

УТВЕРЖДАЮ:  
Заместитель начальника  
Главтехуправления

Д. Л. ГАМАРАКОВ  
30.08.82 г.

ТИПОВАЯ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
КОТЛА И-39  
ПРИ СЖИГАНИИ  
ЖИВАСТУЗСКОГО КАМЕННОГО УГЛЯ  
ТХ 34-70-003-83

Р А З Р А Б О Т А Н О предприятием Уралтехэнерго ПО "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И Ю.З.ЗАХАРОВ, Р.С.МИШУЛИН

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

Заместитель начальника

Д.Я.ШАМАРАКОВ

© СЮ Союзтехэнерго, 1983.

Ответственный редактор Т.П.Леонова  
Литературный редактор З.И.Игнаткова  
Технический редактор Е.Н.Бевза  
Корректор К.И.Миронова

---

л 852:83	Подписано к печати 14.03.83	Формат 60x84 1/16
Печ. л. 2,25	(усл.-печ.л. 2,09) Уч.-изд.л. 1,8	Тираж 50 экз.
Заказ № 64/83	Издат. № 206/82	Цена 27 коп.

---

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

Участок оперативной полиграфии СЮ Союзтехэнерго  
117292, Москва, ул.Ивана Габушкина, д.23, корп.2

(УЛК 62I.16-166.5(083.75)

Типовая энергетическая характеристика котла П-39  
при сжигании экибастузского каменного угля

ТХ 34-70-000-83

Срок действия установлен  
с 01.01.1983 г.  
до 01.01.1993 г.

Типовая энергетическая характеристика котла П-39 составлена на основании результатов испытаний, анализа проектных и фактических показателей работы этих котлов на Рефтинской и Ермаковской ГЭС и отражает технически достижимую экономичность котла.

Типовая энергетическая характеристика может служить основой для составления нормативных характеристик котлов П-39 на отдельных электростанциях при сжигании экибастузского каменного угля.

Показатель	Нагрузка котла, т/ч (%)				
	570(60)	665(70)	760(80)	855(90)	950(100)
Т а б л и ц а I					
ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА					
Условия характеристики и основные показатели котла					
Тип П-39					
Топливо: экибастузский уголь (ГОСТ 8779-79)					
Характеристика топлива на рабочую массу:					
$Q_{H}^p = 16,4 \text{ МДж / кг (3900 } \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} \text{); } A^p = 40,3\%; W^p = 5,8\%$					
Нагрузка котла, т/ч (%)					
Показатель					
570(60)   665(70)   760(80)   855(90)   950(100)					
1. Температура холодного воздуха на входе в дутьевой вентилятор до врезки рециркуляции $t_{х.в}$ , °С	30				
2. Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель $t'_{вн}$ , °С	35				
3. Температура питательной воды $t_{п.в}$ , °С	$\Delta t_{прн} = 9$ 242   249   256,5   262   268				
4. Коэффициент избытка воздуха в режимном сечении (за ПЗ) $\alpha$	1,26	1,25	1,25	1,25	1,25
5. Присосы воздуха на тракте ПЗ - воздухоподогреватель $\Delta\alpha$	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25
6. Содержание горючих в уносе $\Gamma_{ун}$ , %	1,6				
7. Содержание горючих в шлаке $\Gamma_{шл}$ , %	1,5				
8. Температура уходящих газов за воздухоподогревателем $t_{уш}$ , °С	120,5	123,5	127	131	135
9. Потери тепла с уходящими газами $q_2$ , %	6,06	5,86	6,01	6,21	6,38
10. Потери тепла с химической неполнотой сгорания $q_3$ , %	0				
11. Потери тепла с механической неполнотой сгорания $q_4$ , %	1,40				
12. Потери тепла в окружающую среду $q_5$ , %	0,67	0,58	0,51	0,45	0,4
13. Потери тепла с физическим теплом шлака $q_6$ , %	0,07				
14. Коэффициент полезного действия brutto $\eta_{бр}^p$ , %	81,80	82,0	82,01	81,88	81,76

Показатель	Нагрузка котла, т/ч (%)				
	570(60)	665(70)	760(90)	855(90)	950(100)
Т а б л и ц а 2 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА					
Поправки и вспомогательные зависимости					
Тип Т-30					
I. Поправки к $\eta_k^{бр}$ (%) на отклонение:					
I.1. зольности на рабочую массу на $\pm 1\%$	±0,067				
I.2. влажности топлива на рабочую массу на $\pm 1\%$	+ 0,0362				
I.3. температура холодного воздуха на $\pm 10^\circ\text{C}$	±0,55	±0,54	±0,53	±0,52	±0,51
I.4. температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель на $\pm 10^\circ\text{C}$	+0,315	+0,306	+0,302	+0,296	+0,29
I.5. подогрева воздуха рециркуляцией (включение рециркуляции) на $\pm 10^\circ\text{C}$	+0,217	+0,214	+0,212	+0,209	+0,207
I.6. температуры питательной воды на $\pm 10^\circ\text{C}$	±0,055				
2. Поправки к температуре уходящих газов ( $^\circ\text{C}$ ) на отклонение:					
2.1. температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель на $\pm 10^\circ\text{C}$	+5				
2.2. температуры подогрева воздуха рециркуляцией (включение рециркуляции) на $\pm 10^\circ\text{C}$	-3,5				
2.3. температуры питательной воды на $\pm 10^\circ\text{C}$	±1,2				
3. Поправка к $q_2$ на отклонение зольности на рабочую массу на $\pm 1\%$	±0,007				
4. Поправка к $q_4$ на отклонение зольности на рабочую массу на $\pm 1\%$	±0,06				
5. Вспомогательные зависимости					
5.1. Теплопроизводительность котла брутто $Q_k^{бр}$ , МВт (Гкал/ч)	436(375)	506(435)	564(485)	634(545)	698(600)
5.2. Расход пара промперегрева $D_{пп}$ , т/ч	488	567	643	720	800
5.3. Расход топлива $B$ , т/ч	104,2	120	136	152,4	169,6
5.4. Мощность, потребляемая мельницами $N_M$ , кВт	1920	2040	2200	2430	2680
5.5. Мощность, потребляемая дымососами $N_d$ , кВт	760	910	1000	1430	1860
5.6. Мощность, потребляемая дутьевыми вентиляторами $N_{дв}$ , кВт	560	660	760	960	1240
5.7. Мощность, потребляемая вентиляторами горячего дутья $N_{гд}$ , кВт	540	560	600	620	660
5.8. Мощность, потребляемая бустерными насосами $N_{бн}$ , кВт	470	520	560	560	620
5.9. Мощность, потребляемая мельничными вентиляторами $N_{мв}$ , МВт	880	880	880	880	880
5.10. Мощность привода питательного турбонасоса $N_{пн}$ , МВт	6,5	7,5	8,7	10,1	11,6
5.11. Удельный расход электроэнергии на тягу и дутье $\mathcal{E}_{тд}$ , кВт·ч/т	2,60	2,61	2,71	3,03	3,47
5.12. Удельный расход электроэнергии на пылеприготовление $\mathcal{E}_{пп}$ , кВт·ч/т	23,0	20,0	19,26	18,79	18,53

