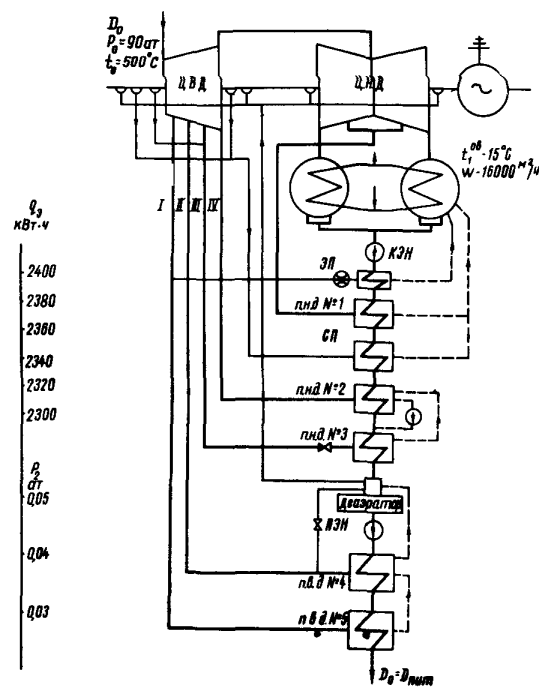
Т-I	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА						Тип К-100-90 (ВК-100-5) ЛМЗ
	РАСХОД ПАРА И ТЕПЛА ПРИ $p_2 = 0,06$ ат						
Условия характеристики							
Свежий пар		Отработавший пар		Количество пара и воды			Температура воды
p_0 ат	t_0 °C	Давление в ступенях	p_2 ат	$D_{ц.н.г.}$	D_2	$D_{пит}$	$t_{пит}, t_{к}$ °C
90	500	Графики Т-4а, 4б	0,06	$\sim 0,78 D_0$	$\sim 0,73 D_0$	D_0	Графики Т-5а, 5б
				Повышение энтальпии питательной воды в насосе $\Delta i_{пзн} = 5,3$ ккал/кг		Генератор типа ТВ-2-100-2 $\cos \varphi = 0,8$	
						Возбудитель основной на валу	



Т-2		ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА РАСХОД ПАРА И ТЕПЛА ПРИ $w = 16000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $t_1^{об} = 15^\circ\text{C}$						Тип К-100-90 (ВК-100-5) ЛМЗ			
Условия характеристики											
Свежий пар		Отработавший пар		Количество пара и воды			Температура воды	Повышение энтальпии питательной воды в насосе $\Delta i_{пэн} = 5,3 \text{ ккал/кг}$	Охлаждающая вода	Генератор типа ТВ-2-100-2 $\cos\varphi = 0,8$	Возбудитель основной на валу
$p_0 \text{ ат}$	$t_0^\circ\text{C}$	Давление в ступенях		$D_{и.нд.}$	D_2	$D_{пит}$	$t_{пит}, t_{к}^\circ\text{C}$		$W \text{ м}^3/\text{ч}$		
90	500	Графики Т-4а, 4б		$\sim 0,78 D_0$	$\sim 0,73 D_0$	D_0	Графики Т-5а, 5б	16000	15		



Принципиальная тепловая схема

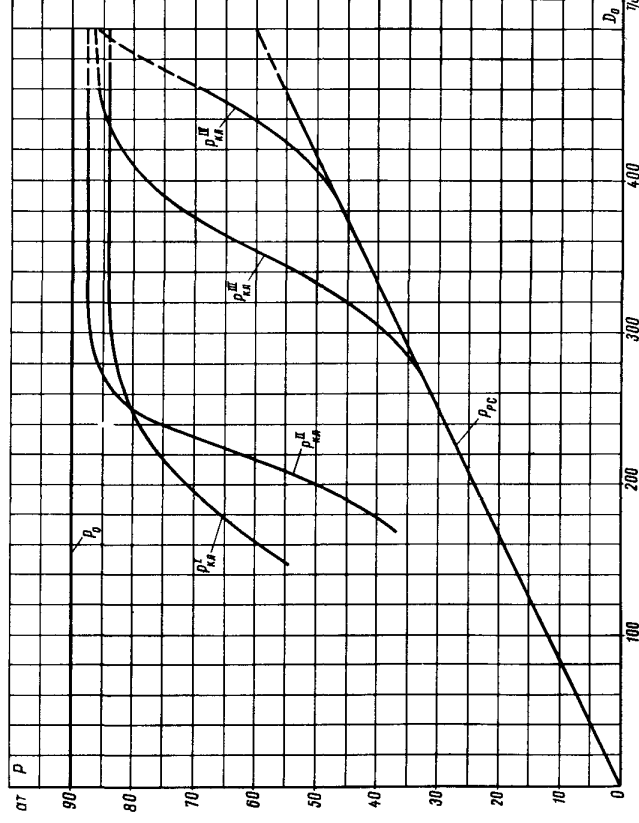


Т-3

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
 ДИАГРАММА ПАРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Тип
 Т-100-90
 (БК-100-5)
 ДМЗ

