РОССИЙСКОЕ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

МЕТОДИКА
РАСЧЕТА МИНИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

СО 34.09.457-2004

Москва ЦПТИ ОРГРЭС 2004

gost.e-ecolog.ru

Разработано Филиалом ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Фирма ОРГРЭС»

Исполнители *Н.Л. АСТАХОВ, А.Г. ДЕНИСЕНКО, М.С. МОЛОКАНОВ, В.С. ЦВЕТКОВ*

Утверждено Департаментом электрических станций Российского открытого акционерного общества энергетики и электрификации «ЕЭС России» 10.03.2004

Начальник *А.А. ВАГНЕР*

Настоящая Методика регламентирует порядок расчета значений минимальной электрической мощности теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) при заданной тепловой нагрузке.

Методика предназначена для использования на всех стационарных паротурбинных электростанциях, работающих на органическом топливе, а также в АО-энерго и генерирующих компаниях.

Методика вводится в опытном порядке.

Замечания и предложения направлять по адресу: 107023, Москва, Семеновский пер., д. 15, Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» – «Фирма ОРГРЭС» или на сайт gost.e-ecolog.ru

© ЦПТИ ОРГРЭС, 2004

Введение

Федеральный закон Российской Федерации от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» устанавливает приоритет комбинированной выработки электрической и тепловой энергии по отношению к другим режимам работы ТЭС (пункт 1 статьи 13, пункт 2 статьи 32, статья 45).

Выработанной по комбинированному (теплофикационному) циклу является электроэнергия, полученная за счет пара, частично или полностью отработавшего в турбоагрегате, тепло которого использовано для теплоснабжения потребителей.

На турбоагрегатах с регулируемыми отборами и конденсацией пара выработке электроэнергии по теплофикационному циклу $Э_{тф}$ (теплофикационной мощности $N_{тф}$) сопутствует вынужденная выработка электроэнергии по конденсационному циклу $Э^{в}_{кн}$ (вынужденная конденсационная мощность), обусловленная минимальным эксплуатационным расходом пара в конденсатор.

В настоящей Методике под минимальной мощностью турбоагрегата (ТЭЦ) понимается сумма теплофикационной и вынужденной конденсационной ($N^{в}_{кн}$) мощностей.

В эксплуатационных условиях минимальная мощность ТЭЦ определяется:

— количеством тепла, отпускаемого внешним потребителям;

— установленными заводами-изготовителями минимальными расходами пара в конденсаторы турбоагрегатов;

— техническими минимумами теплопроизводительности энергетических котлов;

— условиями надежности энергоснабжения потребителей;

— техническим состоянием оборудования.

1 МИНИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ТУРБОАГРЕГАТА

1.1 В общем случае минимальная электрическая мощность турбоагрегата $N_{\text{Т}}^{\text{мин}}$ (исходя из обеспечения потребителей теплом) определяется по формуле

$$N_{\text{Т}}^{\text{мин}} = N_{\text{Т}}^{(\text{Н})} + \sum \Delta N_{\text{Т}}, \qquad (1)$$

где $N_{\text{Т}}^{(\text{Н})}$ – нормативная мощность турбоагрегата при работе его по тепловому графику нагрузок, МВт;

$\sum \Delta N_{\text{Т}}$ – сумма поправок к нормативной мощности турбоагрегата, МВт.

1.2 Под нормативной мощностью турбоагрегата при работе его по тепловому графику нагрузок понимается электрическая мощность турбоагрегата при работе его с заданной тепловой нагрузкой и минимальным (установленным заводом-изготовителем) расходом пара в конденсатор.

1.3 Наличие в нормативных документах (НД) по топливоиспользованию электростанций графиков нормативной мощности турбоагрегатов с конденсацией и регулируемыми отборами пара для режимов работы их с полным использованием тепла отработавшего пара, а также турбоагрегатов с противодавлением регламентировано «Методическими указаниями по составлению и содержанию энергетических характеристик оборудования тепловых электростанций: РД 34.09.155-93» (СО 153-34.09.155-93) (М.: СПО ОРГРЭС, 1993).