Таблица 3	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА			Тип П-39	
	Сравнение данных типовой характеристики с данными теплового расчета				
	Показатель	Типовая характеристика	Таволской расчет		
П-39-1			П-39-2		
1. Производительность котла $D_k$ , т/ч	950	950	950		
2. Давление перегретого пара $p_{пе}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	25,5(255)	25,5(255)	25,5(255)		
3. Температура перегретого пара $t_{пе}$ , °С	545	565	565		
4. Расход пара промперегрева $D_{пп}$ , т/ч	760	760	760		
5. Давление пара до промперегрева $p_{пп}^I$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	41,0(410)	41,0(410)	41,5(415)		
6. Давление пара после промперегрева $p_{пп}^{II}$ , МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	37,0(370)	39,5(395)	39,5(395)		
7. Температура пара до промперегрева $t_{пп}^I$ , °С	330	330	330		
8. Температура пара после промперегрева $t_{пп}^{II}$ , °С	545	570	570		
9. Температура питательной воды $t_{п.в}$ , °С	268	265	265		
10. Температура холодного воздуха $t_{х.в}$ , °С	30	30	30		
11. Температура воздуха перед воздухоподогревателем $t_{вп}^I$ , °С	35	30	30		
12. Коэффициент избытка воздуха в режимном сечении (за ПЗ) $\alpha$	1,25	1,19	1,24		
13. Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{ух}$	1,50	1,32	1,40		
14. Температура уходящих газов $t_{ух}$ , °С	135,0	138,0	130,5		
15. Потери тепла с уходящими газами $q_2$ , %	6,38	5,80	5,60		
16. Потери тепла с химической неполнотой сгорания $q_3$ , %	0	0,5	0,5		
17. Потери тепла с механической неполнотой сгорания, $q_4$ , %	1,4	1,5	1,5		
18. Потери тепла в окружающую среду $q_5$ , %	0,4	0,3	0,3		
19. Потери тепла с физическим теплом шлака $q_6$ , %	0,07	0,21	0,23		
20. Коэффициент полезного действия брутто $\eta_k^{бр}$ , %	91,76	91,69	91,87		

## I. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

I.1. Котел П-39 - прямоточный двухкорпусный, предназначен для сжигания калиброванного каменного угля и для работы в дубль-блоке с турбиной К-300-240 ХТГЗ.

Номинальная паропроизводительность котла 950 т/ч, минимально допустимая нагрузка по условиям устойчивости горения без подсветки факела мазутом составляет, по данным завода, 60% номинальной.

Основные расчетные параметры котла приведены в табл.3.

I.2. Каждый корпус котла имеет Т-образную компоновку и состоит из топочной камеры и двух конвективных шахт, соединенных в верхней части горизонтальным газоходом. Топочная камера в плане представляет собой прямоугольник с размерами 7762x10760 мм. Объем топочной камеры - 2260 м<sup>3</sup>. Тепловое напряжение топки на номинальной нагрузке составляет 167 кВт/м<sup>3</sup>, или (145·10<sup>9</sup> ккал/(м<sup>3</sup>·ч)).

I.3. Топочные камеры оборудованы 24 (по 12 на корпус) вихревыми горелками, расположенными в два яруса на боковых стенах. Для растопки котла горелки укомплектованы паровыми мазутными форсунками производительностью 1,8 т/ч при давлении мазута 0,5 МПа (5,0 кгс/см<sup>2</sup>) и давлении пара 0,8-1,3 МПа (8-13 кгс/см<sup>2</sup>). Расход пара на форсунку составляет 200 кг/ч.

I.4. Заводом выпущено две модификации котлов этого типа:

- П-39-1 - 1 котел, установленный на Ермаковской ГРЭС;

- П-39-П - 13 котлов, установленных на Ермаковской и Рефтинской ГРЭС.

Характеристика основного и вспомогательного оборудования этих котлов представлена в табл.4.

Котлы П-39, установленные на Ермаковской и Рефтинской ГРЭС, оборудованы системами пылеприготовления прямого вдувания с молотковыми мельницами (по 8 на котел) и вентиляторами горячего дутья (по одному на каждые две мельницы на котлах № 1 и 2 Рефтинской ГРЭС, по одному на каждую мельницу - на всех остальных котлах).

Котлы П-39-1 и П-39-П различаются между собой конвективными поверхностями нагрева (экономайзер и переходная зона).

Паровая обдувка и дробочистка поверхностей нагрева на всех котлах отсутствуют.

Техническая характеристика основного и вспомогательного оборудования

Наименование	Ермаковская ГРЭС	Рефтинская ГРЭС
Модификация котла	П-39-И	П-39-П
Количество	1	6
Станционный номер	№ 1	№ 2-8 № 1-6
Дымососы	2х10-31,5 $Q = 843 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}; H_n = 304 \text{ кгс/м}^2; N_{\text{дв}} = 1700 \text{ кВт}; n = 426 \text{ об/мин}$	
Дутьевые вентиляторы	2хВД-24х2-П (двухскоростной) $Q = 750 \cdot 10^3 / 600 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}; H_n = 380/300 \text{ кгс/м}^2; N_{\text{дв}} = 800/400 \text{ кВт}; n = 735/570 \text{ об/мин}$	
Система пылеприготовления	Индивидуальная с прямым вдуванием 8хММТ-2000/2600/590	
Мальницы	$V_M = 24 \text{ т/ч}, N_{\text{дв}} = 630 \text{ кВт}, n = 570 \text{ об/мин}$	
Вентиляторы горячего дутья	<p>На котлах № 1, 2, 3 4хВД-20у                      4хВД-15,5у <math>Q = 134 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}</math>            <math>Q = 85 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}</math> <math>H_n = 254 \text{ кгс/м}^2</math>                <math>H_n = 340 \text{ кгс/м}^2</math> <math>N_{\text{дв}} = 250 \text{ кВт}</math>                 <math>N_{\text{дв}} = 160 \text{ кВт}</math> <math>n = 740 \text{ об/мин}</math>                <math>n = 1000 \text{ об/мин}</math></p> <p>На котлах № 4-8 8хВД-15,5у</p>	<p>На котлах № 1 и 2 4хВД-26 <math>Q = 145 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}; H_n = 300 \text{ кгс/м}^2,</math> <math>N_{\text{дв}} = 250 \text{ кВт}, n = 740 \text{ об/мин}</math> На котлах № 3, 4, 5, 8хВД-18,75 <math>Q = 85 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 315 \text{ кгс/м}^2,</math> <math>N_{\text{дв}} = 160 \text{ кВт}, n = 1000 \text{ об/мин}</math> На котле № 6 8хВД-15,5у <math>Q = 85 \cdot 10^3 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 340 \text{ кгс/м}^2,</math> <math>N_{\text{дв}} = 160 \text{ кВт}, n = 1000 \text{ об/мин}</math></p>
Пятатели топлива	<p>Скребковые 4хСПУ-7000/700                4хСПУ-9800/700 <math>N_{\text{дв}} = 4 \text{ кВт}</math>                      <math>n = 300; 1500 \text{ об/мин}</math></p>	<p>Шнековые 5хШНСУ-600/4000 <math>N_{\text{дв}} = 4; 10 \text{ кВт}, n = 300; 1500 \text{ об/мин}</math></p>
Горелки	24 вихревые горелки, расположенные в два яруса на боковых стенах топки	
Воздухоподогреватели	<p>На котле № 1 4 х ВПР-2, <math>H = 24200 \text{ м}^2</math> На котлах № 2-8 4 х ВПР-4, <math>H = 28680 \text{ м}^2</math></p>	4 х ВПР-9-1, $H = 31200 \text{ м}^2$
Золоуловители	<p>На котлах № 1 и 2 трубы Вентури, электрофильтры На котлах № 3-8 - электрофильтры</p>	<p>На котлах № 1 и 2 трубы Вентури, электрофильтры На котлах № 3-8 - электрофильтры</p>
Пустерные насосы	3х12 ПД-8 $Q = 650 \text{ м}^3/\text{ч}, \rho = 158 \text{ м вод. ст.}, N_{\text{дв}} = 500 \text{ кВт}, n = 2970 \text{ об/мин}$	

