МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель начальника
Главтехуправления
Д.Я. ШАМАРАКОВ
20 августа 1981 г.

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ТГМ-94 ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА И ПРИРОДНОГО ГАЗА

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1981

gost.e-ecolog.ru

УДК 621.18-186.5(083.75)

Составлено Южтехэнерго
Составители инженеры Ф.Е.ГУТ, Р.П.ДЗЕДЗИК, Н.М.ДОЛГОНОСОВА

Типовая энергетическая характеристика котла ТГМ- 4 составлена на базе тепловых испытаний, проведенных Южтехэнерго на Литовской ГРЭС, Средазтехэнерго на Ташкентской ГРЭС, Донтехэнерго на Невинномысской ГРЭС, и отражает технически достижимую экономичность котла при работе с турбиной К-160-130 ХТГЗ и принятых исходных условиях.

Типовая энергетическая характеристика может служить основной для составления нормативных характеристик котлов ТГМ-94 при сжигании природного газа и мазута.

© СПО Союзтехэнерго, 1981.

Ответственный редактор Т.П.Леонова
Литературный редактор М.Г. Полоновская
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректоры К.И.Миронова
Л.Ф.Петрухина

Подписано к печати 26.10.81 Формат 60x84 1/8
Печ.л. 2,75 (усл.печ.л. 2,55) Уч.-изд.л. 2,5 Тираж 120 экз.
Заказ № 334/81 Издат. № 282/81 Цена 30 коп.

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

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
117292, Москва, ул.Ивана Бабушкина, д.23, корп.2

Таблица I	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА Условия характеристики и основные показатели котла	Тип ТГМ-94

Топливо: высокосернистый мазут марки М 100

Характеристика топлива на рабочую массу (принято)

$Q_н^р$ = 38520 кДж/кг (9200 ккал/кг), $S^р$ = 3,4; $A^р$ = 0,14, $W^р$ = 3,0

Показатель	Нагрузка котла, т/ч						
	200	250	300	350	400	450	500
I. Температура топлива на входе в котел $t_{тл}$, °С	←			120			→
2. Температура холодного воздуха (среднегодовая) на входе в дутьевой вентилятор до врезки рециркуляции $t_{х.в}$, °С	←			10			→
3. Температура воздуха перед калориферами $t'_{кф}$, °С	14,5	14,0	13,5	13,5	16,0	15,5	15,5
4. Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель $t'_{вп}$, °С	←			70			→
5. Температура питательной воды $t_{пв}$, °С	188	200	209	216	221	225	228
6. Температура уходящих газов $T_{ух}$, °С	143	148	153	159	164	169	174
7. Коэффициент рециркуляции дымовых газов r, %	20	16	12	9	6	4	4
8. Коэффициент избытка воздуха в режимном сечении $\alpha''_{пп}$	1,12	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,03
9. Присос воздуха на тракте, режимное сечение–дымосос $\Delta\alpha$	0,39	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25
10. Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{ух}$	7,51	1,45	1,40	1,36	1,33	1,30	1,28
11. Потери тепла с уходящими газами q_2, %	7,45	7,45	7,48	7,60	7,71	7,80	7,94
12. Потери тепла от химической неполноты сгорания q_3, %	←			0			→
13. Потери тепла от механической неполноты сгорания q_4, %	←			0			→
14. Потери тепла в окружающую среду q_5, %	0,86	0,68	0,56	0,49	0,43	0,38	0,34
15. Коэффициент полезного действия брутто $\eta_к^{бр}$, %	91,69	91,87	91,96	91,91	91,86	91,82	91,73

Таблица 2 — ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА. Тип ТТМ-94

Поправки и вспомогательные зависимости

Показатель	Нагрузка котла, т/ч						
	200	250	300	350	400	450	500
I. Поправки к q_2, %, на изменение:							
I.I. Содержания влаги в топливе на ±I%	← ±0,0I5 →						
I.2. Температуры топлива на ±I°С	← $\pm 0{,}4 \cdot 10^{-4}$ →						
I.3. Температуры холодного воздуха на ±I°С	∓0,05I	∓0,050	∓0,048	∓0,047	∓0,046	∓0,044	∓0,043
I.4. Температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель на ±I°С	±0,033	±0,033	±0,033	±0,033	±0,034	±0,034	±0,034
I.5. Температуры питательной воды на ±I°С	±0,006	±0,006	±0,007	±0,007	±0,008	±0,008	±0,009
I.6. Коэффициента рециркуляции дымовых газов на ±I%	±0,0I2	±0,0I4	±0,0I7	±0,0I9	±0,02I	±0,023	±0,025
I.7. Коэффициента избытка воздуха в режимном сечении на +0,0I	+0,045	+0,047	+0,049	+0,05I	+0,052	+0,054	+0,056
2. Поправки к температуре уходящих газов, °С, на изменение:							
2.I. Температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель на ±I°С	±0,58	±0,60	±0,62	±0,63	±0,65	±0,66	±0,68
2.2. Температуры питательной воды на ±I°С	±0,II	±0,I2	±0,I3	±0,I4	±0,I5	±0,I6	±0,I7
2.3. Коэффициента рециркуляции дымовых газов на ±I%	±0,22	±0,27	±0,32	±0,36	±0,4I	±0,46	±0,50
3. Вспомогательные зависимости:							
3.I. Физическое тепло топлива $Q_{тл}$, кДж/кг (ккал/кг)	← 245 (58,4) →						
3.2. Тепло внешнего подогрева воздуха $Q_{тл}$, кДж/кг (ккал/кг)	850 (203)	86I (206)	867 (207)	86I (206)	822 (I96)	827 (I98)	823 (I97)
3.3. Располагаемое тепло на I кг натурального топлива Q_p^p, МДж/кг (ккал/кг)	39,6I (946I)	39,62 (9464)	39,63 (9465)	39,62 (9464)	39,59 (9454)	39,59 (9456)	39,59 (9455)
3.4. Коэффициент, учитывающий дополнительное тепло, внесенное в топку K_Q	0,972	0,972	0,972	0,972	0,073	0,973	0,973
3.5. Теплопроизводительность котла брутто $Q_к^{бр}$, МВт (Гкал/ч)	I67,4 (I44)	207,0 (I78)	246,6 (2I2)	286,I (246)	324,5 (279)	362,0 (3I2)	397,7 (342)
3.6. Расход топлива $B_р$, т/ч	I6,60	20,48	24,37	28,30	32,II	35,93	39,42
3.7. Мощность приводов РВП-54, кВт	← 2I →						
3.8. Мощность, потребляемая дутьевыми вентиляторами $N_{ДВ}$, кВт (I скорость/II скорость)	305	320	355	400 / 700	475 / 730	775	840
3.9. Мощность, потребляемая дымососами $N_Д$, кВт	700	720	750	790	845	930	I040
3.I0. Мощность, потребляемая дымососами рециркуляции $N_{ДРГ}$, кВт	290	250	2I0	I75	I40	I05	70
3.II. Мощность, потребляемая питательными электронасосами $N_{ПЭН}$, кВт	2500	2720	2950	3I70	3400	3600	3840

Таблица 2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА Поправки и вспомогательные зависимости	Тип ТГМ-94

Показатель	Нагрузка котла, т/ч						
	200	250	300	350	400	450	500
3.I2. Суммарные затраты мощности на собственные нужды $N_{сн}$, кВт	38I6	403I	4286	4556 4856	488I 5I36	543I	58II
3.I3. Удельный расход электроэнергии на питательный электронасос $э_{ПЭН}$ МДж/МВт (кВт·ч/Гкал)	53,74 (I7,36)	47,30 (I5,28)	43,09 (I3,92)	39,90 (I2,89)	37,73 (I2,I9)	35,72 (II,54)	34,76 (II,23)
3.I4. Удельный расход электроэнергии на тягу и дутье $э_{тд}$ МДж/МВт (кВт·ч/Гкал)	27,84 (8,99)	22,43 (7,25)	I9,I9 (6,20)	I7,I8 (5,55)	I6,20 (5,23)		
				20,95 (6,77)	I9,03 (6,I5)	I7,96 (5,80)	I7,65 (5,70)
3.I5. Расход тепла на нагрев воздуха в калориферах $Q_{кф}$, МВт (Гкал/ч)	3,92 (3,36)	4,89 (4,22)	5,87 (5,05)	6,77 (5,82)	7,33 (6,3I)	8,26 (7,08)	9,0I (7,75)
3.I6. Удельный расход тепла на нагрев воздуха в калориферах $q_{кф}$, %	2,34	2,36	2,38	2,37	2,26	2,28	2,27
3.I7. Потери тепла в калориферной установке $Q_{кф}$, МВт (Гкал/ч)	←			0,I80 (0,I55)			→
3.I8. Расход тепла на нагрев топлива $Q_{тл}$, МВт (Гкал/ч)	0,37 (0,33)	0,47 (0,40)	0,55 (0,47)	0,64 (0,55)	0,72 (0,62)	0,8I (0,70)	0,89 (0,77)
3.I9. Удельный расход тепла на нагрев топлива $q_{тл}$, %	←			0,22			→
3.20. Потери тепла на обдувку РВП $Q_{обд}$, МВт (Гкал/ч)	←			0,36 (0,3I)			→
3.2I. Потери тепла с непрерывной продувкой котла $Q^{пит}_{прод}$, МВт (Гкал/ч)	0,I3 (0,II)	0,I6 (0,I4)	0,I9 (0,I7)	0,22 (0,I9)	0,26 (0,22)	0,29 (0,25)	0,32 (0,28)
3.22. Потери тепла на продувку механических форсунок $Q_{прод}$, МВт (Гкал/ч)	←			0,0I9 (0,0I6)			→
3.23. Удельный расход тепла на собственные нужды котла $Q^{сн}_{к}$, %	0,4I	0,34	0,30	0,27	0,25	0,23	0,22