1.4 Основой для построения графиков нормативной мощности $N_{\text{Т}}^{(\text{Н})}$ турбоагрегатов с регулируемыми отборами

и конденсацией пара для режимов работы их с минимальным (установленным заводом-изготовителем) расходом пара в конденсатор (рисунки 1 и 2) являются содержащиеся в НД по топливоиспользованию графики зависимости удельного расхода тепла на турбоагрегат на выработку электроэнергии $q_т$ от его электрической мощности $N_т$ и нагрузки производственного $\overline{Q}_{ПО}$ и отопительного $\overline{Q}_{ТО}$ отборов.

1.5 Графики, аналогичные рисунку 1, разрабатываются для турбоагрегатов ПТ1 (при работе их только с производственным или только с отопительным отбором), П и Т1, а также Т2 (для одноступенчатого и двухступенчатого подогрева сетевой воды).

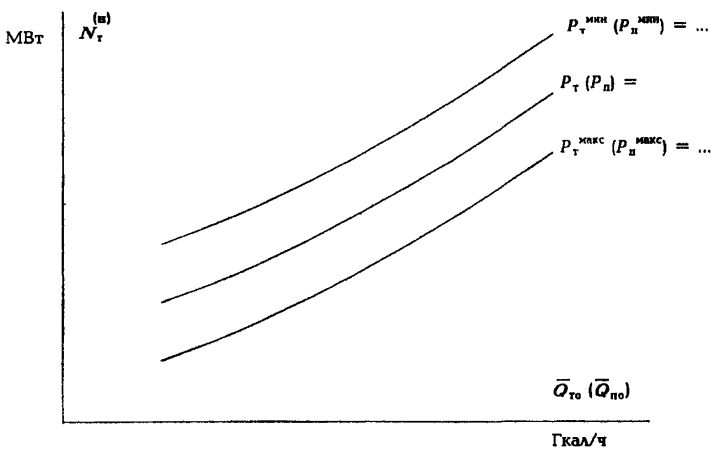

Рисунок 1 – Нормативная мощность турбоагрегатов ПТ1 (при работе только с одним из отборов), П, Т1 и Т2 (отдельно для одно- и двухступенчатого подогрева сетевой воды)

1.6 Графики, аналогичные рисунку 2, разрабатываются для турбоагрегатов ПТ1 (при $P_П$ = const и $P_Т$ = const) и ПТ2 (для каждого фиксированного значения давления пара в верхнем и нижнем отопительных отборах при $P_П$ = const).

Примечание – В пунктах 1.5 и 1.6 приняты следующие обозначения типов турбоагрегатов: П – с одним производственным отбором пара; Т1 и Т2 – с одной или двумя ступенями давления отопительного отбора пара; ПТ1 и ПТ2 – с производственным и одной или двумя ступенями давления отопительного отбора пара.

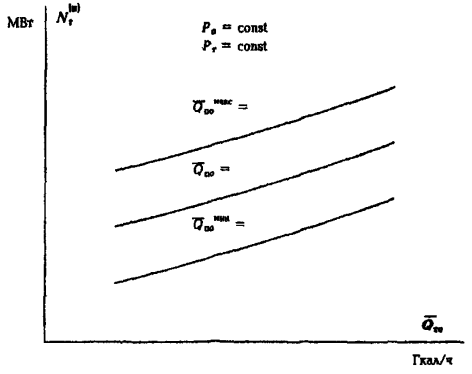

Рисунок 2 – Нормативная мощность турбоагрегатов ПТ1 (при работе с обоими отборами: $P_Т$ = const, $P_П$ = const) и ПТ2 (при работе с обоими отборами: $P_П$ = const для каждого фиксированного значения давления пара в верхнем и нижнем отопительных отборах)

1.7 Значение $N_Т^{(Н)}$ определяется путем проецирования на ось мощностей графика $q_Т = f(N_Т, \bar{Q}_{ПО}, \bar{Q}_{ТО})$ точки А: точки примыкания к линии 1, характеризующей работу турбоагрегата по тепловому графику нагрузок, линии 2, характеризующей работу турбоагрегата по электрическому графику нагрузок при $\bar{Q}_{ПО}$ $(\bar{Q}_{ТО})$ = const [для турбоагрегатов типа П (Т1, Т2), рисунок 3] или при $\bar{Q}_{ПО}$ = const и $\bar{Q}_{ТО}$ = const [для турбоагрегатов ПТ1 и ПТ2, рисунок 4].