Наименование	Ермаковская ГРЭС	Рефтинская ГРЭС
Питательные насосы	<p><u>ОСПТ - II50 м</u>  <math>Q = 1030 \text{ м}^3/\text{ч}, P = 340 \text{ кгс}/\text{см}^2</math>  <math>N_{пр} = 12500 \text{ кВт}, n = 5150 \text{ об}/\text{мин}</math></p>	<p>На турбине № 1-4 - <u>ОСПТ-II50 м</u>  <math>Q = 1030 \text{ м}^3/\text{ч}, P = 340 \text{ кгс}/\text{см}^2,</math>  <math>N_{пр} = 12500 \text{ кВт}, n = 5150 \text{ об}/\text{мин}</math>                      На турбине № 5 - <u>ПТН-II50-340</u>  <math>Q = 1030 \text{ м}^3/\text{ч}, P = 340 \text{ кгс}/\text{см}^2,</math>  <math>N_{пр} = 1150 \text{ кВт}, n = 6000 \text{ об}/\text{мин}</math>                      На турбине № 6 - <u>ПТ-II35-340</u>  <math>Q = 950 \text{ м}^3/\text{ч}, P = 324 \text{ кгс}/\text{см}^2,</math>  <math>N_{пр} = 11500 \text{ кВт}, n = 4900 \text{ об}/\text{мин}</math></p>

П р и м е ч а н и е .  $Q$  - производительность тягодутьевых машин, насосов;  
 $N_p$  - полный напор тягодутьевых машин;  
 $N_{дв}$  - мощность привода механизмов;  
 $n$  - частота вращения механизмов;  
 $P$  - напор насосов;  
 $H$  - поверхность нагрева.

## 2. ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА П-39

2.1. При составлении характеристики использовались материалы испытаний, проведенных в разное время УралВТИ, Уралтехэнерго и Сибтехэнерго на Рефтинской и Ермаковской ГРЭС, а также фактические показатели работы котлов П-39 в 1980-1981 гг.

За основу при составлении характеристики взяты показатели работы Рефтинской ГРЭС, являющиеся наилучшими для котлов данного типа.

Характеристика составлена для котельной установки со следующими механизмами собственных нужд:

- насосами ДН-31,5 с электродвигателями мощностью 1700 кВт при сухом одноступенчатом золоудалении электрофильтрами;

- путевыми вентиляторами ВДН-24х2-П с двухскоростными электродвигателями мощностью 800/400 кВт;
- мельницами ММТ-2000/2600/590 с электродвигателями мощностью 630 кВт;
- модернизированными вентиляторами горячего дутья ВГДН-18,75 с электродвигателями мощностью 160 кВт;
- бустерными насосами Г2 ПД-8 с электродвигателями мощностью 500 кВт;
- питательными насосами ОСПТ-II50 м с турбоприводом мощностью 12500 кВт.

Характеристика соответствует руководящим документам и методическим указаниям по нормированию технико-экономических



показателей котлов и отражает среднюю экономичность котла при нижеприведенных условиях, принятых за исходные.

2.1.1. ГОСТ 8779-79 на экибастузский каменный уголь, введенный с 01.01.80 г., устанавливает для электростанций, работающих на этом топливе, предельные значения нижней теплоты сгорания  $Q_H^P = 16,1$  МДж/кг (3850 ккал/кг) и зольности  $A^G = 43\%$  ( $A^P = 40,5\%$  при  $W^P = 5,8\%$ ).

Качество экибастузского угля, принятое при расчете Типовой энергетической характеристики, следующее:

$$Q_H^P = 16,4 \text{ МДж/кг (3900 ккал/кг)}, A^P = 40,3\%, W^P = 5,8\%.$$

2.1.2. Качество готовой пыли принято по результатам испытаний, проведенных на котлах данного типа, и характеризуется остатком на сите  $R_{90} = 15\%$ .

2.1.3. Температура холодного воздуха ( $t_{х.в.}$ ) на входе в дутьевой вентилятор принята равной  $30^\circ\text{C}$ , что соответствует средним эксплуатационным данным.

2.1.4. Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель  $t_{в.п.}$  принята постоянной по всем диапазонам нагрузок и равной  $35^\circ\text{C}$  с учетом того, что температура нагрева воздуха в вентиляторах составляет  $5^\circ\text{C}$ ,  $\Delta t_{реж} = 0$ .

2.1.5. Температура питательной воды ( $t_{п.в.}$ ) принята в зависимости от паропроизводительности котла по данным "Типовой энергетической характеристики турбоагрегата К-300-240 ХТГЗ второй модификации" (М.: СПО ОРГЭС, 1976) и составляет  $268^\circ\text{C}$  при номинальной нагрузке.

2.2. Расчет Типовой энергетической характеристики выполнен в соответствии с указаниями "Теплового расчета котельных агрегатов (нормативный метод)" (М.: Энергия, 1973).

2.2.1. Коэффициент полезного действия брутто котла ( $\eta_k^{бр}$  %) и потери тепла с уходящими газами ( $q_2$  %) подсчитаны в соответствии с методикой, изложенной в книге Я.П. Пеккера "Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива" (М.: Энергия, 1977).

$$\eta_k^{бр} = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6,$$

$$\text{где } q_2 = (3,53 \alpha_{yx} + 0,46) \left( T_{yx} - \frac{\alpha_{yx}}{\alpha_{yx} + 0,16} t_{х.в.} \right) \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) \times$$

$$\times \left[ 1 + 0,13 \left( \frac{t_{yx} - 150}{100} \right) \right] 10^{-2} + 0,2 a_{yn} A^n T_{yx} 10^{-3},$$

здесь  $\alpha_{yx}$  - коэффициент избытка воздуха за воздухоподогревателем;

$T_{yx}$  - температура уходящих газов за воздухоподогревателем;

$t_{х.в.}$  - температура холодного воздуха на стороне всасывания дутьевого вентилятора до презки рециркуляции горячего воздуха;

$q_4$  - потери тепла от механической неполноты сгорания;

$a_{yn}$  - доля золы в уносе;

$$A^n = \frac{A^P \cdot 10^3}{Q_H^P} - \text{приведенная зольность топлива.}$$

2.2.2. Коэффициент избытка воздуха в режимном сечении (за переходной зоной)  $\alpha$  принят равным 1,25 при номинальной нагрузке и постоянным в диапазоне нагрузок 70-100%  $D_{ном}$ . При нагрузке ниже 70%  $D_{ном}$  избыток воздуха определяется в соответствии с Тепловым расчетом котельных агрегатов (нормативный метод) по формуле

$$\alpha = \alpha_{ном} + \left( 0,7 - \frac{D}{D_{ном}} \right).$$

2.2.3. Присосы воздуха (%) на участке переходная зона - воздухоподогреватель приняты равными 25% ( $\Delta 17,30$  ПТЭ). С изменением нагрузки котла значение присосов (%) определялось по формуле

$$\Delta \alpha = \Delta \alpha_{ном} \sqrt{\frac{D_{ном}}{D_{факт}}}.$$

2.2.4. Потери тепла от химической неполноты сгорания топлива ( $q_3$ ) приняты равными нулю на основании результатов испытаний, а также согласно методическим указаниям по нормированию.

