

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 энер-  
гетики и электрификации «ЕЭС России» 10.03.2004

Начальник

*А.А. ВАГНЕР*

**Настоящая Методика регламентирует порядок  
расчета значений минимальной электрической  
мощности теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) при за-  
данной тепловой нагрузке.**

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

**Методика вводится в опытный порядок.**

**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 выработке электроэнергии по теплофикационному циклу  $\mathcal{E}_{\text{тф}}$  (теплофикационной мощности  $N_{\text{тф}}$ ) сопутствует вынужденная выработка электроэнергии по конденсационному циклу  $\mathcal{E}_{\text{кн}}^{\text{в}}$  (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  $N_T^{\text{мин}}$  (исходя из обеспечения потребителей теплом) определяется по формуле

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

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

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

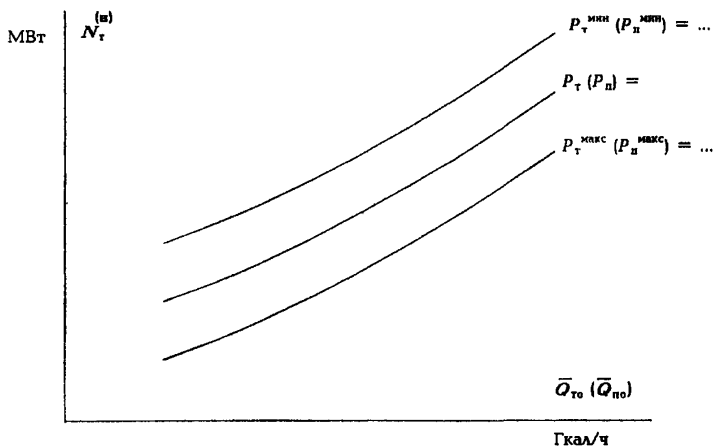
1.2 Под нормативной мощностью турбоагрегата при работе его по тепловому графику нагрузок понимается электрическая мощность турбоагрегата при работе его с заданной тепловой нагрузкой и минимальным (установленным заводом-изготовителем) расходом пара в конденсатор.

1.3 Наличие в нормативных документах (НД) по топливоиспользованию электростанций графиков нормативной мощности турбоагрегатов с конденсацией и регулируемыи 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  $N_T^{(\text{H})}$  турбоагрегатов с регулируемыи 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  $\bar{Q}_{ПО}$  и отопительного  $\bar{Q}_{ТО}$  отборов.

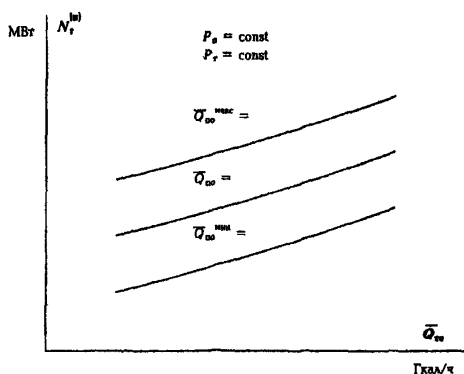
1.5 Графики, аналогичные рисунку 1, разрабатываются для турбоагрегатов ПТ1 (при работе их только с производственным или только с отопительным отбором), П и Т1, а также Т2 (для одноступенчатого и двухступенчатого подогрева сетевой воды).



**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  $P_{\Pi} = \text{const}$  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 обоими отборами:  $P_T = \text{const}$ ,  $P_{\Pi} = \text{const}$ ) и ПТ2 (при работе с обоими 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  $q_T = f(N_T, \bar{Q}_{\Pi 0}, \bar{Q}_{T 0})$  точки А: точки примыкания к линии 1, характеризующей работу турбоагрегата по тепловому графику нагрузок, линии 2, характеризующей работу турбоагрегата по электрическому графику нагрузок при  $\bar{Q}_{\Pi 0}$  ( $\bar{Q}_{T 0}$ ) = const [для турбоагрегатов типа П (Т1, Т2), рисунок 3] или при  $\bar{Q}_{\Pi 0} = \text{const}$  и  $\bar{Q}_{T 0} = \text{const}$  [для турбоагрегатов ПТ1 и ПТ2, рисунок 4].

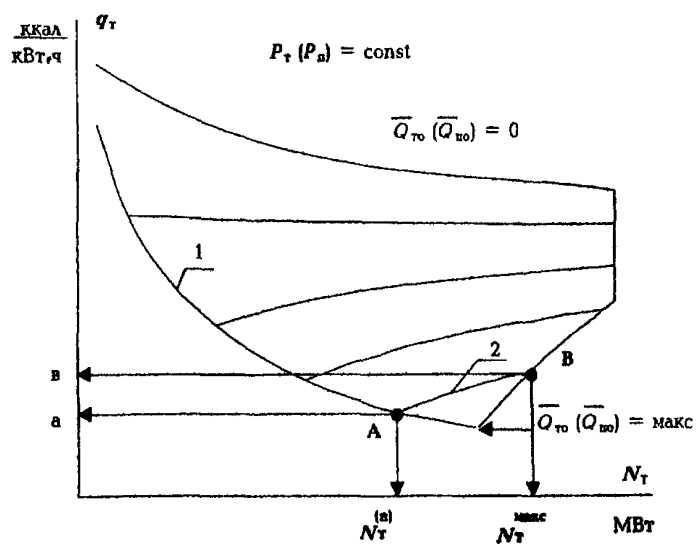


Рисунок 3 – Пример графиков зависимости  $q_T = f(N_T, \overline{Q_{TO}})$ ,  $q_T = f(N_T, \overline{Q_{BO}})$