Условия: $p_0^H = 90$ ат; $t_0^H = 500$ °С

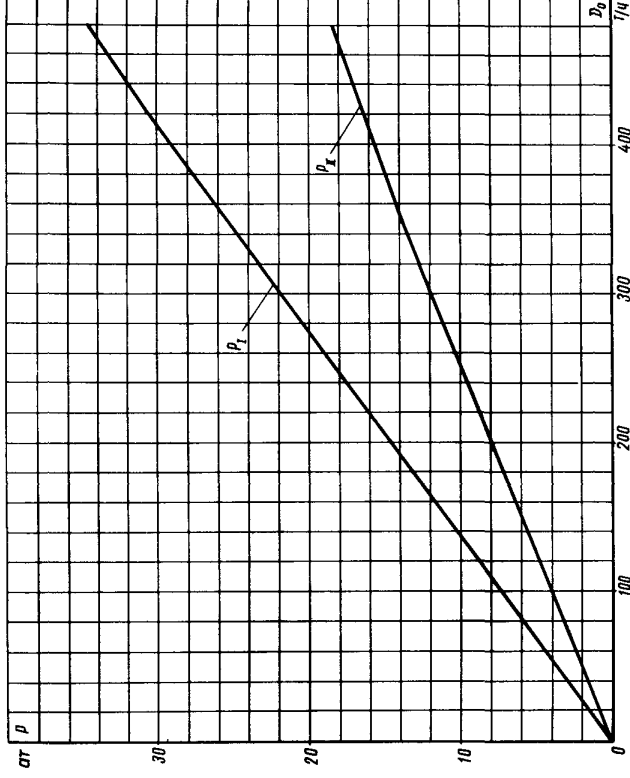


Т-4а

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
 ДАВЛЕНИЕ ПО СТУПЕНЯМ ТУРБИНЫ

Тип
 Т-100-90
 (БК-100-5)
 ДМЗ

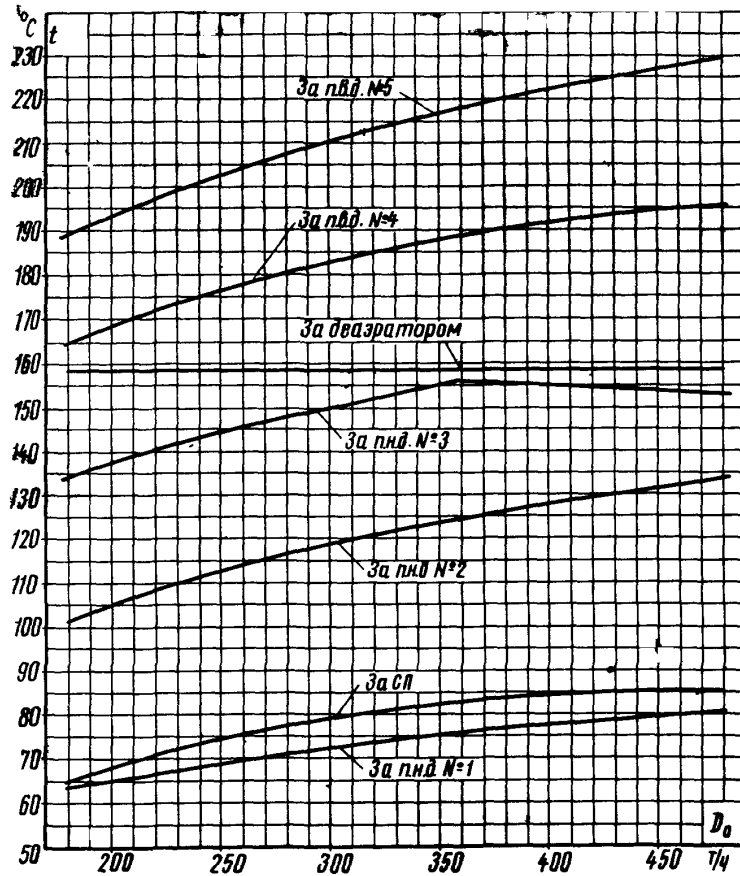
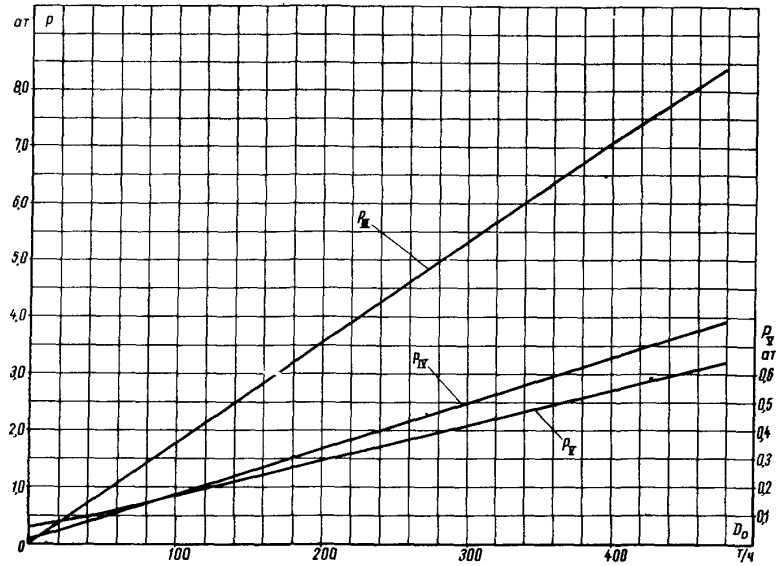
Условия: $p_0 = 90$ ат; $t_0 = 500$ °С; $D_{лит} = D_0$; $t_{лит} \cdot t_k$ - графики Т-5а, 5б
 Регенерация включена полностью по нормальной схеме