2.2.5. Потери тепла от механической неполноты сгорания топлива ( $q_4$ , %) определялись по формуле

$$q_4 = \left[ a_{шл} \frac{\Gamma_{шл}}{100 - \Gamma_{шл}} + a_{ун} \frac{\Gamma_{ун}}{100 - \Gamma_{ун}} \right] \frac{7830 A^p}{Q_H^p},$$

где  $a_{шл}$ ,  $a_{ун}$  - доля золы в шлаке и уносе, приняты равными 0,05 и 0,05 в соответствии с Тепловым расчетом котельных агрегатов (нормативный метод);

$\Gamma_{шл}$ ,  $\Gamma_{ун}$  - содержание горючих в шлаке и уносе.

2.2.6. Потери тепла в окружающую среду ( $q_5$  %) рассчитаны согласно "Методике испытаний котельных установок" (М.: Энергия, 1970) по формуле

$$q_5 = q_5^{граф} \frac{D_{ном}}{D_{факт}}.$$

2.2.7. Потери тепла с физическим теплом шлака ( $q_6$  %) подсчитаны по формуле

$$q_6 = \frac{A^p a_{шл} C_{шл} t_{шл}}{Q_H^p (100 - \Gamma_{шл})} 100\%,$$

где  $C_{шл}$  - теплоемкость шлака (золы), ккал/(кг·град),  
 $t_{шл}$  - температура шлака, принятая равной 600°C.

2.2.8. Удельный расход электроэнергии на собственные нужды котельной установки рассчитан по мощности электродвигателей механизмов (рис.3).

В потребляемую мощность механизмов котельной установки включена мощность электроприводов мельниц, дымососов, дутьевых вентиляторов, вентиляторов горячего дутья.

Затраты мощности на привод вентиляторов горячего дутья ( $\mathcal{E}_{вгд}$ ) делятся на две составляющие:

- первая, связанная с транспортированием пыли по тракту системы пылеприготовления до сепаратора, отнесена к расходу электроэнергии на пылеприготовление (расход электроэнергии на пневмотранспорт);

- вторая, связанная с транспортированием пыли от сепаратора к горелкам - к расходу на дутье.

Доля расхода электроэнергии на ВГД, относимая к тяге и дутью, определяется по формуле, кВт·ч/т:

$$\mathcal{E}_{вгд}^{тд} = \mathcal{E}_{вгд} \frac{H_d}{H_{вгд}},$$

где  $H_d$  - среднее сопротивление пылепроводов на участке сепаратор-горелки, кгс/м<sup>2</sup>;

$H_{вгд}$  - полный напор вентилятора горячего дутья, кгс/м<sup>2</sup>.

На основании результатов испытаний принято, что

$$\mathcal{E}_{вгд}^{тд} = 0,3 \mathcal{E}_{вгд}.$$

2.2.9. При работе котла в режиме скользкого лавления в каждом конкретном случае необходимо учитывать поправки к показателям экономичности котла (имеет место изменение  $Q_K^{др}$ ,  $N_{i,тпп}$ ,  $\mathcal{E}_{гд}$ ).

2.2.10. Характеристика построена при работе котла в двухкорпусном режиме. При переводе энергоблока в однокорпусной режим меняются в основном показатели турбины, экономичность котла остается практически неизменной. В этом случае можно пользоваться основными графиками Типовой энергетической характеристики (рис. I-6).

3. ПОПРАВКИ К НОРМАТИВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

3.1. Для приведения основных нормативных показателей работы котла к условиям его эксплуатации даны поправки в виде графиков (рис.7-12) и цифровых значений (табл.2).

Поправки рассчитаны в соответствии с методикой, изложенной в "Положении о согласовании нормативных характеристик оборудования и расчетных удельных расходов топлива" (М.: СЦНТИ ОПЧРУ, 1975).

Поправками к КПД котла на отклонение влажности и зольности от принятых в расчете учитывается изменение потерь тепла с уходящими газами и механической неполнотой сгорания. При расчете этих поправок содержание горючих в уносе и шлаке и температура уходящих газов принимались постоянными в связи с отсутствием экспериментальных данных о характере изменения этих параметров.

Типовая характеристика построена при условии, что  $t_{x,\delta} = 30^\circ\text{C}$ ,  $t'_{\beta,n} = 35^\circ\text{C}$  и  $\Delta t_{pec} = 0$ .

Влияние изменения этих параметров на показатели работы котла учитывается тремя отдельными поправками:

- поправкой на отклонение температуры холодного воздуха учитывается изменение  $q_2$  и  $\eta_{\kappa}^{\delta p}$  независимо от изменения  $t'_{\beta,n}$ ;

- поправкой на отклонение температуры воздуха перед воздухоподогревателем учитывается изменение  $t_{yx} \cdot q_2$  и  $\eta_{\kappa}^{\delta p}$  независимо от изменения  $t_{x,\delta}$ ;

- поправкой на включение рециркуляции учитывается влияние включения рециркуляции на теплообмен в воздухоподогревателе и на характер изменения температуры уходящих газов, поправка вводится к  $t_{yx}$ ,  $q_2$  и  $\eta_{\kappa}^{\delta p}$ .

3.1.1. Поправка (%) на отклонение зольности топлива рассчитывается по формулам:

$$\Delta q_2 = 0,007 (A^p - 40,3);$$

$$\Delta q_y = 0,06 (A^p - 40,3);$$

$$\Delta \eta_{\kappa}^{\delta p} = -0,067 (A^p - 40,3).$$

3.1.2. Поправка (%) на отклонение влажности топлива рассчитана по формуле

$$\Delta \eta_{\kappa}^{\delta p} = -0,0372 (W^p - 5,8).$$

3.1.3. Поправка (%) на отклонение температуры холодного воздуха рассчитана по формулам

$$\Delta \eta_{\kappa}^{\delta p} = (-0,0643 + 2,2 \cdot 10^{-6} q_{\kappa}^{\delta p}) (t_{x,\delta} - 30);$$

$$\Delta \eta_{\kappa}^{\delta p} = -\Delta q_2.$$

3.1.4. Поправка (%) на отклонение температуры воздуха (°C) перед воздухоподогревателем рассчитана по формулам

$$\Delta t_{yx} = 0,5 (t'_{\beta,n} - 35);$$

$$\Delta q_2 = (0,0373 - 13,89 \cdot 10^{-6} q_{\kappa}^{\delta p}) (t'_{\beta,n} - 35);$$

$$\Delta \eta_{\kappa}^{\delta p} = -\Delta q_2.$$

3.1.5. Поправка (%) на включение рециркуляции рассчитана по формулам

$$\Delta t_{yx} = -0,35 \Delta t_{pec};$$

$$\Delta q_2 = (0,0234 - 5,56 \cdot 10^{-6} q_{\kappa}^{\delta p}) \Delta t_{pec};$$

$$\Delta \eta_{\kappa}^{\delta p} = -\Delta q_2.$$

3.1.6. Поправка (%) на отклонение температуры питательной воды (°C) рассчитана по формулам.

$$\Delta t_{yx} = 0,12 (t_{n,\delta} - t_{n,\delta}^{расч});$$

$$\Delta q_2 = 0,065 (t_{n,\delta} - t_{n,\delta}^{расч});$$

$$\Delta \eta_{\kappa}^{\delta p} = -\Delta q_2.$$

3.2. Пользование системой поправок поясняется следующим примером.

Котел работает при нагрузке 785 т/ч и следующих измененных условиях эксплуатации:

- рабочая зольность топлива  $A^p = 40,8\%$ ;

- рабочая влажность топлива  $W^p = 5,3\%$ ;

- температура холодного воздуха  $t_{x,\delta} = 20^\circ\text{C}$ ;

- температура воздуха перед воздухоподогревателем  $t'_{\beta,n} = 42^\circ\text{C}$ ;

- температура подогрева воздуха рециркуляцией  $\Delta t_{pec} = 17^\circ\text{C}$ ;

- температура питательной воды  $t_{n,\delta} = 258^\circ\text{C}$ .