Таблица 3	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА **Условия характеристики и основные показатели котла**	Тип ТГМ-94

Топливо: природный газ
Низшая теплота сгорания $Q_н^р$ = 35,59 МДж/м³ (8500 ккал/м³)

Показатель	Нагрузка котла, т/ч						
	200	250	300	350	400	450	500
I. Температура топлива на входе в котел $t_{тл}$, °С	←			I0			→
2. Температура холодного воздуха (среднегодовая) на входе в дутьевой вентилятор до врезки рециркуляции $t_{х.в}$, °С	←			I0			→
3. Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель $t'_{в.п}$, °С	I4,5	I4,0	I3,5	I3,5	I6,0	I5,5	I5,5
4. Температура питательной воды $t_{п.в}$, °С	I88	200	209	2I6	22I	225	228
5. Температура уходящих газов $t_{ух}$, °С	I03	I07	III	II5	I20	I24	I28
6. Коэффициент рециркуляции дымовых газов r, %	28	2I	I4	9	5	3	2
7. Коэффициент избытка воздуха в режимном сечении $\alpha''_{пп}$	I08	I,06	I,05	I,04	I,04	I,04	I,04
8. Присосы воздуха на тракте, режимное сечение-дымосос $\Delta\alpha$	0,39	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25
9. Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах α	I,47	I,4I	I,37	I,34	I,32	I,30	I,29
I0. Потери тепла с уходящими газами q_2, %	5,4I	5,43	5,52	5,62	5,8I	5,94	6,II
II. Потери тепла от химической неполноты сгорания q_3, %	←			0			→
I2. Потери тепла от механической неполноты сгорания q_4, %	←			0			→
I3. Потери тепла в окружающую среду q_5, %	0,88	0,70	0,58	0,50	0,44	0,39	0,35
I4. Коэффициент полезного действия брутто $\eta_к^{бр}$, %	93,7I	93,87	93,90	93,88	93,75	93,67	93,54

Таблица 4

ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Поправки и вспомогательные зависимости

Тип ТГМ-94

Показатель	Нагрузка котла, т/ч						
	200	250	300	350	400	450	500
I. Поправки к q_2, %, на изменение:							
I.I. Температуры холодного воздуха на ±I°С	±0,050	±0,049	±0,048	±0,047	±0,047	±0,046	±0,045
I.2. Температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель на ±I °С	±0,030	±0,030	±0,030	±0,03I	±0,032	±0,032	±0,032
I.3. Температуры питательной воды на ±I°С	±0,040	±0,046	±0,053	±0,059	±0,065	±0,072	±0,078
I.4. Коэффициента рециркуляции дымовых газов на ±I%	±0,0I3	±0,0I5	±0,0I8	±0,020	±0,022	±0,024	±0,026
I.5. Коэффициента избытка воздуха в режимном сечении на ±0,0I	±0,030	±0,032	±0,035	±0,037	±0,039	±0,04I	±0,043
2. Поправки к температуре уходящих газов, °С, на изменение:							
2.I. Температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель на ±I°С	±0,590	±0,600	±0,605	±0,6I0	±0,6I5	±0,620	±0,630
2.2. Температуры питательной воды на ±I°С	±0,069	±0,083	±0,096	±0,II0	±0,I23	±0,I37	±0,I50
2.3. Коэффициента рециркуляции дымовых газов на ±I%	±0,22	±0,27	±0,32	±0,36	±0,4I	±0,46	±0,50
3. Вспомогательные зависимости:							
3.I. Физическое тепло топлива $Q_{тл}$, кДж/м³ (ккал/м³)	←			I5,5 (3,7)			→
3.2. Тепло внешнего подогрева воздуха $Q_{вн}$, кДж/м³ (ккал/м³)	6I,5 (I4,7)	54,9 (I3,I)	48,3 (II,5)	48,4 (II,6)	83,6 (20,0)	77,I (I8,4)	77,5 (I8,5)
3.3. Располагаемое тепло на I м³ натурального топлива $Q_р^р$, кДж/м³ (ккал/м³)	35,66 (85I8)	35,66 (85I8)	35,65 (85I8)	35,65 (85I8)	35,69 (8524)	35,68 (8522)	35,68 (8522)
3.4. Коэффициент, учитывающий дополнительное тепло, внесенное в топку K_Q	0,998	0,998	0,998	0,998	0,997	0,997	0,997
3.5. Теплопроизводительность котла брутто $Q_к^{бр}$, МВт (Гкал/ч)	I67,4 (I44)	207,0 (I78)	246,6 (2I2)	286,I (246)	324,5 (279)	362,9 (3I2)	397,7 (342)
3.6. Расход топлива $B_р$, тыс.м³/ч, при нормальных условиях	I8	22,3	26,5	30,6	35,I	39,I	42,9
3.7. Потери тепла с непрерывной продувкой $Q_{прод}$, МВт (Гкал/ч)	0,I3 (0,II)	0,I6 (0,I4)	0,I9 (0,I7)	0,22 (0,I9)	0,26 (0,22)	0,29 (0,25)	0,32 (0,28)
3.8. Мощность приводов РВП-54, кВт	←			2I			→
3.9. Мощность, потребляемая дутьевыми вентиляторами $N_{дв}$, кВт (I скорость/II скорость)	305	320	355	400 700	475 730	775	840
3.I0. Мощность, потребляемая дымососами $N_д$, кВт	660	690	720	740	790	860	960
3.II. Мощность, потребляемая дымососами рециркуляции $N_{дрг}$, кВт	290	250	2I0	I75	I40	I05	70

Таблица 4	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Поправки и вспомогательные зависимости	Тип ТГМ-94

Показатель	Нагрузка котла, т/ч						
	200	250	300	350	400	450	500
3.I2. Мощность, потребляемая питательными электронасосами $N_{пэн}$, кВт	2500	2720	2950	3I70	3400	3600	3840
3.I3. Суммарные затраты мощности на собственные нужды $N_{сн}$, кВт	3776	400I	4256	4506 4806	4826 508I	536I	573I
3.I4. Удельный расход электроэнергии на питательный электронасос $э_{пэн}$, МДж/МВт (кВт·ч/Гкал)	53,74 (I7,36)	47,30 (I5,28)	43,09 (I3,92)	39,90 (I2,89)	37,73 (I2,I9)	35,72 (II,54)	34,76 (II,23)
3.I5. Удельный расход электроэнергии на тягу и дутье $э_{т.д}$, МДж/МВт (кВт·ч/Гкал)	26,99 (8,72)	2I,92 (7,08)	I8,76 (6,06)	I6,56 (5,35) 20,30 (6,56)	I5,57 (5,03) I8,42 (5,95)	I7,27 (5,58)	I6,93 (5,47)

