

РОССИЙСКОЕ ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ  
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ "ЕЭС РОССИИ"

ДЕПАРТАМЕНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

---

**МЕТОДИКА  
РАСЧЕТА МИНИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ  
ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ**

**СО 34.09.457-2004**

Москва



2004

**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 [tritex@orgres-f.ru](mailto:tritex@orgres-f.ru).

---

## **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 выработка электроэнергии по теплофикационному циклу Э<sub>тф</sub> (теплофикационной мощности  $N_{\text{тф}}$ ) сопутствует вынужденная выработка электроэнергии по конденсационному циклу Э<sub>кн</sub><sup>в</sup> (вынужденная конденсационная мощность), обусловленная минимальным эксплуатационным расходом пара в конденсатор.

В настоящей Методике под минимальной мощностью турбоагрегата (ТЭЦ) понимается сумма теплофикационной и вынужденной конденсационной ( $N_{\text{кн}}^{\text{в}}$ ) 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  $N_T^{\min}$  (исходя из обеспечения потребителей теплом) определяется по формуле

$$N_T^{\min} = N_T^{(H)} + \sum \Delta N_T, \quad (1)$$

где  $N_T^{(H)}$  – нормативная мощность турбоагрегата при работе его по тепловому графику нагрузок, МВт;

$\sum \Delta N_T$  – сумма поправок к нормативной мощности турбоагрегата, МВт.

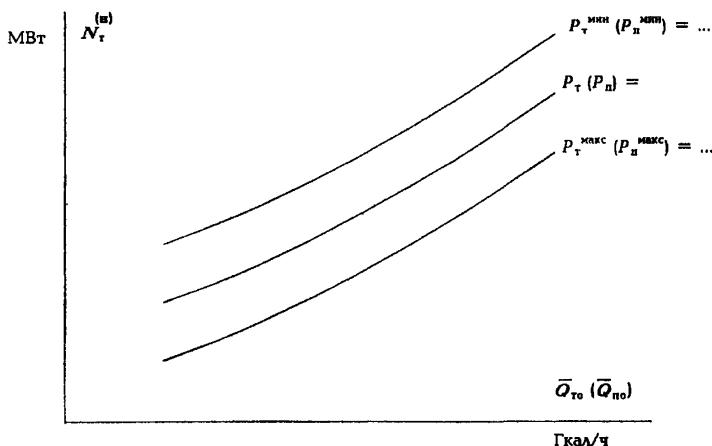
**1.2** Под нормативной мощностью турбоагрегата при работе его по тепловому графику нагрузок понимается электрическая мощность турбоагрегата при работе его с заданной тепловой нагрузкой и минимальным (установленным заводом-изготовителем) расходом пара в конденсатор.

**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  $N_T^{(H)}$  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  $q_T$  от его электрической мощности  $N_T$  и нагрузки производственного  $\bar{Q}_{\text{по}}$  и отопительного  $\bar{Q}_{\text{то}}$  отборов.

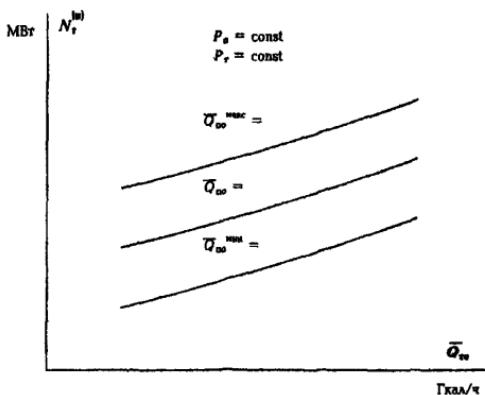
1.5 Графики, аналогичные рисунку 1, разрабатываются для турбоагрегатов ПТ1 (при работе их только с производственным или только с отопительным отбором), П и Т1, а также Т2 (для одноступенчатого и двухступенчатого подогрева сетевой воды).



**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  $P_{\Pi} = \text{const}$  и  $P_T = \text{const}$ ) и ПТ2 (для каждого фиксированного значения давления пара в верхнем и нижнем отопительных отборах при  $P_{\Pi} = \text{const}$ ).