Из значений параметров, указанных выше, вычитают значения тех же параметров, приведенных в настоящей Типовой энергетической характеристике, и подсчитывают их разность. Знак

разности указывает направление изменения значения каждого параметра. Поправки находят по графикам рис.7-12. Результаты расчета поправок для данного примера приведены в табл.5.

Т а б л и ц а 5

Показатель	Значение показателя		Разность значений	Поправка		
	Фактический	Из типовой энергетической характеристики		$\Delta t_{yx}$ °C	$\Delta q_2$ %	$\Delta \eta_K^{\delta p}$ %
Вольность $\eta^p$ , %	40,8	40,3	+0,5	-	+0,004	-0,034
Влажность $W^p$ , %	5,3	5,8	-0,5	-	-	+0,019
Температура холодного воздуха $t_{x\beta}$ , °C	20	30	-10	-	+0,527	-0,527
Температура воздуха перед воздухоподогревателем $t_{\beta\lambda}$ , °C	42	35	+7	+3,5	+0,21	-0,21
Пологрев воздуха рециркуляцией $\Delta t_{rec}$ , °C	17	0	+17	-5,95	-0,359	+0,359
Температура питательной воды $t_{л.в}$ , °C	258	260	-2	-0,24	-0,011	+0,011
Суммарное значение				-2,69	+0,371	-0,382

Нормативное значение  $t_{yx}$ ,  $q_2$ ,  $\eta_K^{\delta p}$  для измененных условий эксплуатации составит:

$$t_{yx}^H = t_{yx}^x \pm \Delta t_{yx};$$

$$q_2^H = q_2^x \pm \Delta q_2;$$

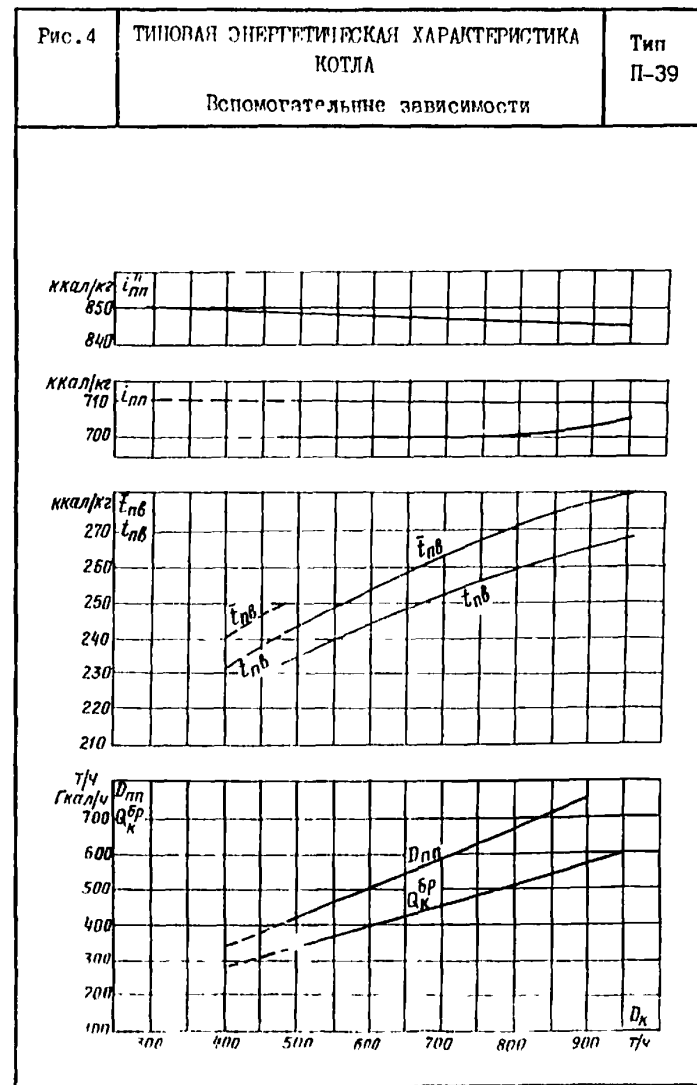
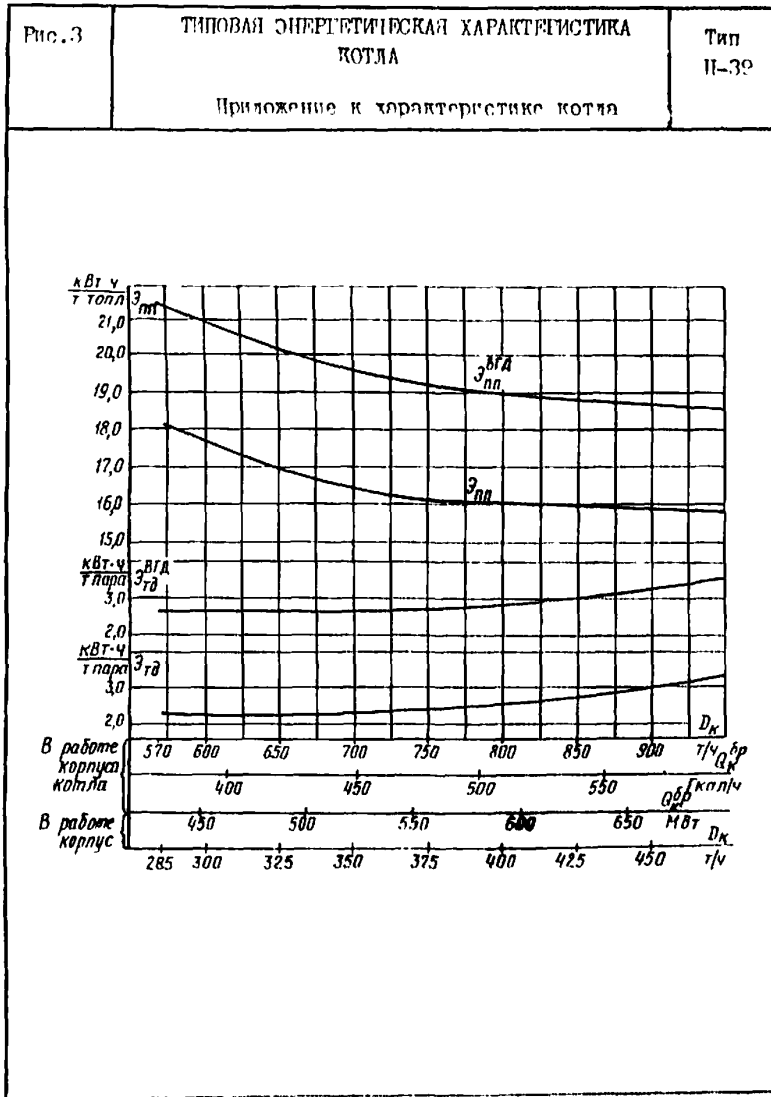
$$\eta_K^{\delta p(H)} = \eta_K^{\delta p(x)} \pm \Delta \eta_K^{\delta p},$$