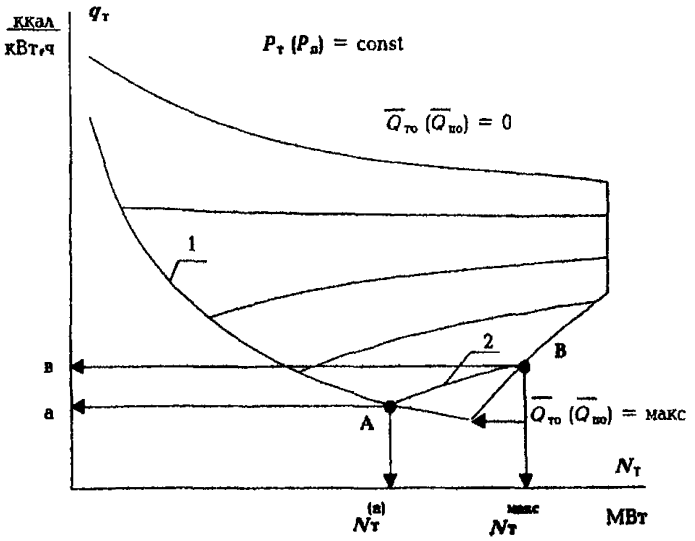

Рисунок 3 – Пример графиков зависимости
$q_т = f(N_т, \overline{Q}_{то})$, $q_т = f(N_т, \overline{Q}_{по})$

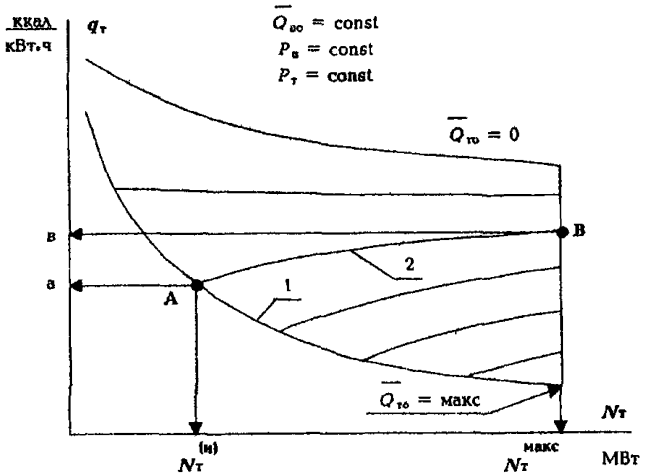

Рисунок 4 – Пример графиков зависимости
$q_т = f(N_т, \overline{Q}_{по}, \overline{Q}_{то})$

1.8 На графиках $N_T^{(H)}$ обозначаются границы зон естественного повышения давления (ЕПД) в камерах регулируемых отборов пара. Значения $N_T^{(H)}$ в зонах ЕПД определяются при значениях естественного давления пара в камерах отборов.

1.9 Если по каким-либо причинам для всего диапазона изменения нагрузок отборов $\bar{Q}_{ПО}$ и $\bar{Q}_{ТО}$ или отдельных его интервалов значения $N_T^{(H)}$ нельзя определить на основе графиков $q_T = f(N_T, \bar{Q}_{ПО}, \bar{Q}_{ТО})$, то они определяются на основе диаграммы режимов.

1.10 К факторам, влияющим на изменение нормативной мощности турбоагрегата, относятся:

— временное, утвержденное в установленном порядке, снижение параметров пара перед турбоагрегатом;

— отклонение значений давления пара в регулируемых отборах от их значений, принятых при построении энергетической характеристики турбоагрегата;

— отклонение давления пара в конденсаторе от номинального значения;

— минимальный, установленный заводом-изготовителем расход свежего пара, при котором обеспечивается устойчивая работа системы регенеративного подогрева питательной воды;

— неудовлетворительное состояние проточной части турбоагрегата;

— неудовлетворительное состояние регулирующих органов части низкого давления (ЧНД);

— при минимальном (установленном заводом — изготовителем турбоагрегата) расходе пара в конденсатор превышение допустимых значений температуры металла выхлопного патрубка ЧНД и вибрации ротора;

— прочие факторы.