Таблица 5 | ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА | Тип ТГМ-84

Сравнение данных типовой характеристики с данными заводского расчета

Показатель	Типовая характеристика		Заводской расчет	
	Мазут	Газ	Мазут	Газ
I. Производительность котла $D_к$, т/ч	500	500	500	500
2. Давление в барабане котла $P_б$, МПа (кгс/см^2)	I5,2 (I55)	I5,2 (I55)	I5,2 (I55)	I5,2 (I55)
3. Давление перегретого пара $P_{пе}$, МПа (кгс/см^2)	I37 (I40)	I37 (I40)	I37 (I40)	I37 (I40)
4. Температура перегретого пара $t_{пе}$, °С	545	545	570*	570*
5. Расход пара промперегрева $D_{пп}$, т/ч	450	450	465	465
6. Давление пара до промперегрева $P'_{пп}$, МПа (кгс/см^2)	2,99 (30,5)	2,99 (30,5)	3,I8 (32,5)	3,I (32,5)
7. Давление пара после промперегрева $P''_{пп}$, МПа (кгс/см^2)	2,78 (28,3)	2,78 (28,3)	2,99 (30,5)	3,01 (3I,0)
8. Температура пара до промперегрева $t'_{пп}$, °С	358	358	382	382
9. Температура пара после промперегрева $t''_{пп}$, °С	545	545	570*	570*
I0. Температура питательной воды $t_{п.в}$, °С	228	228	230	230
II. Температура холодного воздуха $t_{х.в}$, °С	I0	I0	30	30
I2. Температура воздуха за калориферами $t_{к.в}$, °С	70	-	-	-
I3. Коэффициент рециркуляции дымовых газов r, %	4	2	I5	-
I4. Коэффициент избытка воздуха в режимном сечении $\alpha''_{пп}$	I,03	I,04	I,I5	I,I7
I5. Коэффициент избытка воздуха в уходящих газах $\alpha_{ух}$	I,28	I,29	I,37	I,37
I6. Температура уходящих газов $t_{ух}$, °С	I74	I28	I62	I39
I7. Потери тепла с уходящими газами q_2, %	7,94	6,II	6,88	5,90
I8. Потери тепла от химической неполноты сгорания q_3, %	0,0	0,0	0,5	0,5
I9. Потери тепла от механической неполноты сгорания q_4, %	0,0	0,0	0,0	0,0
20. Потери тепла в окружающую среду q_5, %	0,34	0,35	0,4	0,6
2I. Коэффициент полезного действия брутто $\eta_к^{бр}$, %	9I,72	93,54	92,22	93,0
22. Коэффициент полезного действия брутто, приведенный к условиям заводского расчета** $\eta_{к\,прив}^{бр}$, %	92,58	94,44		

* Согласно Эксплуатационному циркуляру № Т-4/7I. По вопросу снижения температуры перегретого пара энергоустановок (М.: СПНТИ ОРГРЭС, I97I), номинальная температура пара должна поддерживаться на уровне 545°С.

** КПД брутто котла приведен к условиям заводского расчета только с учетом температуры холодного воздуха $t_{х.в}$ = 30°С.

Рис.I	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА Основные показатели	Тип ТГМ-94

Условия построения характеристики

Топливо мазут				$t_{пв}$ °C	$t_{кв}$ °C	$t'_{рел}$ °C
Марка	$Q^р_н$ ккал/кг	$A^р$ %	$W^р$ %			
М 100	9200	0,14	50	228	10	70

поправки к q_2, %

на ±1% $W^р$	на ±1°C $t_{пв}$	на ±1°C $t_{кв}$	на ±1°C $t'_{рел}$	на ±1°C $t_{пв}$	на ±1% τ	на +0,01 α
±0,015	∓0,00004	∓0,045	±0,033	±0,009	±0,025	+0,056

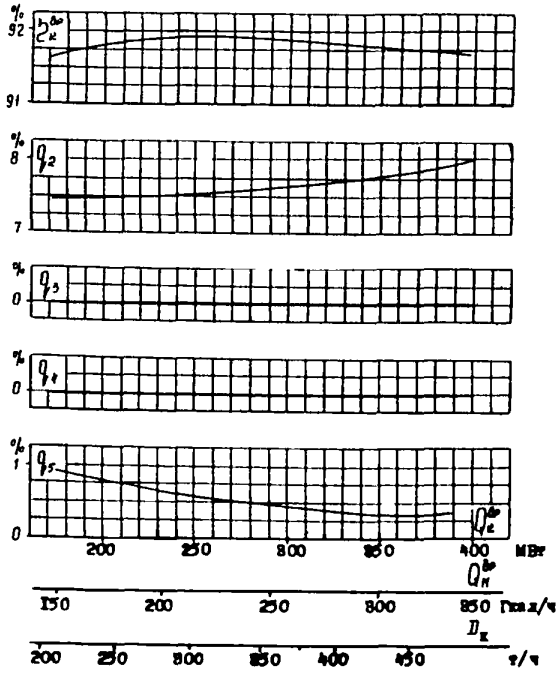


Рис.2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА Основные показатели	Тип ТГМ-94