*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 обими отборами:  $P_T = \text{const}$ ,  $P_{\Pi} = \text{const}$ ) и ПТ2 (при работе с обими отборами:  $P_{\Pi} = \text{const}$  для каждого фиксированного значения давления пара в верхнем и нижнем отопительных отборах)**

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

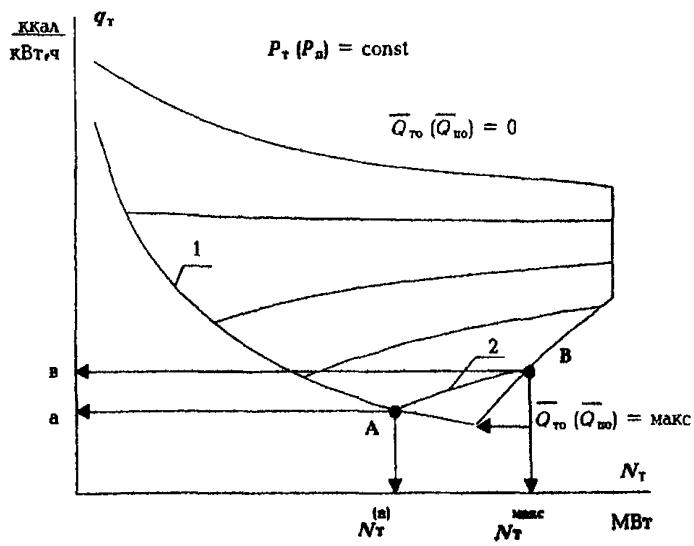


Рисунок 3 – Пример графиков зависимости  
 $q_T = f(N_T, \bar{Q}_{TO})$ ,  $q_T = f(N_T, \bar{Q}_{PO})$

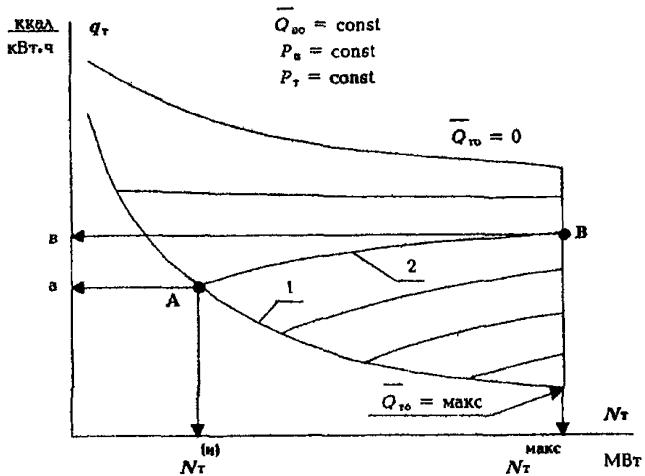


Рисунок 4 – Пример графиков зависимости  
 $q_T = f(N_T, \bar{Q}_{PO}, \bar{Q}_{TO})$

**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  $\bar{Q}_{\text{по}}$  и  $\bar{Q}_{\text{то}}$  или отдельных его интервалов значения  $N_T^{(H)}$  нельзя определить на основе графиков  $q_T = f(N_T, \bar{Q}_{\text{по}}, \bar{Q}_{\text{то}})$ , 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 nominalного 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)  $N_{\text{ГР}}^{\min} (N_{\text{TЭЦ}}^{\min})$  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<sup>2</sup>.