2 МИНИМАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ ТЭЦ

2.1 Расчету минимальной мощности ТЭЦ (группы оборудования) $N_{ТЭЦ}^{мин}\left(N_{ГР}^{мин}\right)$ предшествует распределение общей тепловой нагрузки ТЭЦ (группы оборудования) между отдельными источниками (турбоагрегатами, пиковыми водогрейными котлами, РОУ) в соответствии с подразделами 2.1 и 2.2 «Методических указаний по прогнозированию удельных расходов топлива: РД 153-34.0-09.115-98» (СО 34.0-09.115-98) (М.: СПО ОРГРЭС, 1999). При этом в отпуск тепла из Т- и П-отбора включается отпуск тепла из нерегулируемых отборов (сверх нужд регенерации) с давлением пара соответственно до и свыше 3 кгс/см^2.

2.2 При распределении тепловых нагрузок количество работающих турбоагрегатов и групп оборудования должно приниматься минимальным, оно определяется тепловой нагрузкой потребителей.

При минимальных тепловых нагрузках следует предусматривать нахождение в работе одного турбоагрегата и одного котла ТЭЦ, если другое их количество не следует из особенностей тепловой схемы электростанции, условий энергоснабжения потребителей и установленных заводом-изготовителем ограничений в работе оборудования.

2.3 Расчеты значений $N_{ГР}^{мин}\left(N_{ТЭЦ}^{мин}\right)$ производятся для каждого месяца.

Расчеты рекомендуется производить по форме таблиц 1-4, при необходимости дополняя их или внося в них изменения.

Для месяцев, в течение которых осуществляется отключение (включение) отопительной нагрузки, таблицы 1-3

приводятся для двух режимов работы ТЭЦ: без отопительной нагрузки и с отопительной нагрузкой.

2.4 Исходные данные приводятся в таблице 1, результаты распределения тепловых нагрузок, значения $N_T^{(H)}$ – в графах 2-10 таблицы 2. В графу 11 таблицы 2 переносится суммарное значение (из таблицы 3) изменения нормативной мощности турбоагрегата $\sum \Delta N_T$, в графе 12 указывается сумма значений показателей граф 10 и 11.

Таблица 1 **– Отпуск тепла** _____
(наименование ТЭЦ)

за _____ **200_ г.**
(месяц)

Наименование показателя	Значение показателя
Время работы ТЭЦ, ч	
Отпуск тепла внешним потребителям, Гкал:	
всего	
из П-отборов (включая РОУ)	
из Т-отборов	
от конденсаторов турбоагрегатов при нормальном вакууме	
от конденсаторов турбоагрегатов при «ухудшенном» вакууме	
от ПВК	
от энергетических котлов (свежим паром и через РОУ)	
Отпуск тепла турбоагрегатами, включая расход на собственные нужды, Гкал:	
из П-отборов	
из Т-отборов	
от конденсаторов при нормальном вакууме	
от конденсаторов при «ухудшенном» вакууме	

Таблица 2 – **Средняя тепловая нагрузка отборов и мощность турбоагрегатов**

_____ за _____ 200_ г. при работе по тепловому графику нагрузок

(наименование ТЭЦ) (месяц)

Обозначение турбоагрегата и его станционный номер	П-отбор		Т-отбор		Конденсатор				$N_T^{(н)}$ МВт	$\sum \Delta N_T$ МВт	$N_T^{мин}$ МВт	$\Delta q_{КН}$ Гкал/(МВт·ч)	$\bar{Q}_0^{мин}$ Гкал/ч
					Нормальный вакуум		«Ухудшенный» вакуум						
	$\bar{Q}_{ПО}$ Гкал/ч	$P_П$ кгс/см^2	$\bar{Q}_{ТО}$ Гкал/ч	$P_Т$ кгс/см^2	$\bar{Q}_{нв}$ Гкал/ч	$P_{нв}$ кгс/см^2	$\bar{Q}_{ув}$ Гкал/ч	$P_{ув}$ кгс/см^2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Всего по ТЭЦ		–		–			–					–	–

Примечания

1. Данные приводятся по каждому турбоагрегату, каждой грушe оборудования и по ТЭЦ в целом.

2. Указываются все турбоагрегаты (в том числе типов Р и ПР), участвующие в отпуске тепла, по таблице 1.

Таблица 3 – **Значения изменений нормативной мощности турбоагрегатов** $(\Delta N_T$ МВт$)$

_____ (наименование ТЭЦ) **за** _____ (месяц) **200_ г. при работе их по тепловому графику нагрузок**

Фактор изменения нормативной мощности турбоагрегата*	Станционный номер турбоагрегата и его обозначение					
Всего						

* Приводятся действующие из перечисленных в п. 1.10 Методики факторы. Прочие факторы расшифровываются.