Т-4с	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ДАВЛЕНИЕ ПО СТУПЕНЯМ ТУРБИНЫ	Тип	Т-5а	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА ТЕМПЕРАТУРА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ И КОНДЕНСАТА	Тип К-100-90 (ВК-100-5) ЛМЗ
		К-100-90 (ВК-100-5) ЛМЗ			

Условия: $P_0 = 90 \text{ ат}$; $t_0 = 500^\circ\text{C}$; $D_{\text{пит}} = D_0$;
 $t_{\text{пит}}$, $t_{\text{к}}$ - графики Т-5а, 5б
 Регенерация включена полностью по
 нормальной схеме

Условия: $D_{\text{пит}} = D_0$

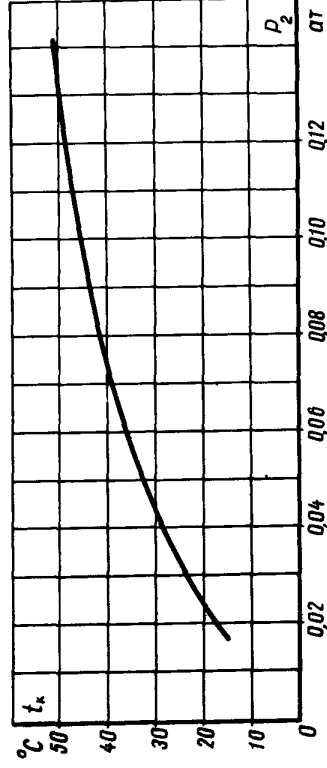


Т-56

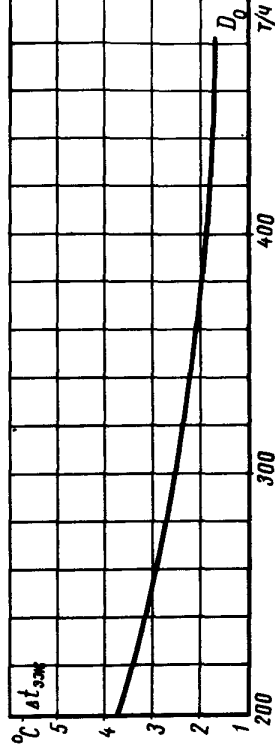
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ТЕМПЕРАТУРА ОСНОВНОГО КОНДЕНСАТА

Тип
К-100-90
(БК-100-6)
ДМС

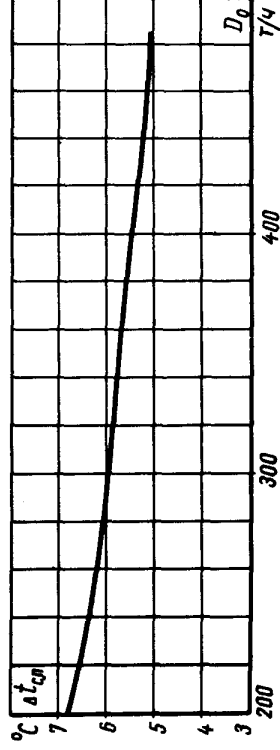
Температура конденсата после конденсатора