**2.2** При распределении тепловых нагрузок количеству 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  $N_{\text{ГР}}^{\min} (N_{\text{TЭЦ}}^{\min})$  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** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
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)

Обозначение турбоагрегата и его стационарный номер	П-отбор		Т-отбор		Конденсатор				$N_T^{(H)}$ МВт	$\sum \Delta N_T$ МВт	$N_T^{\text{МИН}}$ МВт	$\Delta q_{\text{KH}}$ Гкал/(МВт·ч)	$Q_0^{\text{МИН}}$ Гкал/ч						
	$\bar{Q}$ по Гкал/ч	$P_P$ кгс/см <sup>2</sup>	$\bar{Q}_{\text{TO}}$ Гкал/ч	$P_T$ кгс/см <sup>2</sup>	Нормальный вакуум		«Ухудшенный» вакуум												
					$\bar{Q}_{\text{HB}}$ Гкал/ч	$P_{\text{HB}}$ кгс/см <sup>2</sup>	$\bar{Q}_{\text{УВ}}$ Гкал/ч	$P_{\text{УВ}}$ кгс/см <sup>2</sup>											
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 группе оборудования и по ТЭЦ в целом.
2. Указываются все турбоагрегаты (в том числе типов Р и ПР), участвующие в отпуске тепла, по таблице 1.

12

**Т а б л и ц а 3 – Значения изменений нормативной мощности турбоагрегатов ( $\Delta N_T$  МВт)**

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

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  $\Delta q_{\text{KH}}$  [Гкал/(МВт·ч)]. Он определяется на основе эксплуатационных данных или с достаточной для данных расчетов точностью может быть рассчитан по формуле

$$\Delta q_{\text{KH}} = \frac{q_T^{\max} N_T^{\max} - q_T^{(H)} N_T^{(H)}}{N_T^{\max} - N_T^{(H)}} \cdot 10^{-3}. \quad (2)$$

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

$N_T^{(H)}$  и  $N_T^{\max}$  – нормативная и максимально возможная мощности турбоагрегата, МВт;

$q_T^{(H)}$  и  $q_T^{\max}$  – 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**  $\bar{Q}_O^{\min}$  (Гкал/ч) [при заданной тепловой нагрузке  $\bar{Q}_T = \bar{Q}_{\text{по}} + \bar{Q}_{\text{то}} + \bar{Q}_{\text{конд}}$  (здесь  $\bar{Q}_{\text{конд}}$  – отпуск тепла от конденсатора) и мощности  $N_T^{\min} = N_T^{(H)} + \sum \Delta N_T$ ] определяется по формуле

$$\bar{Q}_O^{\min} = q_T^{(H)} \cdot N_T^{(H)} \cdot 10^{-3} + \Delta q_{\text{KH}} \sum \Delta N_T + \bar{Q}_T. \quad (3)$$

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.

**Т а б л и ц а 4 – Диапазон регулирования теплопроизводительности котлов**

Станционный номер	Обозначение	Котел		Группа котлов				
		Теплопроизводительность, Гкал/ч	Сочетание (номера) работающих котлов	Теплопроизводительность, Гкал/ч	Минимальная, $\bar{Q}_{K,GP}^{min}$			
		минимальная, $\bar{Q}_K^{min}$		максимальная, $\bar{Q}_K^{max}$				
Котлы на давление пара __ кгс/см <sup>2</sup> .								
Структура сжигаемого топлива (%): уголь __, газ __, мазут __								
Котлы на давление пара __ кгс/см <sup>2</sup> .								
Структура сжигаемого топлива (%): уголь __, газ __, мазут __								

**2.7** Значение минимальной мощности группы оборудования  $N_{GP}^{min}$  рассчитывается в такой последовательности:

**2.7.1** Определяется теплопроизводительность группы котлов, необходимая для обеспечения работы турбоагрегатов по тепловому графику нагрузок,  $\bar{Q}_{K,GP}^{TR}$  (Гкал/ч):

$$\bar{Q}_{K,GP}^{TR} = \frac{\sum \bar{Q}_O^{min} + \bar{Q}_{POU}}{\eta_{TPI}} \cdot 10^2, \quad (4)$$