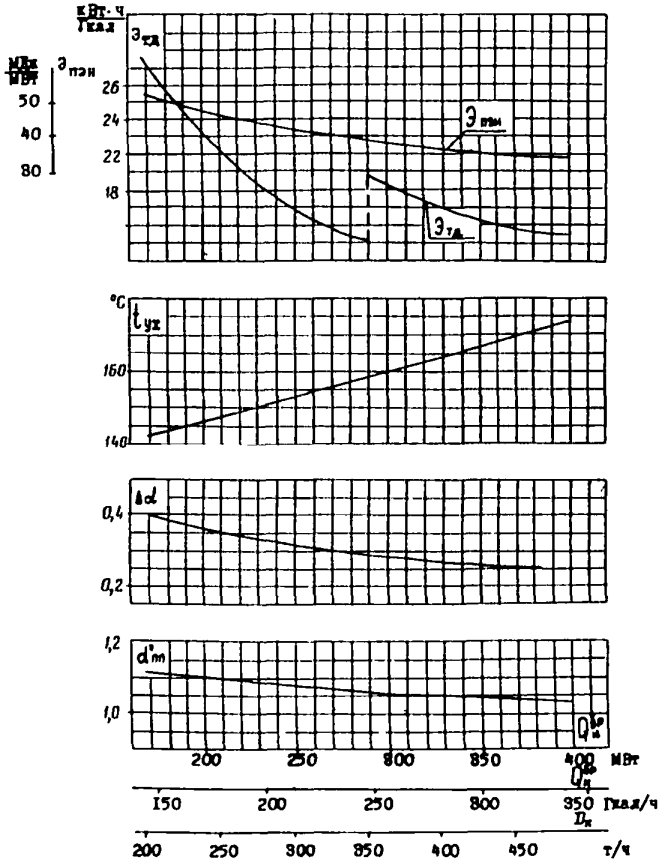


Рис. 3 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА

Стеклянное расходное тепло

Тип ТГМ-94

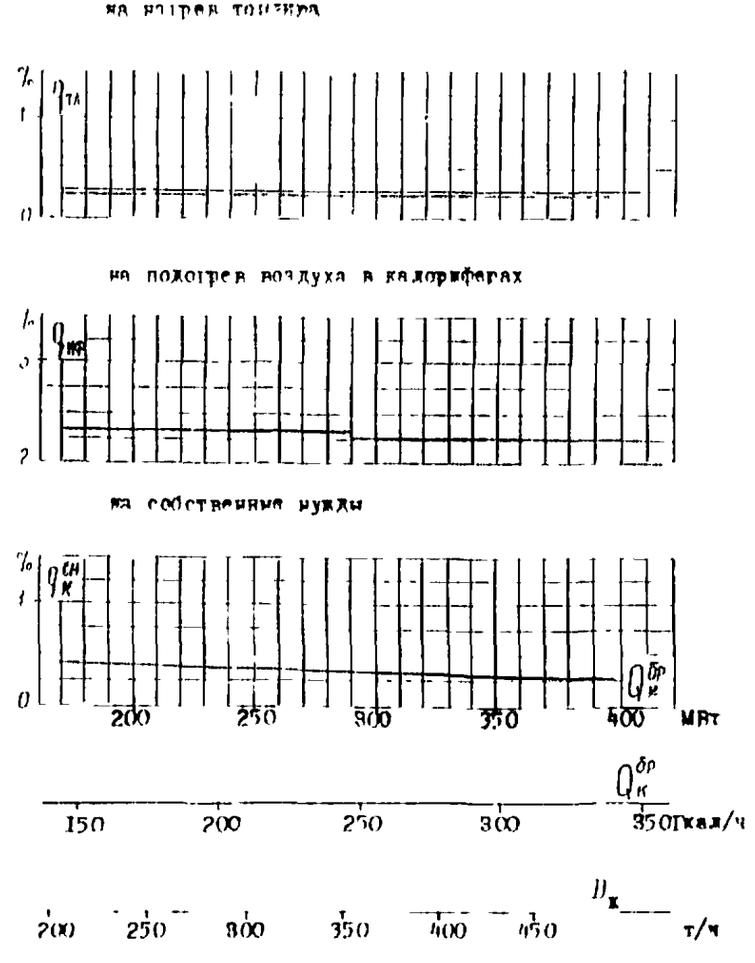
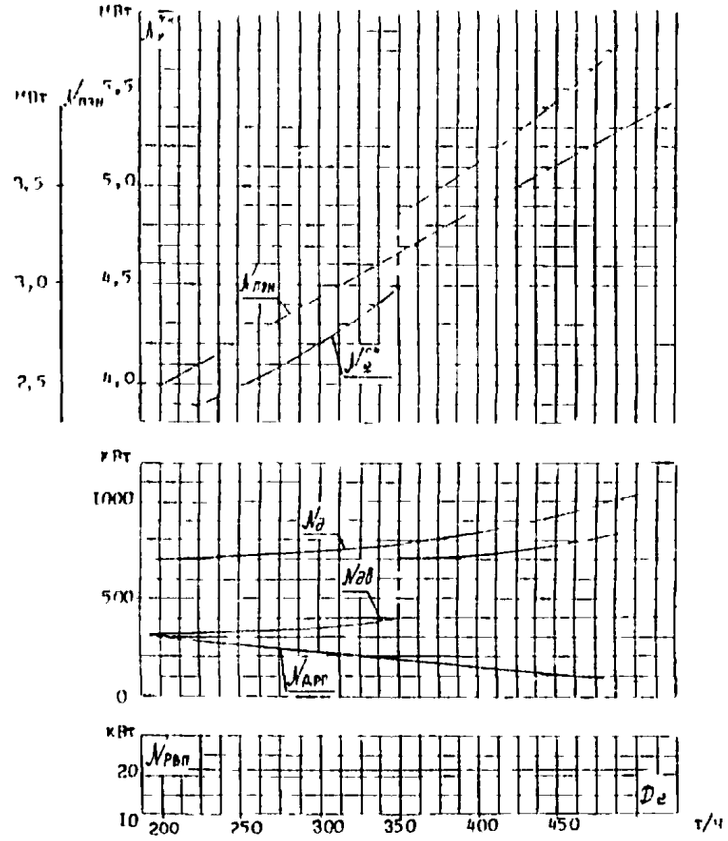


Рис. 4 ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА

Мощность приводов механизмов котлов и установок

Тип ТГМ-1



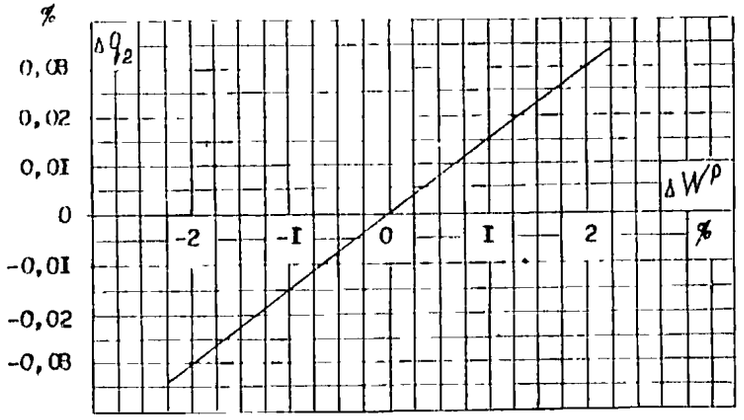
$N_к^{сн}$ – суммарные затраты мощности механизмами собственных нужд;

$N_д$ – мощность, затрачиваемая дымососами;

$N_{дв}$ – мощность, затрачиваемая вентиляторами

Рис. 5 | ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА. Поправки к q_2 | Тип ТПМ-94

на изменение содержания влаги в топливе



на изменение температуры топлива

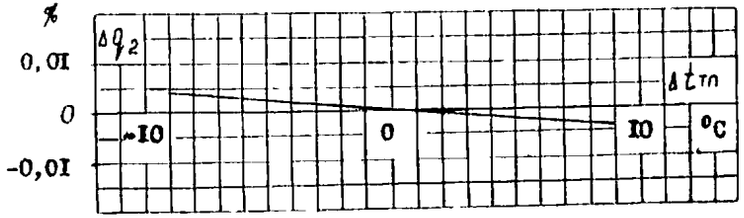
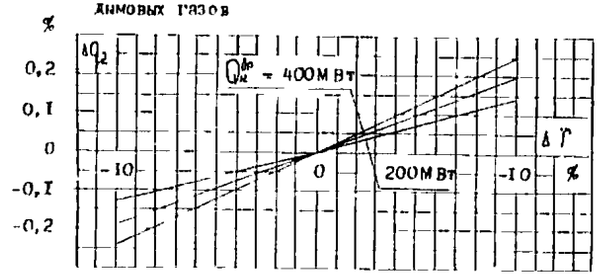
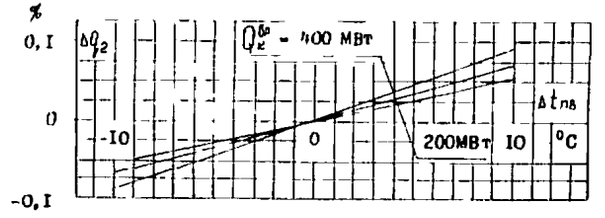


Рис. 6 | ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА. Поправки к q_2 | Тип ТГМ-84

на изменение коэффициента рециркуляции дымовых газов



на изменение температуры питательной воды



на изменение коэффициента избытка воздуха

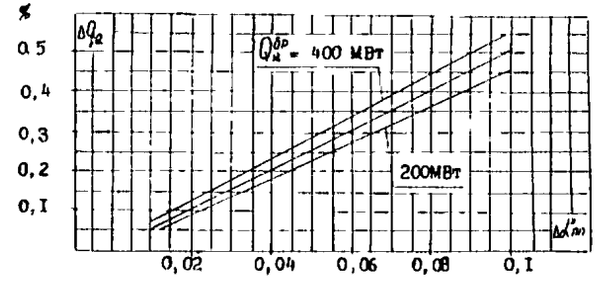
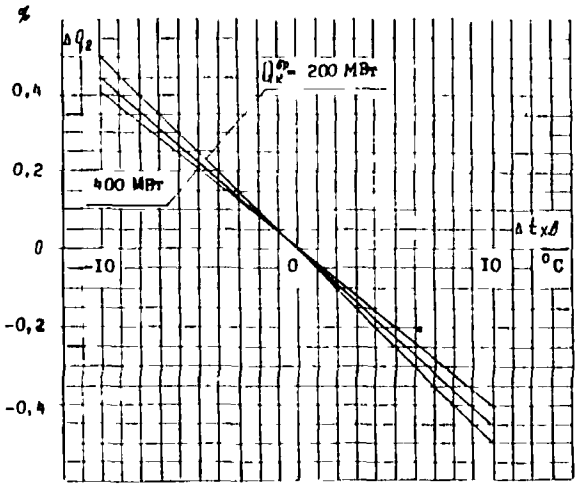


Рис.7	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА Поправки к q_2	Тип ТГМ-94

на изменение температуры холодного воздуха



на изменение температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель

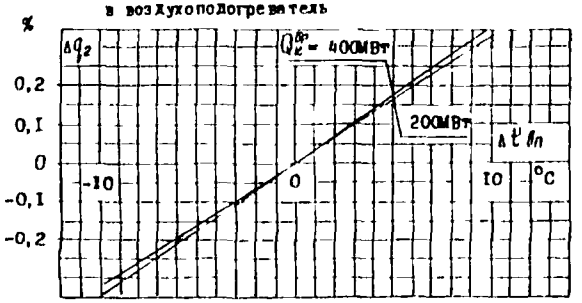
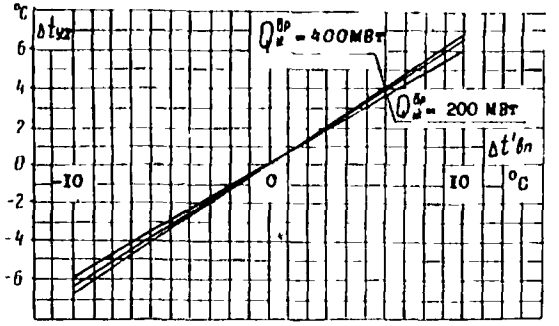
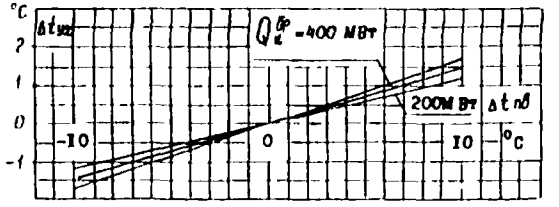