Нагрев конденсата в холодильнике
основного эжектора



Нагрев конденсата в сальниковом подогревателе

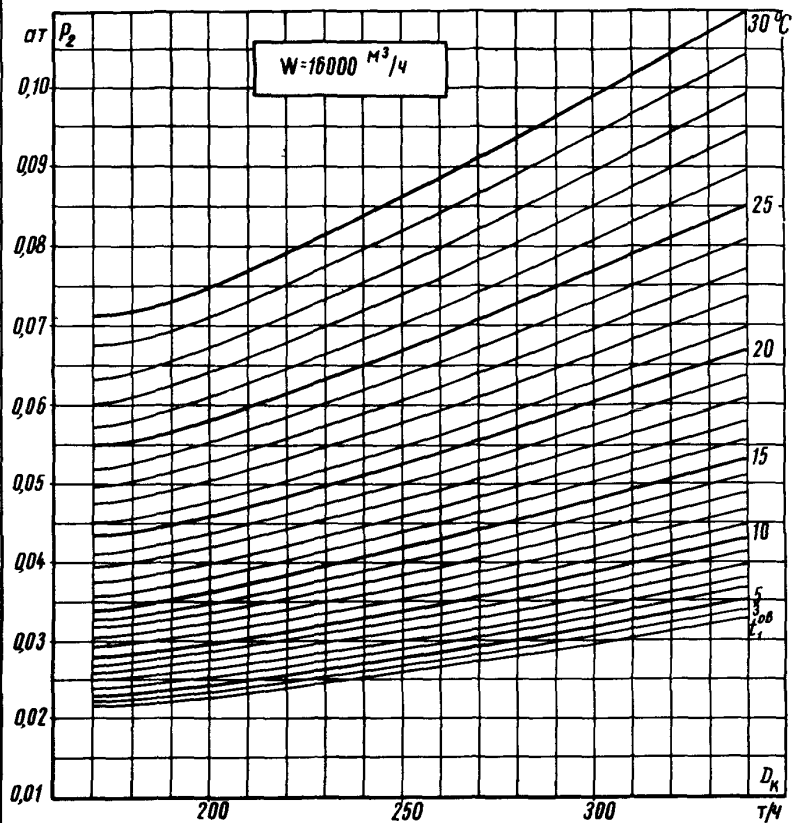


T-6

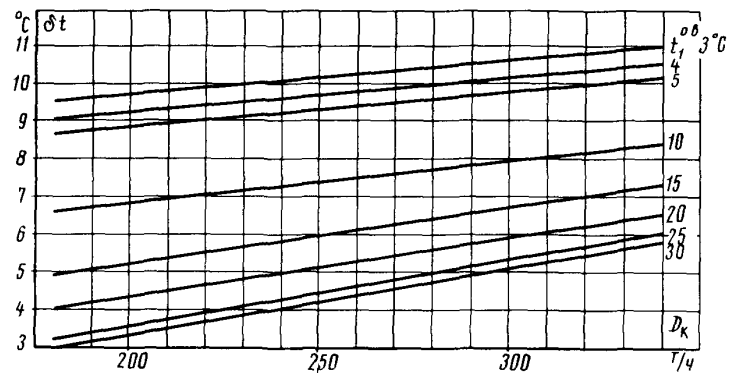
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ КОНДЕНСАТОРА ТИПА 100-КЦС-2 ЛМЗ

Тип
К-100-90
(ВК-100-5)
ЛМЗ

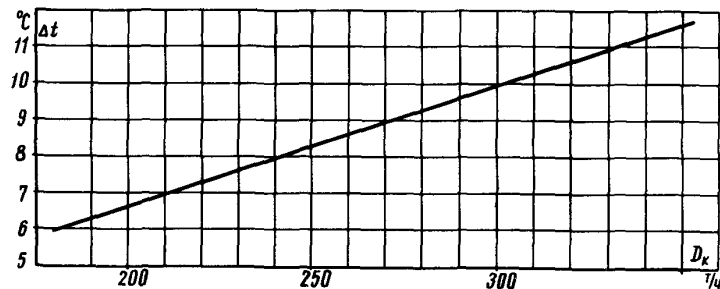
Абсолютное давление в конденсаторе в зависимости от расхода отработавшего пара и температуры охлаждающей воды



Температурный напор



Нагрев воды в конденсаторе

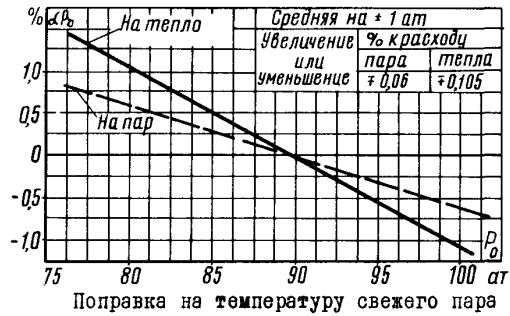


T-7a

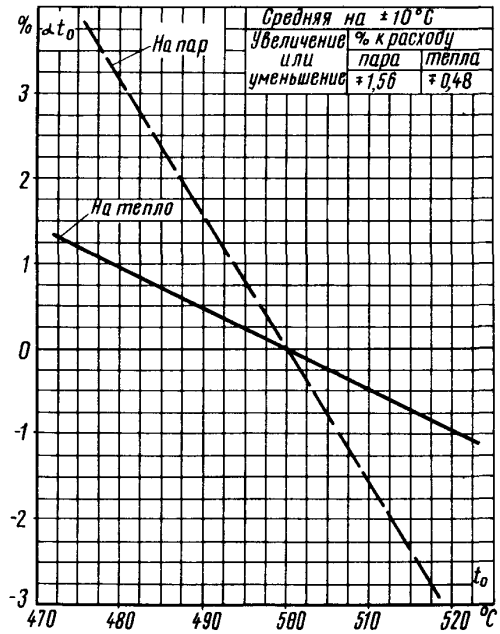
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА
ПОПРАВКИ К РАСХОДУ ПАРА И ТЕПЛА НА ОТКЛОНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТ НОМИНАЛЬНЫХ