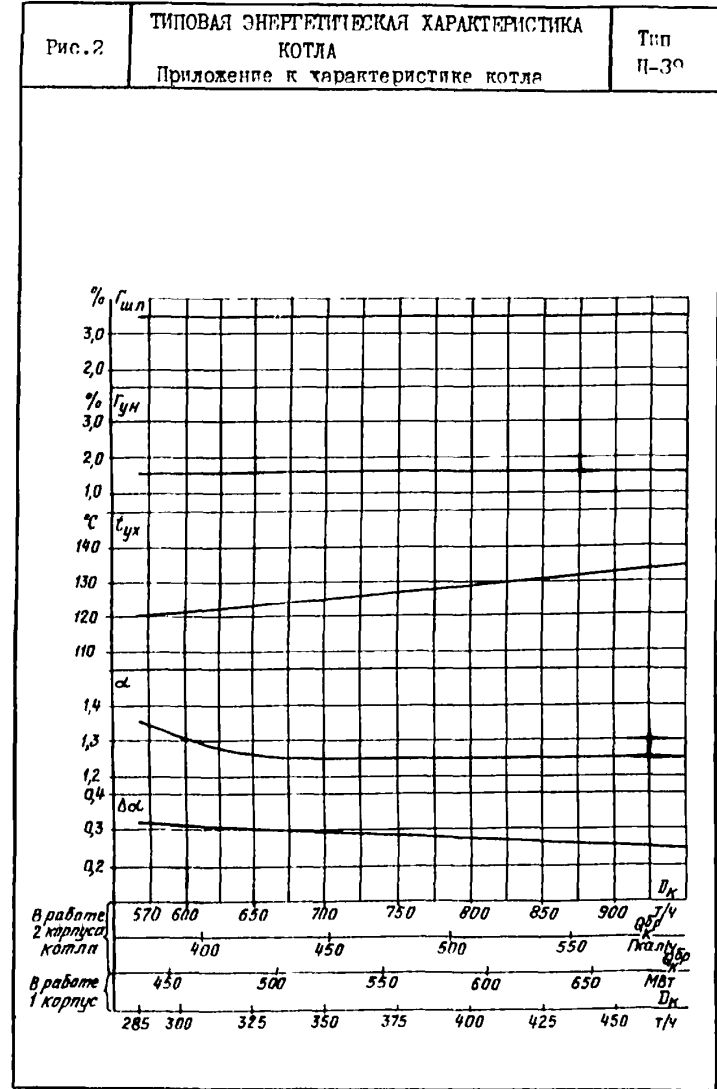
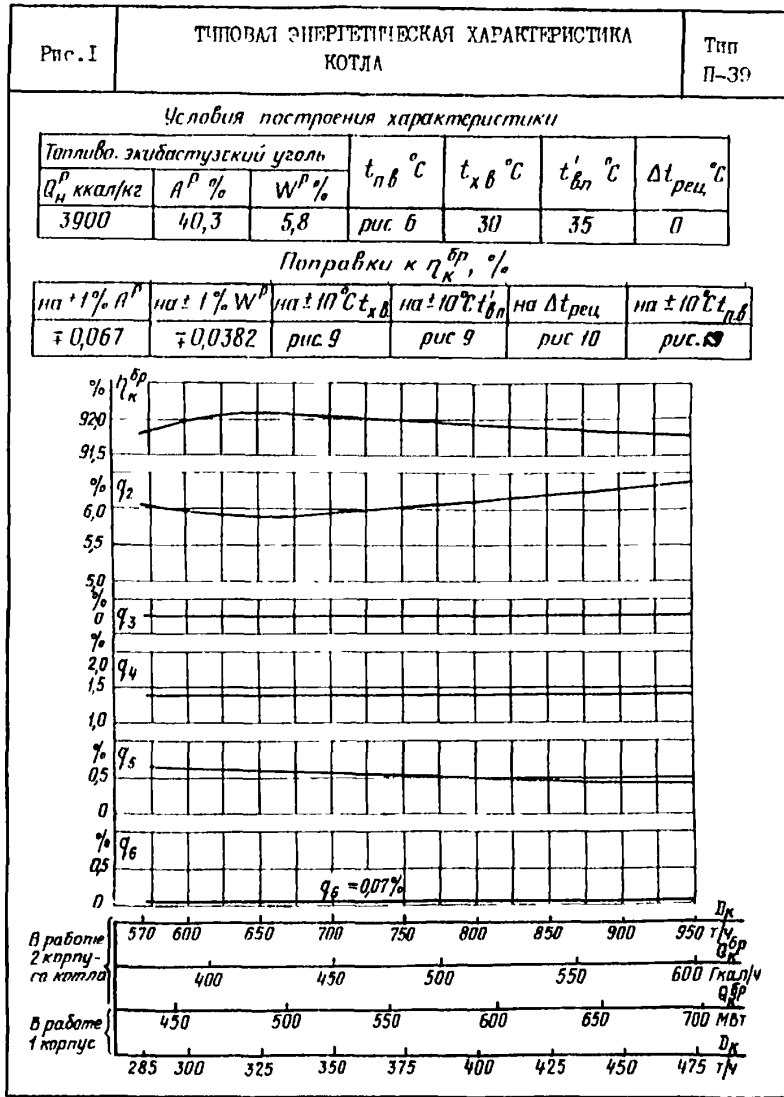
где  $t_{yx}^x$ ,  $q_2^x$ ,  $\eta_K^{\delta p(x)}$  - значения величин при условиях Типовой энергетической характеристики.