Рис.8	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ МАЗУТА Поправки и температура уходящих газов	Тип ТГМ-94



на изменение температуры питательной воды



на изменение коэффициента рециркуляции дымовых газов

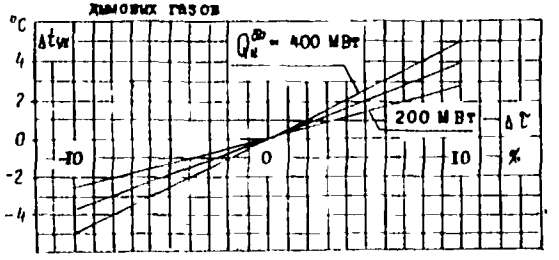


Рис.	ТИПОВАЯ НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Основные показатели	Тип ТГМ-94

Условия построения характеристики

топливо природный газ	$t_{пв}$	$t_{хв}$	$t'_{рвп}$
$Q^{н}_{н}$ = 8500 ккал/м³	228	10	15

Поправки к q_2, %

на 1°C $t_{хв}$	на 1°C $t'_{рвп}$	на 1°C $t_{пп}$	на +0,01 α
∓0,045	±0,051	±0,026	±0,045

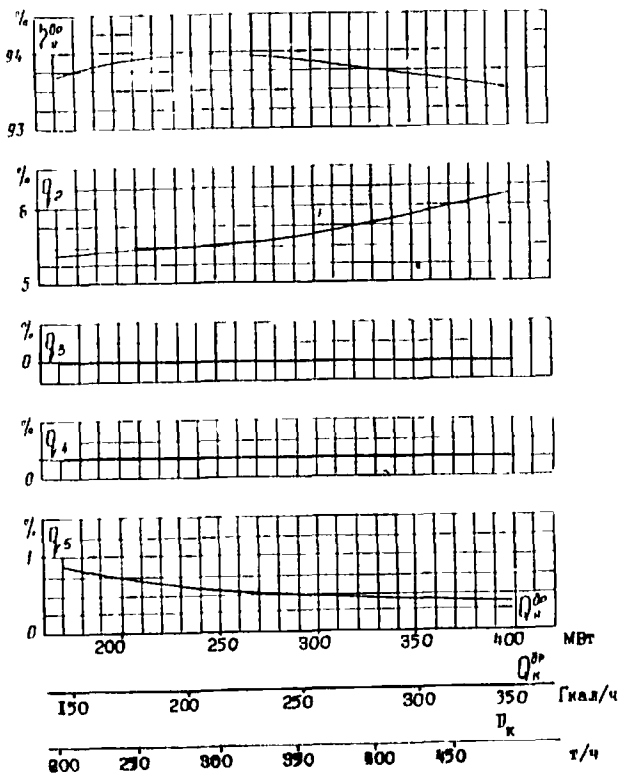


Рис. 10.	ТИПОВАЯ НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Основные показатели	Тип ТГМ-94

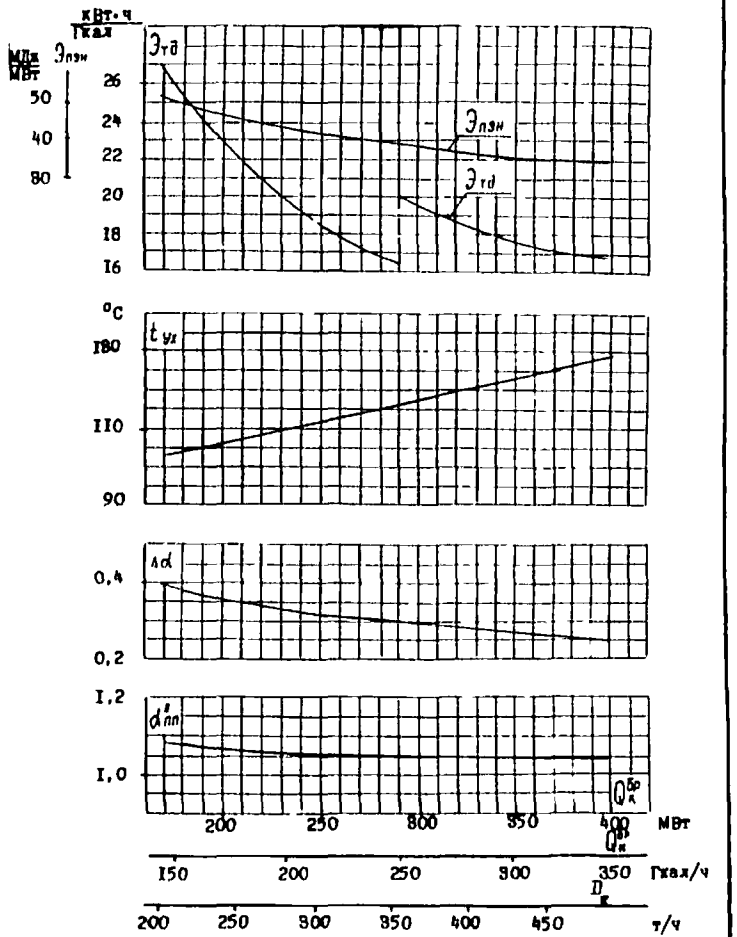
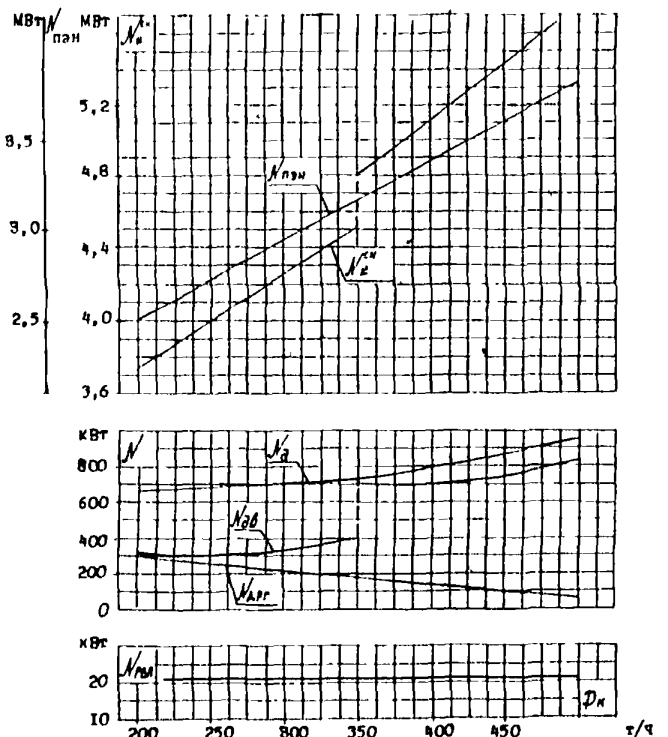


Рис.II.	ТИПОВАЯ НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Мощности приводов механизмов котельной установки	Тип ТГМ-94



$N_{дым}$ – мощность, затрачиваемая дымососами рециркуляции газов;
$N_э$ – мощность, приводов воздухоподогревателей;
$N_{эв}$ – мощность, затрачиваемая питательным электронасосом

Рис.I2	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Поправки к q_2	Тип ТГМ-94

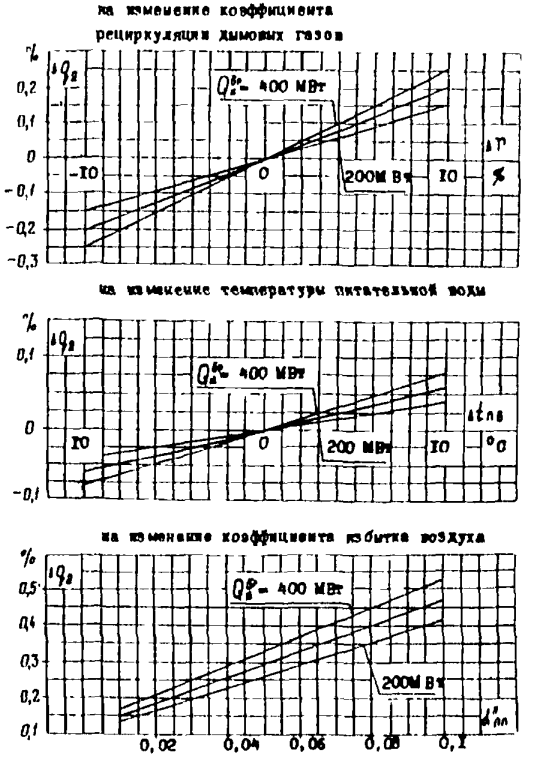


Рис. I3.	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Поправка к q_2	Тип ТГМ-94