В графе 13 указывается относительный прирост расхода тепла турбоагрегатом на производство электроэнергии по конденсационному циклу $\Delta q_{КН}$ [Гкал/(МВт·ч)]. Он определяется на основе эксплуатационных данных или с достаточной для данных расчетов точностью может быть рассчитан по формуле

$$\Delta q_{КН} = \frac{q_T^{макс} N_T^{макс} - q_T^{(Н)} N_T^{(Н)}}{N_T^{макс} - N_T^{(Н)}} \cdot 10^{-3}. \qquad (2)$$

В формуле (2) при заданных тепловых нагрузках турбоагрегата определяемые по графикам, аналогичным рисункам 3 и 4:

$N_T^{(Н)}$ и $N_T^{макс}$ — нормативная и максимально возможная мощности турбоагрегата, МВт;

$q_T^{(Н)}$ и $q_T^{макс}$ — соответствующие этим мощностям удельные расходы тепла на производство электроэнергии (точки «а» и «в» на рисунках 3 и 4), ккал/(кВт·ч).

2.5 Минимальный расход тепла свежего пара на турбоагрегат $\overline{Q}_О^{мин}$ (Гкал/ч) [при заданной тепловой нагрузке $\overline{Q}_Т = \overline{Q}_{ПО} + \overline{Q}_{ТО} + \overline{Q}_{конд}$ (здесь $\overline{Q}_{конд}$ — отпуск тепла от конденсатора) и мощности $N_T^{мин} = N_T^{(Н)} + \sum \Delta N_T$] определяется по формуле

$$\overline{Q}_О^{мин} = q_T^{(Н)} \cdot N_T^{(Н)} \cdot 10^{-3} + \Delta q_{КН} \sum \Delta N_T + \overline{Q}_T. \qquad (3)$$

В формуле (3) условно принято, что упомянутые в пункте 1.10 настоящей Методики факторы влияют на изменение только конденсационной мощности турбоагрегата.

2.6 Диапазон регулирования теплопроизводительности при различном сочетании работающих котлов (таблица 4) определяется на основе эксплуатационных данных.

Таблица 4 – **Диапазон регулирования теплопроизводительности котлов**

Котел				Группа котлов		
Станционный номер	Обозначение	Теплопроизводительность, Гкал/ч		Сочетание (номера) работающих котлов	Теплопроизводительность, Гкал/ч	
		минимальная, $\overline{Q}_{К}^{мин}$	максимальная, $\overline{Q}_{К}^{макс}$		минимальная, $\overline{Q}_{К.ГР}^{мин}$	максимальная, $\overline{Q}_{К\,ГР}^{макс}$
Котлы на давление пара __ кгс/см². Структура сжигаемого топлива (%): уголь __, газ __, мазут __						
Котлы на давление пара __ кгс/см². Структура сжигаемого топлива (%): уголь __, газ __, мазут __						

2.7 Значение минимальной мощности группы оборудования $N_{ГР}^{мин}$ рассчитывается в такой последовательности:

2.7.1 Определяется теплопроизводительность группы котлов, необходимая для обеспечения работы турбоагрегатов по тепловому графику нагрузок, $\overline{Q}_{К\,ГР}^{ТГ}$ (Гкал/ч):

$$\overline{Q}_{К.ГР}^{ТГ} = \frac{\sum \overline{Q}_{О}^{мин} + \overline{Q}_{РОУ}}{\eta_{ТП}} \cdot 10^2, \qquad (4)$$

где $\eta_{ТП}$ – коэффициент теплового потока, %;

$\overline{Q}_{РОУ}$ – отпуск тепла непосредственно от котлов (свежим паром или через РОУ), Гкал/ч.