$$t_{yx}^H = 126,5 - 2,69 = 123,81^\circ\text{C};$$

$$q_2^H = 6,15 + 0,371 = 6,521\%;$$

$$\eta_K^{\delta p(H)} = 91,92 - 0,382 = 91,538\%.$$





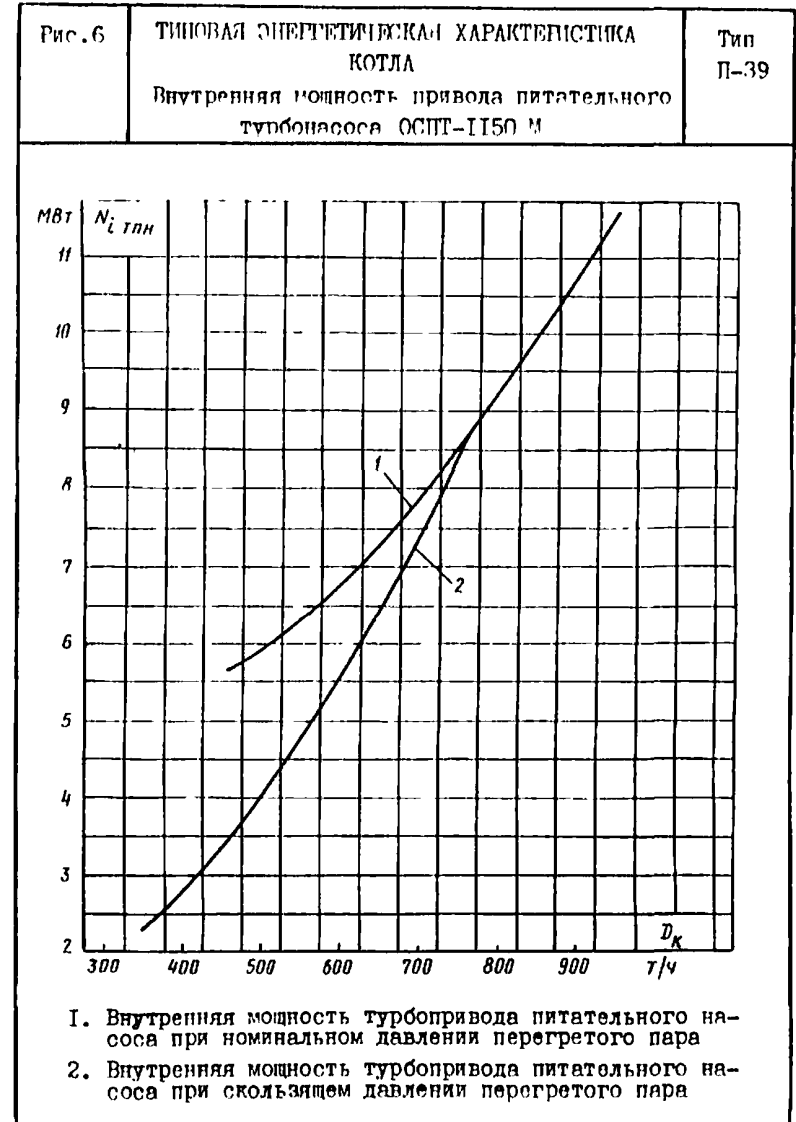
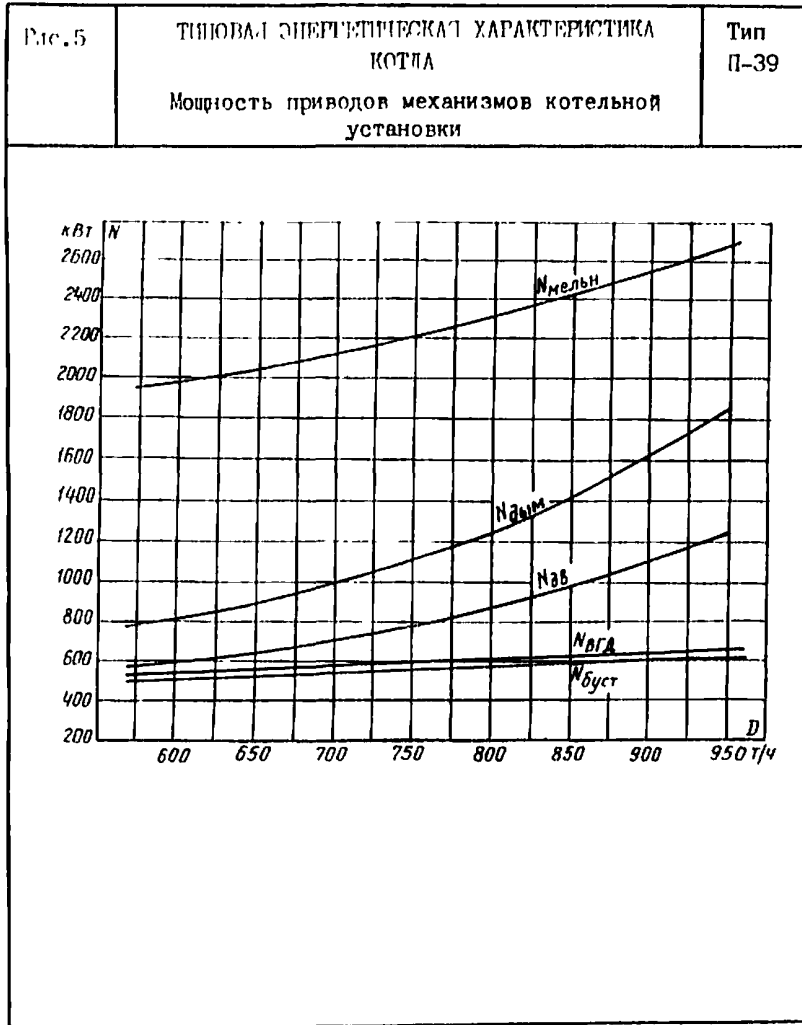
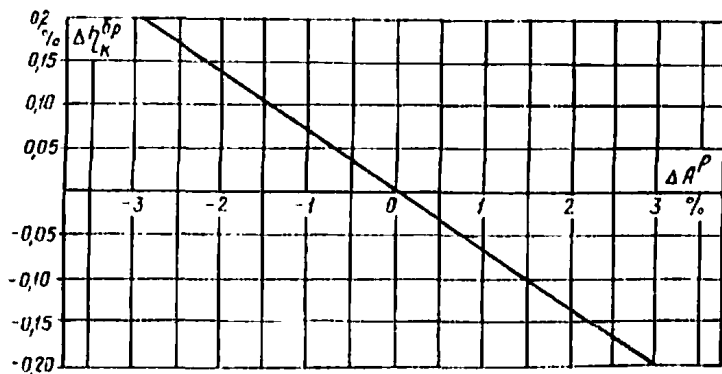


Рис. 7	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА Поправки к КПД брутто	Тип П-39
--------	--	----------

на отклонение зольности топлива на рабочую массу от  $A^P = 40,3\%$



на отклонение влажности топлива на рабочую массу от  $W^P = 5,8\%$

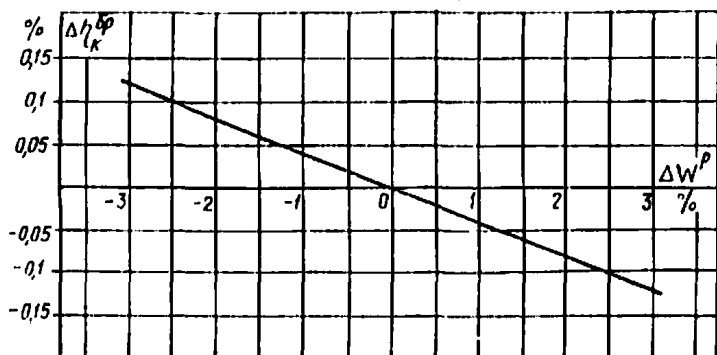
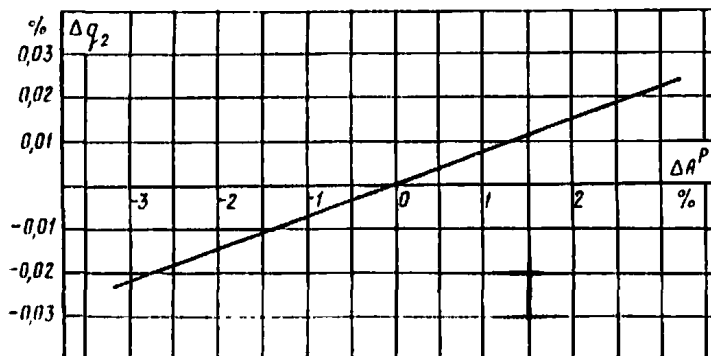
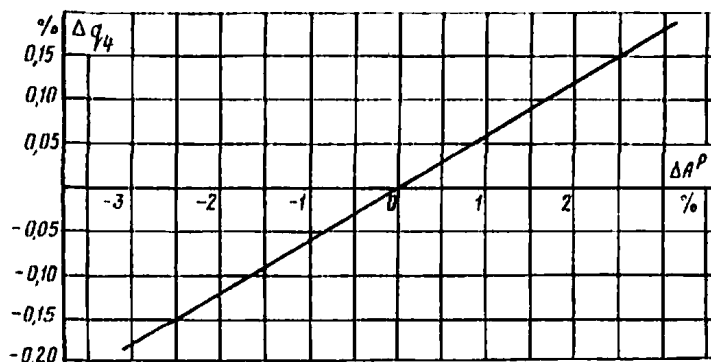


Рис. 8.	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА Поправки к $q_4, q_2, \%$	Тип П-39
---------	--	----------