на изменение температуры воздуха
на входе в воздухоподогреватель

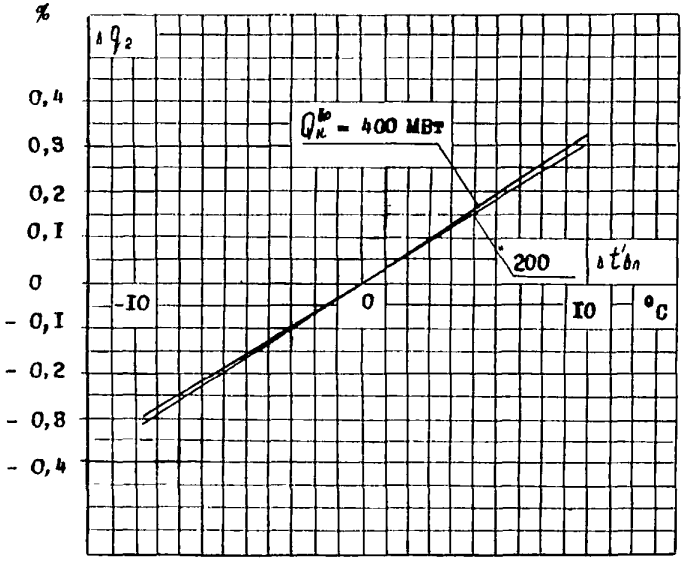
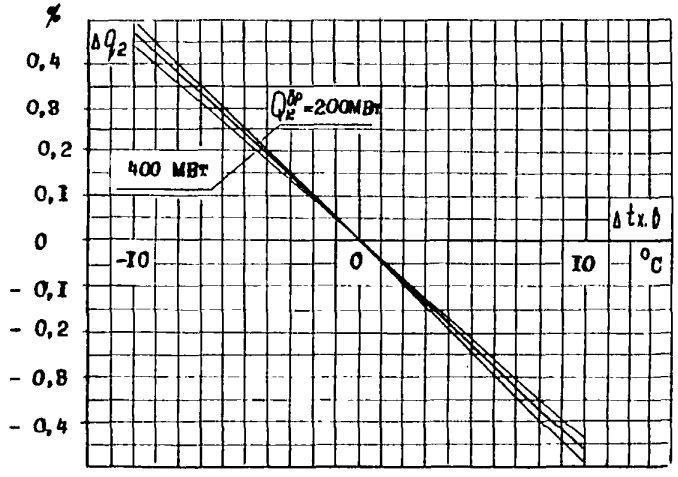


Рис. I4	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Поправка к q_2 , удельный расход тепла	Тип ТГМ-94

на изменение температуры холодного воздуха



удельные расходы тепла на собственные нужды

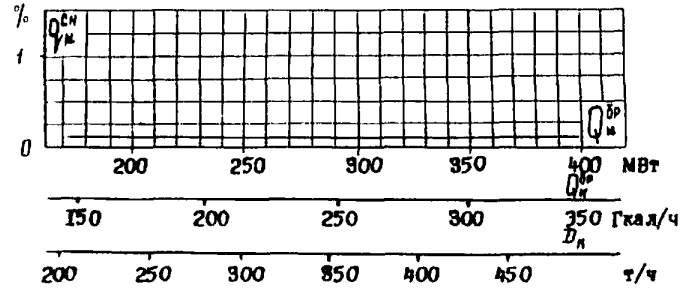
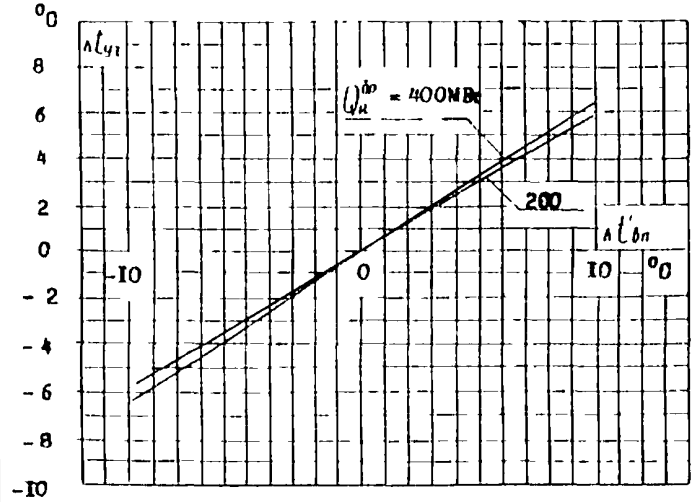


Рис. 15	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО ГАЗА Поправки к температуре уходящих газов	Тип ТГМ-94

на изменение температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель



на изменение температуры питательной воды

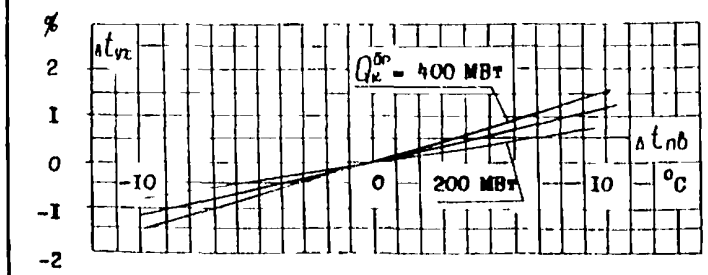
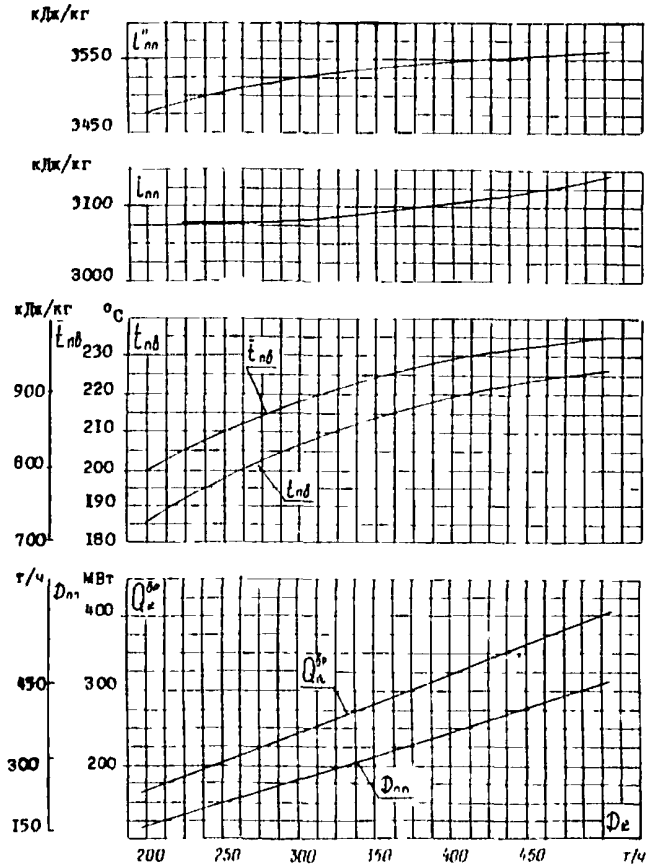


Рис. 16	ТИПОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЛА ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗА И МАЗУТА Вспомогательные зависимости	Тип ТГМ-94



Приложение

I. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

I.I. Барабанный стационарный однокорпусный котел ТПМ-94 ТКЗ с естественной циркуляцией, с промежуточным перегревом пара рассчитан на сжигание двух видов топлива: природного газа и мазута. Котел предназначен для работы в блоке с турбоагрегатом К-I60-I30 ХТГЗ.

Основные параметры котла при работе в блоке приведены в табл.5.

I.2. Котел имеет П-образную компоновку и оборудован 28 газомазутными вихревыми горелками, установленными на фронтовой стене топки в четыре яруса по семь штук. Мазут распыливается механическими форсунками, подача газа в горелках - центральная. Номинальная производительность одной горелки составляет по мазуту 2,4 т/ч, по газу 2500 м^3/ч при нормальных условиях.

На некоторых котлах проведена реконструкция горелочных устройств по проекту ХФ ЦКБ. Вместо 28 горелок на фронтовой стене топки установлено шесть вихревых газомазутных горелок в два яруса по три штуки. Мазут распыливается механическими форсунками, подача газа в горелках центральная и периферийная. Номинальная производительность одной горелки составляет: по мазуту 6,7 т/ч, по газу - 7200 м^3/ч.