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

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

**2.7.2** Если значение  $\bar{Q}_{K,GP}^{TR}$  обеспечивается одним или несколькими сочетаниями работающих котлов (точки *a*, *b* и *c* на рисунке 5), то

$$N_{GP}^{min} = \sum N_T^{min} \quad (5)$$

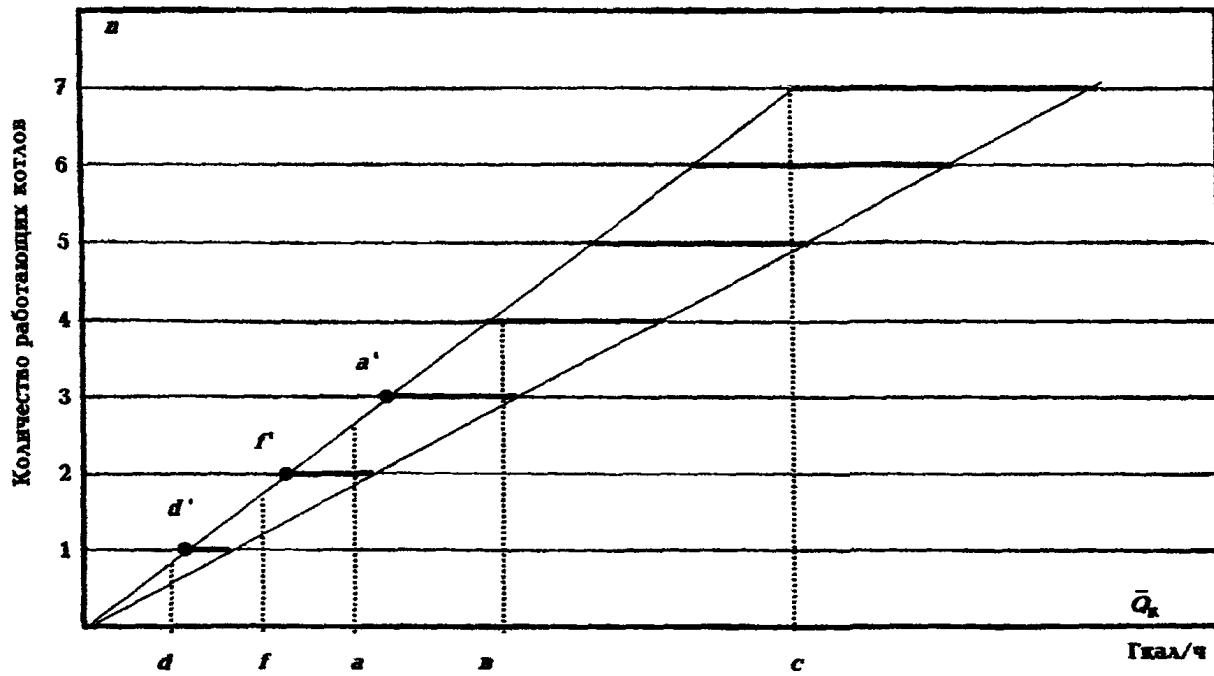


Рисунок 5 – Диапазон регулирования теплонапряженности котлов

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

$$N_{\text{ГР}}^{\text{ТГ}} = \sum N_{\text{T}}^{\text{мин}} + \frac{\left( \bar{Q}_{\text{КГР}}^{\text{мин}} - \bar{Q}_{\text{КГР}}^{\text{ТГ}} \right) \cdot n_{\text{ТП}}}{\Delta q_{\text{КН}} \cdot 10^2}, \quad (6)$$

где  $\bar{Q}_{\text{КГР}}^{\text{мин}}$  – 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  $\bar{Q}_{\text{КГР}}^{\text{мин}}$  и  $\bar{Q}_{\text{КГР}}^{\text{ТГ}}$  значение  $N_{\text{ГР}}^{\text{мин}} (N_{\text{ГР}}^{\text{ТГ}})$  определяется:

- по формуле (5) для точек *v* и *c* рисунка 5;
- по формуле (6): при этом для точек *d*, *f* и *a* значение  $\bar{Q}_{\text{КГР}}^{\text{мин}}$  принимается соответственно в точках *f'*, *a'* и *a*.

---

Подписано к печати 31.03.2004

Печать ризография

Заказ № 544

Уч.-изд. л 1,1

Издат № 04-52

Тираж 200 экз

---

ЦПТИ ОРГРЭС  
107023, Москва, Семеновский пер , д 15