Тип
К-100-90
(ВК-100-5)
ЛМЗ

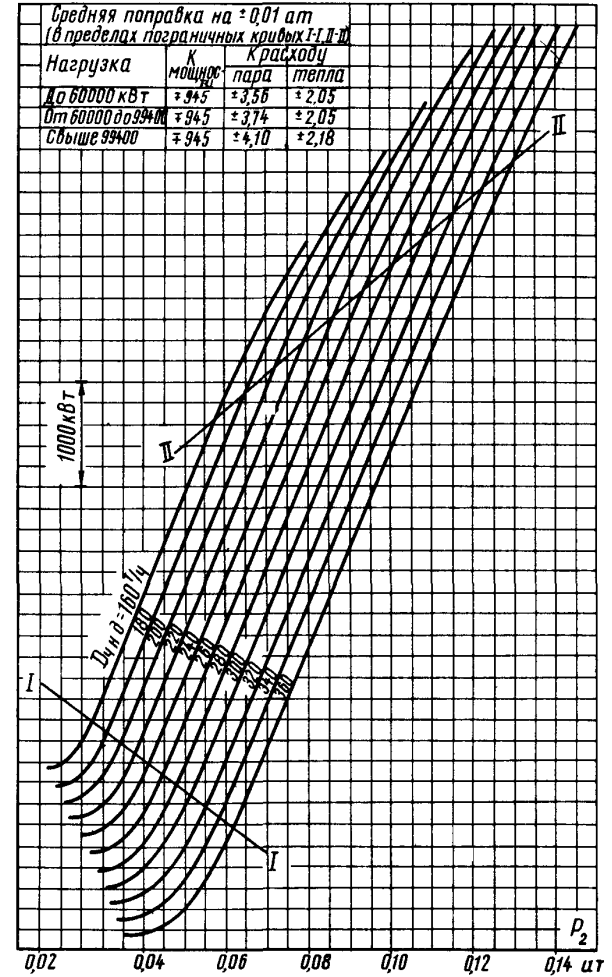
Поправка на давление свежего пара



Поправка на температуру свежего пара



Сетка поправок на вакуум



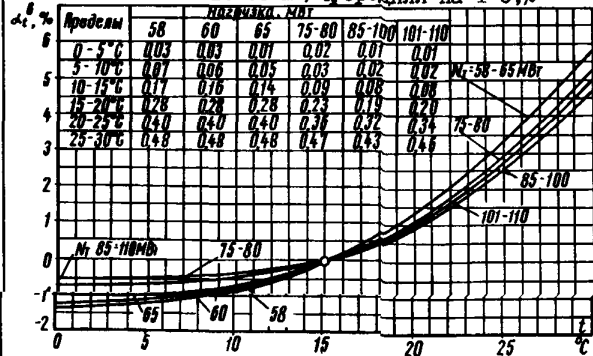
T-76

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА

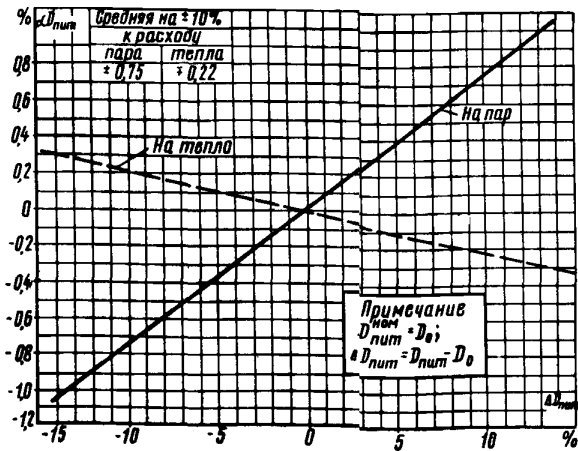
Тип
K-100-90
(BK-100-5)
ЛМЗ

ПОПРАВКИ К РАСХОДУ ПАРА И ТЕПЛА НА ОТКЛОНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТ НОМИНАЛЬНЫХ

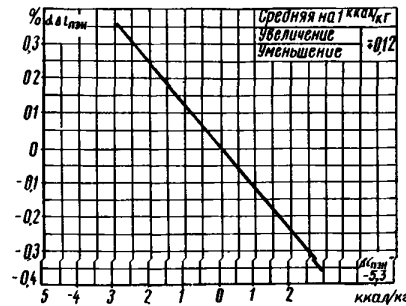
Поправка на температуру входящей охлаждающей воды к расходу пара и тепла при $t_{об}^{об} = 15^{\circ}\text{C}$ и $W = 16000 \text{ м}^3/\text{ч}$, средняя на $t_{\text{C}}, \%$



Поправка на отклонение расхода питательной воды через п.в.д.