I.3. На котле установлено три регенеративных воздухоподогревателя РВП-54, расположенных вне здания котельной. Для предварительного подогрева воздуха используются калориферы СО-II0.

I.4. Температура перегретого пара регулируется впрысками, а пара промперегрева - рециркуляцией дымовых газов.

I.5. Дымовые газы на рециркуляцию отбираются из газохода котла перед РВП и подаются в топку через 28 прямоугольных сопл размером 450xI00 мм, расположенных в один ряд на задней стене топки на уровне первого (нижнего) яруса горелок.

I.6. Большинство котлов укомплектовано:

- двумя дутьевыми вентиляторами двустороннего всасывания ВДН-24х2. Производительность одного вентилятора 3I8,5·I0^3 м^3/ч, полный напор 3,6 кПа (367 мм вод.ст.) при температуре воздуха 30^{0}С. Привод вентиляторов осуществляется от двухскоростных электродвигателей мощностью по I000/500 кВт со скоростью вращения 740/597 об/мин;

- двумя дымососами Д25х2IIIу производительностью 700·I0^3 м^3/ч каждый, полный напор 3,7 кПа (380 мм вод.ст.) при температуре I00^{0}С. Привод дымососов осуществляется от двухскоростных электродвигателей мощностью по I500/850 кВт со скоростью вращения 597/497 об/мин;

- двумя дымососами рециркуляции газов ВГД-I5,5 производительностью 85·I0^3 м^3/ч каждый, полный напор 2,8 кПа (287 мм вод.ст.) при температуре газов 400^{0}С. Привод дымососов рециркуляции осуществляется от электродвигателей мощностью I60 кВт со скоростью вращения 970 об/мин.

I.7. Наружные поверхности нагрева очищаются от золовых отложений в конвективной шахте периодическим включением в работу дробеочистной установки. Набивка РВП очищается периодической обдувкой паром, подаваемым через аппараты ОП-5*. После останова котла на длительное время (более 5 сут) набивка РВП отмывается водой.

I.8. Технически возможный минимум паропроизводительности котла составляет 30% номинальной.

2. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ ТПМ-94

2.I. Типовая энергетическая характеристика котла ТПМ-94 составлена на основании результатов четырех тепловых испытаний котлов Литовской, Ташкентской и Невинномысской ГРЭС при сжигании мазута и двух тепловых испытаний котлов Литовской и Ташкентской ГРЭС при сжигании природного газа в соответствии с нормативными материалами и методическими указаниями по нормированию технико-экономических показателей котлов. Характеристика отражает среднюю экономичность работы котла, вышедшего из капитального ремонта и работающего в блоке с турбиной К-I60-I30 ХТГЗ при ниже приведенных условиях, принятых за исходные.

---

* В случае роста сопротивления РВП по газовой стороне до значения, ограничивающего производительность котла, производится водная обмывка РВП.

2.2. Исходные условия составления характеристики

2.2.I. Характеристика топлива - высокосернистый мазут М100 с характеристикой на рабочую массу: A^p = 0,I4%, W^p = - 3,0%, S^p = 3,4%, $Q^p_н$ = 38520 кДж/кг (9200 ккал/кг); природный газ с низшей теплотой сгорания 35,59 МДж/м^3 (8500 ккал/м^3).

2.2.2. Температура мазута перед форсунками принята I20°С ($t_{т.д}$ = I20°С), исходя из условий вязкости мазута М100, равной 2,5°ВУ согласно § I5.4I ПТЭ.

2.2.3. Среднегодовая температура холодного воздуха на входе в дутьевой вентилятор принята равной I0°С.

2.2.4. Температура воздуха на входе в калориферы при изменении паропроизводительности котла от 40 до I00% изменяется в пределах I3-I6°С за счет нагрева воздуха в вентиляторах.

2.2.5. При сжигании мазута температура воздуха на входе в воздухоподогреватель составляет 70°С и постоянна во всем диапазоне нагрузки котла согласно § I7.25 ПТЭ. При сжигании природного газа предварительный подогрев воздуха не производится.

2.2.6. Температура питательной воды на входе в котел и ее изменение при изменении паропроизводительности котла приведены по данным "Типовой энергетической характеристики нетто турбоагрегата К-I60-I30 ХТГЗ" (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, I975).

2.2.7. Значения коэффициента рециркуляции дымовых газов в топку котла приняты по данным тепловых испытаний. Для минимальной паропроизводительности эти значения максимально возможные для установки, выполненной согласно проекту.

2.2.8. Коэффициент избытка воздуха за пароперегревателем равен: I,03 при сжигании мазута и I,04 при сжигании природного газа при работе котла с номинальной паропроизводительностью. При снижении паропроизводительности до 40% номинальный коэффициент избытка воздуха возрастает до I,I2 при сжигании мазута и I,08 при сжигании природного газа. Повышенные избытки воздуха при минимальной паропроизводительности котла поддерживают температуру пара промперегрева на приемлемом эксплуатационном уровне.

Для топок, оборудованных 28 горелками, рекомендуется следующее количество работающих горелок:

- при сжигании мазута в диапазоне изменения паропроизводительности от 40 до 70% - I2 горелок, отключены горелки первого и четвертого яруса и крайние горелки второго яруса; от 70 до I00% - I9 горелок, отключены горелки четвертого яруса и крайние горелки первого яруса;

- при сжигании природного газа в диапазоне изменения паропроизводительности котла от 40 до 70% - I2 горелок, отключены горелки первого и четвертого яруса и вторая и шестая горелки третьего яруса; от 70 до I00% - I9 горелок, отключены горелки четвертого яруса и вторая и шестая горелки третьего яруса.

2.2.9. Присосы воздуха в газовый тракт котла на номинальной нагрузке приняты равными 25%. С изменением нагрузки присосы воздуха определяются по формуле, %

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

2.3. В характеристике дана усредненная температура уходящих газов, измеренная в сечении на выходе газов из дымососа, которая соответствует проектной набивке РВП, приведенная к условиям эксплуатации котла, изложенным в п.2.2.

2.4. При проведении тепловых испытаний, на базе которых составлены типовые энергетические характеристики, применялась общепринятая методика, изложенная в книге "Теплотехнические испытания котельных установок" (М.: Энергия, I977).

2.5. Коэффициент полезного действия брутто котла (%) и потери тепла с уходящими газами (%) подсчитаны в соответствии с методикой, изложенной в книге "Теплотехнические расчеты по приведенным характеристикам топлива" (М.: Энергия, I977):

$$\eta^{бр}_к = 100 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5\ ,$$

где для мазута

$$q_2 = (3{,}5\alpha_{ух} + 0{,}45)\left(t_{ух} - \frac{\alpha_{ух}}{\alpha_{ух} + 0{,}13}\cdot t_{х.в}\right)(0{,}9805 + 0{,}00013\,t_{ух})K_q\,10^{-2};$$

для газа

$$q_2 = (3{,}53\alpha_{ух} + 0{,}6)\left(t_{ух} - \frac{\alpha_{ух}}{\alpha_{ух} + 0{,}18}\cdot t_{х.в}\right)(0{,}9805 + 0{,}00013\,t_{ух})K_q\,10^{-2},$$

где

$$\alpha_{ух} = \alpha''_{пп} + \Delta\alpha_{пр} .$$

2.6. Потери тепла от химической неполноты сгорания топлива приняты равными нулю, так как во время испытаний котла при избытках воздуха, принятых в типовой энергетической характеристике, они отсутствовали.

2.7. Потери тепла от механической неполноты сгорания топлива приняты равными нулю согласно "Положению о согласовании нормативных характеристик оборудования и расчетных удельных расходов топлива" (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1975).

2.8. Потери тепла в окружающую среду (%) при испытаниях не определялись. Они рассчитаны в соответствии с "Методикой испытаний котельных установок" (М.: Энергия, 1970) по формуле

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

2.9. Удельный расход тепла на нагрев воздуха в калориферной установке при сжигании мазута подсчитан с учетом нагрева воздуха в вентиляторах. Удельный расход тепла на нагрев мазута подсчитан исходя из условия, что температура мазута в расходных баках составляют 80°С.

2.10. В удельный расход тепла на собственные нужды котельной установки включены потери тепла в калориферах, КПД которых принят 98%; потери тепла при продувке форсунок, при паровой продувке РВП и с непрерывной продувкой котла.