2.7.2 Если значение $\overline{Q}_{К\,ГР}^{ТГ}$ обеспечивается одним или несколькими сочетаниями работающих котлов (точки *а*, *в* и *с* на рисунке 5), то

$$N_{ГР}^{мин} = \sum N_{Т}^{мин} \qquad (5)$$

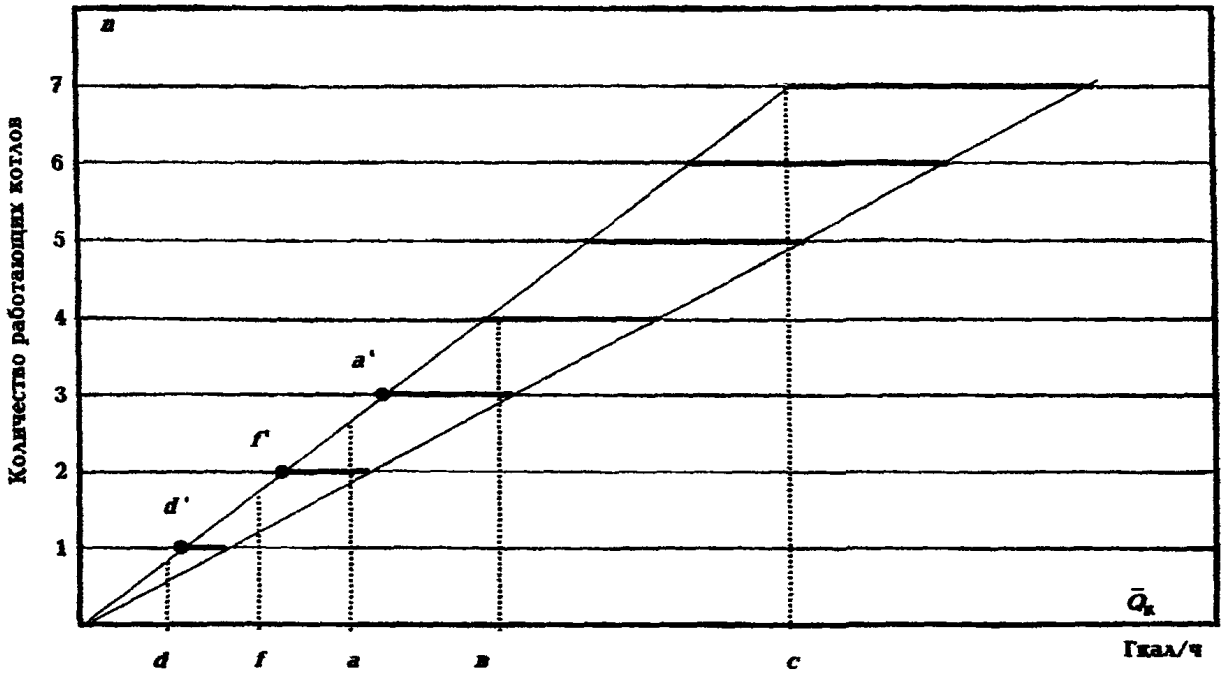

Рисунок 5 – Диапазон регулирования теплопроизводительности котлов

2.7.3 Если значение $\overline{Q}^{ТГ}_{К\,ГР}$ находится вне диапазона регулирования теплопроизводительности котлов (точки *d* и *f* на рисунке 5), то

$$N^{ТГ}_{ГР} = \sum N^{мин}_{Т} + \frac{\left(\overline{Q}^{мин}_{К\,ГР} - \overline{Q}^{ТГ}_{К\,ГР}\right) \cdot \eta_{ТП}}{\Delta q_{КН} \cdot 10^{2}}, \qquad (6)$$

где $\overline{Q}^{мин}_{К\,ГР}$ – минимальное значение теплопроизводительности (Гкал/ч) ближайшего большего количества работающих котлов (точки *d'* и *f'* на рисунке 5).

2.7.4 Если по тем или иным причинам (например, наличие потребителя тепла, не допускающего перерыва в теплоснабжении) в работе должен находиться резервный котел, то в зависимости от соотношения значений $\overline{Q}^{мин}_{К\,ГР}$ и $\overline{Q}^{ТГ}_{К\,ГР}$ значение $N^{мин}_{ГР}$ $\left(N^{ТГ}_{ГР}\right)$ определяется:

– по формуле (5) для точек *в* и *с* рисунка 5;

– по формуле (6): при этом для точек *d*, *f* и *a* значение $\overline{Q}^{мин}_{К\,ГР}$ принимается соответственно в точках *f'*, *a'* и *a'*.

Подписано к печати 31.03 2004
Печать ризография
Заказ № 574
Уч.-изд. л 1,1
Издат № 04-52
Тираж 200 экз

ЦПТИ ОРГРЭС
107023, Москва, Семеновский пер , д 15

gost.e-ecolog.ru