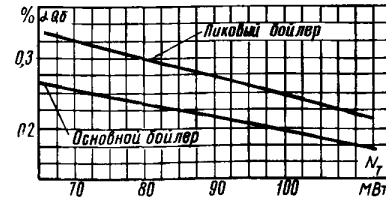


Поправка к расходу пара и тепла на изменение нагрева воды в питательном электронасосе

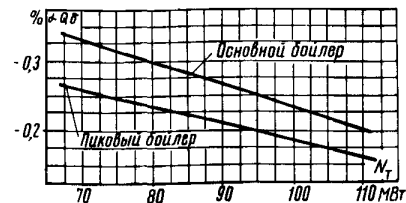


Поправка на отпуск I Гкал/ч бойлерной установкой

а) К расходу пара

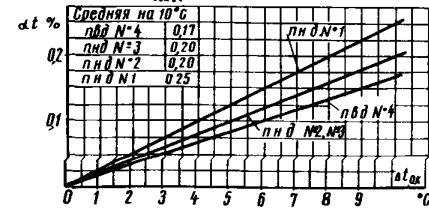


б) К расходу тепла

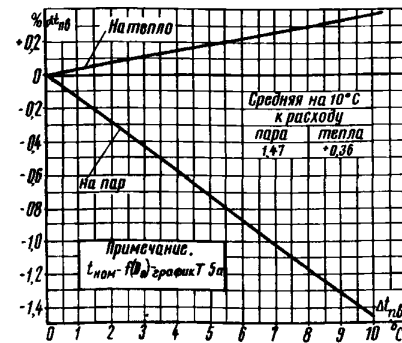


Поправка к расходу пара и тепла на недогрев конденсата и питательной воды

$t_{\text{ном}} = f(D_{\text{с}})$ - график T-5а



Поправка на недогрев питательной воды в п.в.д. № 5



ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА К-100-90 (ВР-100-5)									
№ п.п.	Наименование норм	Типовой график	По расходу пара			По расходу тепла			Турбинный ДВС
			Единица измерения	До I излома	После I излома	После II излома	Единица измерения	До излома	
I	Характеристика при постоянном давлении (вакуум) в конденсаторе	Т-1							
1	Часовой расход холодного хода		т/ч	15,3			Гкал/ч	15,7	
2	Дополнительный удельный расход (прирост)		т/МВт·ч	3,77	3,96	4,34	Гкал/МВт·ч	2,17	2,31
3	Малом характеристика		т/ч	241,5	397,5		Гкал/ч	231,4	
			МВт	60,0	99,4		МВт	99,4	
4	Условия характеристики:								
	а) давление свежего пара и по ступеням	Т-4в, Т-4б	ат	90				90	
	б) температура свежего пара		°С	500				500	
	в) давление отработавшего пара в конденсаторе		ат	0,06				0,06	
	г) температура питательной воды	Т-5в, Т-5б							$D_{пит} = D_0$
	д) количество питательной воды								$D_{пит} = D_0$
II	Характеристика при постоянном расходе и температуре охлаждающей воды: $W = 16000 \text{ м}^3/\text{ч}$; $t_{од} = 15^\circ\text{C}$ и параметрах П-4	Т-2							
5	Часовой расход холодного хода		т/ч	4,97			Гкал/ч	7,06	
6	Дополнительный удельный расход (прирост)		т/МВт·ч	3,81	4,05	4,55	Гкал/МВт·ч	2,23	2,42
7	Малом характеристика		т/ч	241,5	397,5		Гкал/ч	231,4	
			МВт	62,08	100,6		МВт	100,6	
8	Давление (вакуум) отработавшего пара в конденсаторе	Т-6							
III	Поправки на отклонение параметров:	Т-7							
	а) на I ат свежего пара:		%	±0,06			%	±0,105	
	б) на I ат свежего пара:		%	±1,4			%	±0,32	
	в) на ±0,01 ат отработавшего пара в конденсаторе в пределах дельта I-I - II-II графика		кВт	±945			кВт	±945	
	г) на ±10°С питательной воды		т	3,56	5,74	4,10	Гкал	2,05	2,18
	д) на ±10% питательной воды		%	±1,47			%	±0,36	
	е) на I°С охлаждающей воды в % к расходу пара и тепла		%	±0,75			%	±0,22	
	Нагрузка, МВт		58	60	65	75-80	85-100	101-110	
	Пределы температуры воды:								
	0-5°С		0,03	0,03	0,010	0,02	0,01	0,01	
	5-10°С		0,07	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02	
	10-15°С		0,17	0,16	0,14	0,09	0,08	0,08	
	15-20°С		0,28	0,28	0,28	0,23	0,19	0,20	
	20-25°С		0,40	0,40	0,40	0,36	0,32	0,34	
	25-30°С		0,48	0,48	0,48	0,47	0,43	0,46	