Расход тепла на паровую обдувку РВП рассчитывался по формуле, МВт(Гкал/ч)

$$Q_{обд} = G_{обд}\, i_{обд}\, \tau_{обд}\, 10^{-6},$$

где $G_{обд}$ = 75 кг/мин в соответствии с "Нормами расхода пара и конденсата на собственные нужды энергоблоков 300, 200, 150 МВт" (М.: СЦНТИ ОРГРЭС, 1974);

$i_{обд} = i_{нас.пара}$ ($P_{пара} = 0{,}8 \div 1{,}0$ МПа, $t_{пара}$ 350°С);

$\tau_{обд}$ = 150 мин (3 аппарата с продолжительностью обдувки 50 мин с одноразовым включением в течение суток).

Расход тепла с продувкой котла подсчитывается по формуле

$$Q_{прод} = G_{прод}\, i_{сбр}\, 0{,}5 \cdot 10^{-6},$$

где

$G_{прод}$ = 1% производительностью котла;

0,5 - доля сбрасываемого конденсата из двухступенчатого расширителя продувки;

$i_{сбр}$ = 461 кДж/кг - энтальпия сбросного конденсата.

Расход тепла на продувку форсунок подсчитывается по формуле

$$Q_{пр.ф} = \frac{2\, G_{пр.ф}\, i}{168},$$

где

$G_{пр.ф} = \alpha_{пр.ф}\, n_ф$ - расход пара на продувку форсунок;

$\alpha_{пр.ф}$ = 100 кг - расход пара на продувку одной форсунки;

$n_ф$ = 28 - количество форсунок;

i = 700 ккал/кг - энтальпия сбросного пара.

Форсунки продуваются два раза в неделю, перед снятием и после установки.

2.11. В расчет удельного расхода электроэнергии на тягу и дутье включены расходы электроэнергии на привод дутьевых вентиляторов, дымососов рециркуляции газов, измеренные при проведении тепловых испытаний и приведенные к условиям составления характеристики.

2.12. В суммарные затраты мощности механизмами собственных нужд котельной установки включены затраты мощности на привод питательного насоса, дымососов, дутьевых вентиляторов, дымососов рециркуляции дымовых газов и регенеративных воздухоподогревателей.

2.13. В удельный расход электроэнергии на собственные нужды не включен расход электроэнергии на привод воздуходувки для подачи дроби из-за отсутствия данных. В настоящее время на котлах применяется также термоволновая очистка. В каждом конкретном случае необходимо вносить коррективы в значение удельных расходов тепла или электроэнергии.

2.14. Работа котла в режиме скользящего давления возможна при паропроизводительности от 70 до 75% номинальной. При этом допускается возможность использования настоящей характеристики для определения экономичности работы котла.

3. ПОПРАВКИ К НОРМАТИВНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

3.1. Для приведения основных нормативных показателей работы котла к измененным условиям его эксплуатации в допустимых пределах отклонения значений параметров, влияющих на эти условия, даны поправки для постоянной теплопроизводительности котла. Поправки к q_2 (%) в виде графиков приведены на рис.5, 6,12-14. Поправки к температуре уходящих газов (^{o}C) приведены на рис.8, 15. Расчет поправок производить по следующим формулам*:

3.1.1. На изменение влажности мазута

$$\Delta q_2 = 0{,}015\,(W^{\Pi} - 3).$$

3.1.2. На изменение температуры мазута

$$\Delta q_2 = -0{,}4\cdot 10^{-3}\,(t_{1л} - 120).$$

3.1.3. На изменение температуры холодного воздуха:

при сжигании мазута

$$\Delta q_2 = -(0{,}057 - 35\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(t_{х.в} - 10);$$

при сжигании природного газа

$$\Delta q_2 = -(0{,}053 - 20\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(t_{х.в} - 10).$$

3.1.4. На изменение температуры воздуха на входе в воздухоподогреватель от значения, приведенного в типовой характеристике, $t'^{норм}_{РВП}$:

при сжигании мазута (определена расчетным путем):

$$\Delta t_{ух} = (0{,}512 + 0{,}42\cdot 10^{-3} Q_к^{бр})(t'_{РВП} - 70);$$

$$\Delta q_2 = (0{,}032 + 5\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(t'_{РВП} - 70);$$

при сжигании природного газа:

$$\Delta t_{ух} = (0{,}565 + 0{,}157\cdot 10^{-3} Q_к^{бр})(t'_{РВП} - t'^{норм}_{РВП});$$

$$\Delta q_2 = (0{,}028 + 11{,}0\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(t'_{РВП} - t'^{норм}_{РВП}).$$

3.1.5. На изменение коэффициента рециркуляции дымовых газов от значения, приведенного в типовой характеристике, $r^{норм}$:

при сжигании мазута:

$$\Delta t_{ух} = (0{,}02 + 1{,}2\cdot 10^{-3} Q_к^{бр})(r - r^{норм});$$

$$\Delta q_2 = (0{,}003 + 55\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(r - r^{норм});$$

при сжигании природного газа:

$$\Delta t_{ух} = (0{,}02 + 1{,}2\cdot 10^{-3} Q_к^{бр})(r - r^{норм});$$

$$\Delta q_2 = (0{,}004 + 55\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(r - r^{норм}).$$

3.1.6. На изменение температуры питательной воды от значения, приведенного в типовой характеристике, $t^{норм}_{пв}$:

при сжигании мазута:

$$\Delta t_{ух} = (0{,}07 + 0{,}25\cdot 10^{-3} Q_к^{бр})(t_{п.в} - t^{норм}_{пв});$$

$$\Delta q_2 = (0{,}03 + 15\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(t_{п.в} - t^{норм}_{пв});$$

при сжигании природного газа:

$$\Delta t_{ух} = (0{,}01 + 0{,}35\cdot 10^{-3} Q_к^{бр})(t_{пв} - t^{норм}_{п.в});$$

$$\Delta q_2 = (0{,}0012 + 16{,}5\cdot 10^{-6} Q_к^{бр})(t_{пв} - t^{норм}_{пв}).$$

3.1.7. На изменение коэффициента избытка воздуха в рассматриваемом сечении от значения, приведенного в типовой характеристике:

---

* Значения $Q_к^{бр}$ в формулах для определения поправок даны в мегаваттах.

при сжигании мазута

$$\Delta q_2 = (3{,}7 + 4{,}75 \cdot 10^{-3} \eta_к^{бр})(\alpha''_{пп} - \alpha''^{норм}_{пп});$$

при сжигании природного газа

$$\Delta q_2 = (2{,}1 + 5{,}5 \cdot 10^{-3} \eta_к^{бр})(\alpha''_{пп} - \alpha''^{норм}_{пп}).$$

Поправка к температуре уходящих газов на изменение коэффициента избытка воздуха в режимном сечении на основании экспериментальных данных при сжигании мазута и природного газа равна нулю.

3.2. Пользование системой поправок поясняется следующими примерами: котел работает на газе с теплопроизводительностью 265 МВт при следующих измененных условиях эксплуатации:

Температура холодного воздуха ..... 20°С
Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель ..... 24°С
Температура питательной воды ..... 210°С
Коэффициент рециркуляции 7%

От значений параметров, указанных выше, вычитают значения тех же параметров, приведенных в типовой нормативной характеристике и подсчитывают их разность. Знак разности указывает направление изменения значения каждого параметра. Поправки для этих разностей (с учетом их знака) находят по графикам рис.I2-I4, I5, либо подсчитывают по формулам (п.3.I.3-3.I.6).

Для указанного выше примера значения разностей и поправок следующие:

Разность	Поправки по графикам Δq_2	Поправки по графикам $\Delta t_{ух}$	Поправки по формулам Δq_2	Поправки по формулам $\Delta t_{ух}$
$\Delta t_{х.в} = 20-10=10^{\circ}С$	-0,47	—	-0,473	—
$\Delta t'_{рвп} = 210-216=-6^{\circ}С$	-0,035	-0,7	-0,035	-0,658
$\Delta t_{пв} = 24-13{,}5=10{,}5^{\circ}С$	+0,31	+6,3	+0,318	+6,31
$\Delta r = 9-7 = +2\%$	+0,004	+0,8	+0,039	+0,724
И т о г о ...	-0,155	+6,4	-0,151	

Нормативные значения температуры уходящих газов и q измененных условий эксплуатации составят:

$$t^{н}_{ух} = t^{норм}_{ух} \pm \Delta t_{ух} = 115 + 6{,}4 = 121{,}4\ ^{\circ}С;$$

$$q^{н}_2 = q^{норм}_2 \pm \Delta q_2 = 6{,}07 - 0{,}155 = 6{,}09\%.$$

gost.e-ecolog.ru