на отклонение зольности топлива на рабочую массу от  $A^P = 40,3\%$





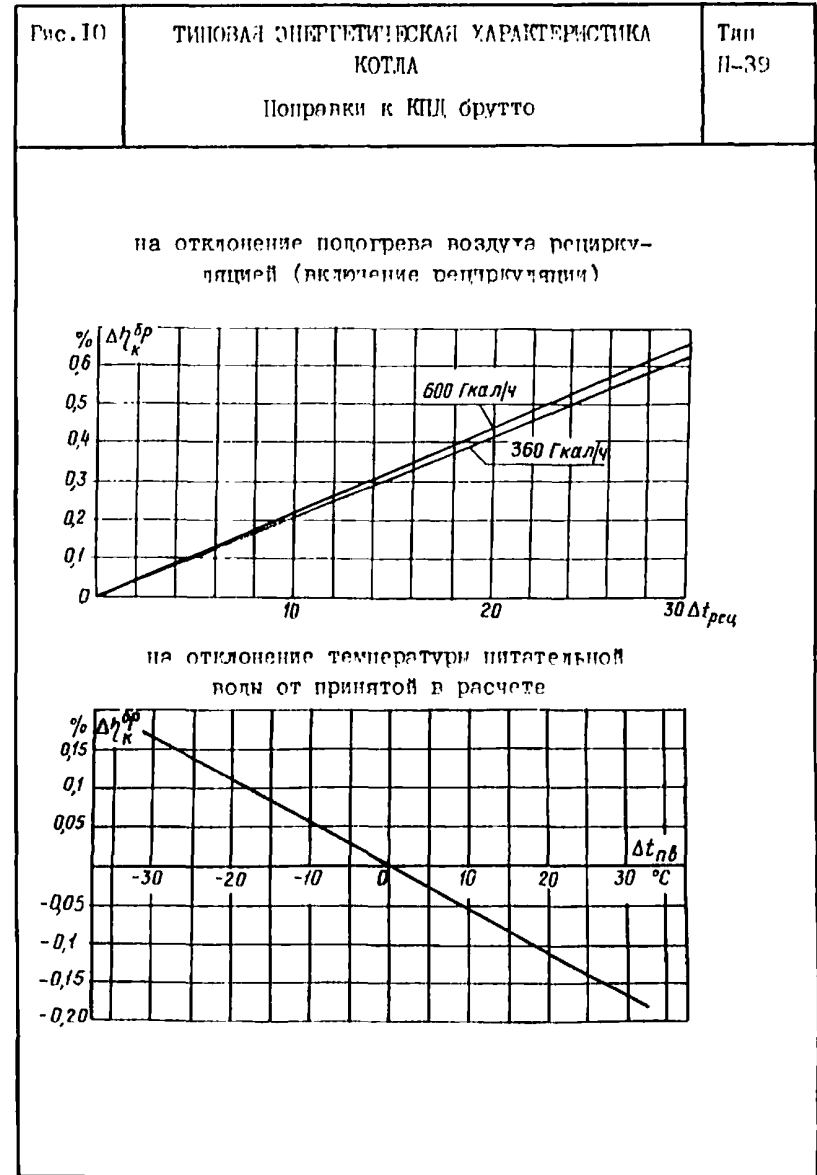
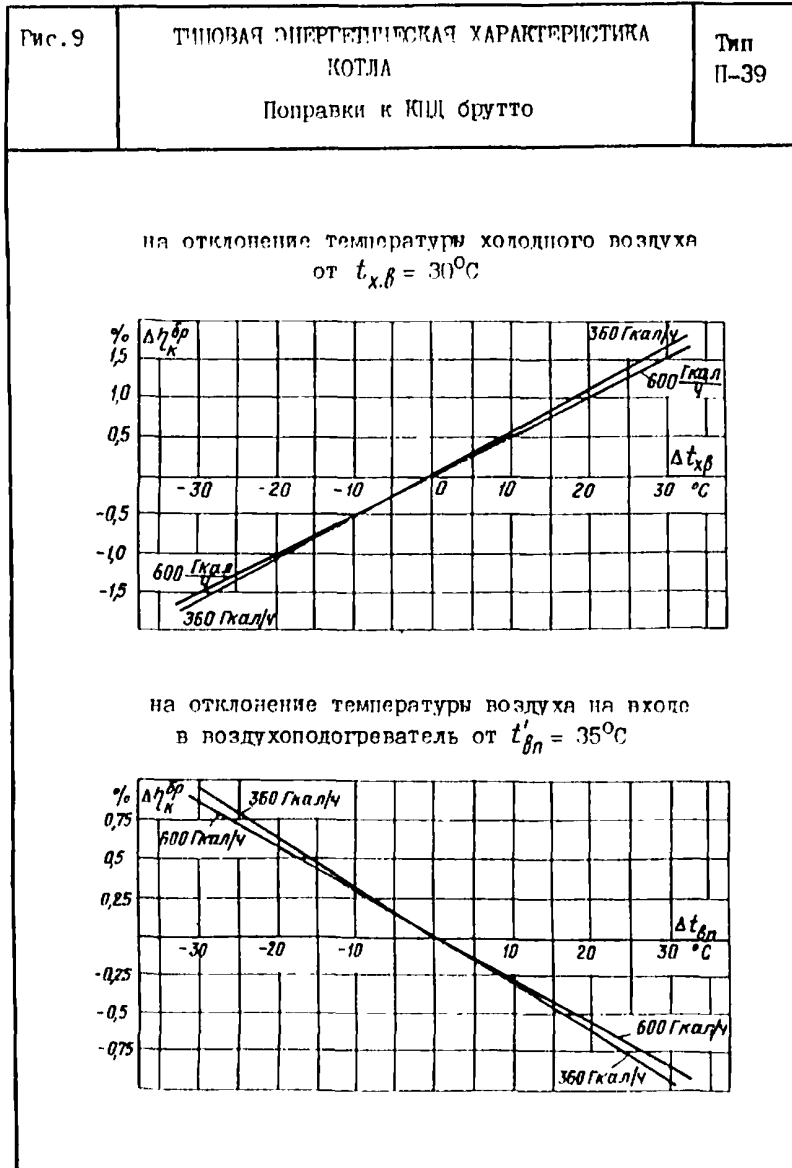
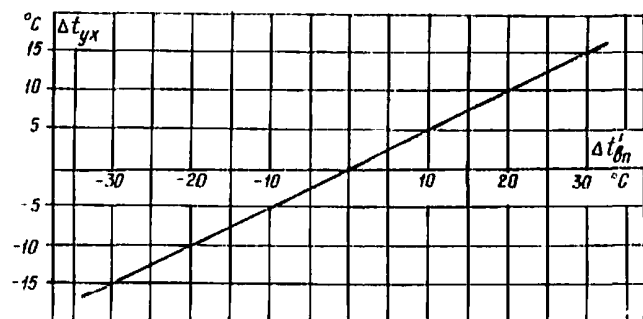


Рис. II	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА	Тип II-39
	Поправки к температуре уходящих газов	

на отклонение температуры воздуха на входе  
в воздухоподогреватель от  $t'_{\theta n} = 35^{\circ}\text{C}$



на отклонение подогрева воздуха рециркуля-  
ции (включение рециркуляции)

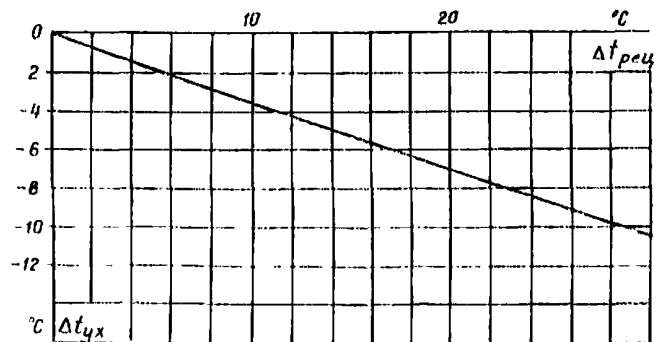


Рис. I2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА	Тип II-39
	Поправки к температуре уходящих газов	

на отклонение температуры питательной воды  
от принятой в расчете