Даты изготовления установки характеристики		ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА "НЕТТО" ГРЭС _____ РУ _____ ГЛАВ _____					Тип К-100-90 (ВК-100-5) ЛМЗ
Условия характеристики:							
1. Параметры и тепловая схема-график Т-1							
2. Напор циркуляционных насосов - 15 м вод.ст.							
Мощность на клеммах генератора, МВт	50	65	90	100	105	110	
Расход электроэнергии на собственные нужды, МВт	1,17	1,19	1,25	1,28	1,29	1,30	
Мощность "нетто", МВт	48,83	63,81	88,75	98,72	103,71	108,70	
Изменение мощности "нетто", МВт	14,98		24,94		4,99		
Расход тепла турбоагрегатом, Гкал/ч	124,200	156,750	211,000	232,784	244,334	255,884	
Расход тепла на собственные нужды, Гкал/ч	0,51						
Полный расход тепла турбоагрегатом, Гкал/ч	124,71	157,26	211,51	233,294	244,844	256,394	
Изменение полного расхода тепла, Гкал/ч	32,55		54,25		11,55		
Относительный прирост полного расхода тепла, Гкал/МВт·ч	2,173		2,175		2,315		
Средний относительный прирост полного расхода тепла, Гкал/МВт·ч	2,174			2,315			
Расход тепла холостого хода, Гкал/ч	18,56						
Уравнение расхода тепла по мощности "нетто", Гкал/ч	$Q'_g = 18,56 + 2,174 N_T^H + 0,141 (N_T^H - 98)$						
Поправка к расходу тепла на изменение напора циркуляционных насосов, %							
Напор насосов, м вод.ст.	Мощность "нетто", МВт						
	50	65	90	100	105	110	
5	-1,12	-0,90	-0,66	-0,64	-0,62	-0,58	
10	-0,56	-0,45	-0,33	-0,32	-0,31	-0,29	
15	0	0	0	0	0	0	
20	0,56	0,45	0,33	0,32	0,31	0,29	

Типовая энергетическая характеристика¹ отражает среднюю экономичность турбоагрегата К-100-90/ВК-100-5/ЛМЗ после капитального ремонта, работающего при номинальных параметрах пара, полностью включенной регенерации высокого и низкого давлений и при следующих условиях:

- при нагрузках ниже 89 МВт деаэратор 6 ат* питается паром П отбора, а при нагрузках выше 89 МВт нормальный режим работы деаэратора обеспечивается понижением температуры основного конденсата, поступающего в деаэратор после п.н.д. № 3;

- испарительная и бойлерная установки отключены;
- внешние потребители пара регенеративных отборов отключены.

На отклонение условий эксплуатации турбоагрегата от принятых для построения типовой энергетической характеристики даны поправочные кривые (графики Т-7):

- к расходу свежего пара при постоянной мощности;
- к расходу тепла (к удельному расходу тепла) при постоянной мощности.

Характеристики турбоагрегата в условиях эксплуатации определяются введением к основным зависимостям типовой энергетической характеристики $Q_0 = f_1(N_T)$; $D_0 = f_2(N_T)$; $q_0 = f_3(N_T)$, как "брутто", так и "нетто", соответствующих поправок на переход от условий построения типовой характеристики к эксплуатационным условиям.

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

При введении поправок на отклонение параметров и тепловой схемы турбоагрегата от номинальных необходимо учитывать следующее:

¹ При составлении характеристики использована $i - S$ -диаграмма ВТИ (Госэнергоиздат, 1958).

*Здесь и ниже в приложении, а также в графиках приводится абсолютное давление.

1. Поправка к расходу пара и тепла на температуру входящей охлаждающей воды справедлива только при работе турбоагрегата с $W = 16000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

2. Номинальное повышение энтальпии питательной воды в питательном насосе составляет 5,3 ккал/кг, что соответствует расходу электроэнергии на подачу 1 т воды 6,84 кВт.ч/т. Изменение повышения энтальпии питательной воды в насосе на 1 ккал/кг соответствует изменению удельного расхода электроэнергии на подачу питательной воды на 1,3 кВт.ч/т.

3. Работа испарительной установки при подаче химически очищенной воды в схему турбоагрегата с $t_x = 40^\circ\text{C}$ и подогреве дистиллята испарительной установки в схеме регенерации турбоагрегата приводит на каждые 10 т/ч производительности при сохранении мощности турбины к:

- увеличению расхода пара турбиной, $\Delta D_0 = 1,2 \text{ т/ч}$;
- уменьшению расхода тепла турбиной, $\Delta Q_0 = 1,1 \text{ Гкал/ч}$.

Указанные поправки к расходу пара и тепла следует вводить, если работа испарительной установки вызвана отпуском котлом пара внешнему потребителю и на собственные нужды или продувкой котла, а также наличием потерь пара и воды в схеме соседних турбоагрегатов.

При наличии на станции потерь пара и воды следует иметь в виду, что уменьшение потерь на 1 т/ч обеспечивает в среднем экономии 60 кг условного топлива (Инструкция и методические указания по нормированию удельных расходов топлива на тепловых электростанциях. БТИ ОРГРЭС, 1966).

П р и м е р. Определить расход тепла турбоагрегатом "брутто" если $N = 100 \text{ МВт}$, $P_2 = 0,04 \text{ ат}$, расход электроэнергии на подачу питательной воды $\mathcal{E}_{п.н.} = 5,84 \text{ кВт.ч/т}$; испарительная установка включена, $D_{исп} = 20 \text{ т/ч}$.

1. По графику Т-1 определяются расходы пара и тепла при номинальных условиях

$Q_0 = 232,784$ Гкал/ч; $D_0 = 400,1$ т/ч; $D_{чн\delta} = 0,78$ $D_0 = 313$ т/ч.
 2. По графику Т-7 при $D_{чн\delta} = 313$ т/ч определяется $\Delta N_{p_2} = 1,34$ МВт (от 0,06 до 0,04 ат).

По графику Т-1 определяется изменение расхода тепла турбоагрегатом при изменении мощности на 1,34 МВт (от 100 МВт до 100 - 1,34 = 98,66 МВт)

$$\Delta Q_{p_2} = -1,34 \cdot 2,17 - 0,14 \cdot 0,6 = -2,994 \text{ Гкал/ч};$$

$$\alpha Q_{p_2} = -\frac{2,994}{232,784} = -1,29\%$$

$$3. \mathcal{E}_{пн}^H = 6,84 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}; \quad \Delta \mathcal{E}_{пн} = -1 \text{ кВт}\cdot\text{ч/т}.$$

Определяется уменьшение прироста энтальпии питательной воды в питательном насосе

$$\Delta (\Delta i_{пн}) = -\frac{1}{1,3} = -0,77 \text{ ккал/кг}.$$

По графику Т-7 определяется увеличение расхода тепла турбоагрегатом

$$\alpha Q_{\Delta i_{пн}} = 0,12 \cdot 0,77 = 0,09\%.$$

4. Уменьшение расхода тепла турбоагрегатом из-за работы испарительной установки

$$\Delta Q_{исп} = -1,1 \cdot \frac{D_{исп}}{10} = -1,1 \cdot \frac{20}{10} = -2,2 \text{ Гкал/ч};$$

$$\alpha Q_{исп} = -\frac{2,2 \cdot 100}{232,784} = -0,94\%.$$

5. Определяется суммарное изменение расхода тепла турбоагрегатом

$$\sum \alpha Q = \alpha Q_{p_2} + \alpha Q_{\Delta i_{пн}} + \alpha Q_{исп} = -1,29 + 0,09 - 0,94 = -2,14\%.$$

6. Определяется расход тепла турбоагрегатом при указанных условиях его работы

$$Q_a^{приб} = Q_0 \left(1 + \frac{\sum \alpha Q}{100}\right) = 232,784 \left(1 - \frac{2,14}{100}\right) = 227,802 \text{ Гкал/ч}.$$

Типовая энергетическая характеристика "нетто" турбоагрегата М-100-90(ВК-100-5) ДМЗ построена для следующих условий:

- параметры и тепловая схема установки - график Т-1;
- напор, развиваемый циркуляционными насосами - 15 м вод.ст;

- расход циркуляционной воды - 16000 м³/ч;
- к.п.д. циркуляционного насоса - 70%;
- расход тепла на собственные нужды турбоагрегата составляет 0,51 Гкал/ч (0,2% от расхода тепла турбоагрегатом при номинальной мощности);

- расход электроэнергии на собственные нужды турбоагрегата учитывает работу насосов (циркуляционного, конденсатного, подъемного п.н.д. № 2, газоохладителей), затраты на электроцех и освещение, равные 20 кВт, а также потери в трансформаторах собственных нужд, равные 3%.

Расход тепла "нетто" турбоагрегатом определяется следующим аналитическим выражением:

$$Q_3' = 18,56 + 2,174 N_T^H + 0,141 (N_T^H - 98) \text{ Гкал/ч}. \quad (I)$$

При отличии напора, развиваемого циркуляционными насосами, от принятого за номинальный (15 м вод.ст.) к полному расходу тепла "нетто" вводится поправка, приведенная в Типовой энергетической характеристике турбоагрегата "нетто"

Пользование характеристикой "нетто" и поправками к расходу тепла "нетто" на изменение напора циркуляционных насосов поясняется на следующем примере.

Мощность турбоагрегата $N_T^H = 100$ МВт, напор, развиваемый циркуляционными насосами, $H_H = 20$ м вод.ст. Определить расход тепла турбоустановкой "нетто".

1. Определяем по уравнению (I) расход тепла "нетто" при $H_H = 15$ м вод.ст.

$$Q_3 = 236,242 \text{ Гкал/ч}.$$

2. Определяем поправку к расходу тепла "нетто" $\alpha Q_{HT} = 0,32\%$.

3. Расход тепла "нетто" при напоре циркуляционных насосов 20 м вод.ст.

$$Q_{320}' = 236,242 \left(1 + \frac{0,32}{100}\right) = 236,998 \text{ Гкал/ч}.$$

При определении нормы расхода тепла с помощью типовой энергетической характеристики, кроме поправок на отклонение условий работы турбоагрегата от номинальных, вводится допуск на ухудшение состояния оборудования в межремонтный период. Величина указанного допуска определяется "Инструкцией и методическими указаниями по нормированию удельных расходов топлива на тепловых электростанциях".

Типовая энергетическая характеристика турбоагрегата К-100-90 (БК-100-5) ЛМЗ
Издание Специализированного центра научно-технической информации ОРГРЭС
Ответственный редактор Н.А.Натансон

Редактор Р.Н.Лейтман

Техн. редактор Г.Д.Глазова

Корректор Л.Ф.Петрухина

1,31 уч.-изд.л.
Л 54035

Цена 13 коп.

(258/74) Заказ № 101/70

Подписано к печати 22/IV 1974 г.

Тираж 1500 экз.

Ротапринт СЦНТИ ОРГРЭС

109432, Москва, Ж-432, 2-й Кожуховский проезд, д.29, корп.6