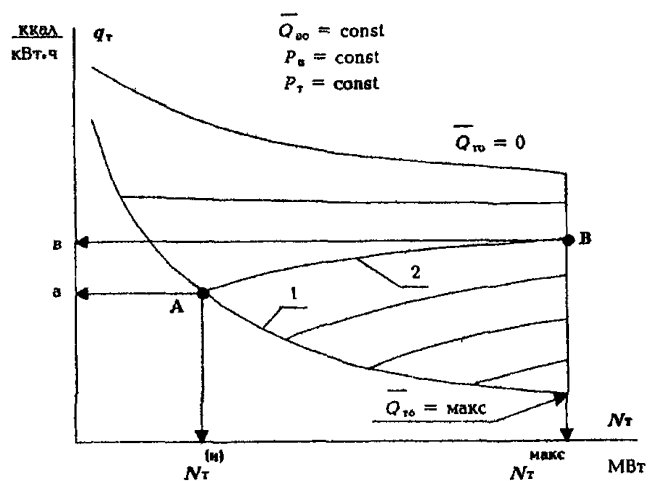


Рисунок 4 – Пример графиков зависимости  $q_T = f(N_T, \overline{Q_{BO}}, \overline{Q_{TO}})$

**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 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)  $N_{\text{ТЭЦ}}^{\text{мин}}$  ( $N_{\text{ГР}}^{\text{мин}}$ ) 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 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  $N_{\text{ГР}}^{\text{мин}}$  ( $N_{\text{ТЭЦ}}^{\text{мин}}$ ) 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.

**Т а б л и ц а 1 – Отпуск тепла** \_\_\_\_\_  
(наименование ТЭЦ)

за \_\_\_\_\_ 200\_ г.  
(месяц)

Наименование показателя	Значение показателя
Время работы ТЭЦ, ч Отпуск тепла внешним потребителям, Гкал: в с е г о 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	

**Т а б л и ц а 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				$N_T^{(H)}$ МВт	$\sum \Delta N_T$ МВт	$N_T^{мин}$ МВт	$\Delta q_{KH}$ Гкал/(МВт·ч)	$\bar{Q}_0^{мин}$ Гкал/ч
	$\bar{Q}_{по}$ Гкал/ч	$P_{п}$ кгс/см <sup>2</sup>	$\bar{Q}_{то}$ Гкал/ч	$P_T$ кгс/см <sup>2</sup>	Нормальный вакуум		«Ухудшенный» вакуум						
					$\bar{Q}_{нв}$ Гкал/ч	$P_{нв}$ кгс/см <sup>2</sup>	$\bar{Q}_{ув}$ Гкал/ч	$P_{ув}$ кгс/см <sup>2</sup>					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Всего по ТЭЦ		—		—			—					—	—
<b>Примечания</b> 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.													

**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) (мест)

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

$$\Delta q_{\text{кн}} = \frac{q_{\text{T}}^{\text{макс}} N_{\text{T}}^{\text{макс}} - q_{\text{T}}^{(\text{H})} N_{\text{T}}^{(\text{H})}}{N_{\text{T}}^{\text{макс}} - N_{\text{T}}^{(\text{H})}} \cdot 10^{-3}. \quad (2)$$

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

$N_{\text{T}}^{(\text{H})}$  и  $N_{\text{T}}^{\text{макс}}$  — нормативная и максимально возможная мощности турбоагрегата, МВт;

$q_{\text{T}}^{(\text{H})}$  и  $q_{\text{T}}^{\text{макс}}$  — 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**  $\bar{Q}_{\text{O}}^{\text{мин}}$  (Гкал/ч) [при заданной тепловой нагрузке  $\bar{Q}_{\text{T}} = \bar{Q}_{\text{по}} + \bar{Q}_{\text{то}} + \bar{Q}_{\text{конд}}$  (здесь  $\bar{Q}_{\text{конд}}$  — отпуск тепла от конденсатора) и мощности  $N_{\text{T}}^{\text{мин}} = N_{\text{T}}^{(\text{H})} + \sum \Delta N_{\text{T}}$ ] определяется по формуле

$$\bar{Q}_{\text{O}}^{\text{мин}} = q_{\text{T}}^{(\text{H})} \cdot N_{\text{T}}^{(\text{H})} \cdot 10^{-3} + \Delta q_{\text{кн}} \sum \Delta N_{\text{T}} + \bar{Q}_{\text{T}}. \quad (3)$$

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**

Котел				Группа котлов			
Стационарный номер	Обозначение	Теплопроизводительность, Гкал/ч		Сочетание (номера) работающих котлов	Теплопроизводительность, Гкал/ч		
		мини- $\bar{Q}_{\text{К}}$	макси- $\bar{Q}_{\text{К}}$		мини- $\bar{Q}_{\text{К.ГР}}$	макси- $\bar{Q}_{\text{К.ГР}}$	
		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  $N_{ГР}^{\min}$  рассчитывается в такой последовательности:

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

$$\bar{Q}_{К.ГР}^{ТГ} = \frac{\sum \bar{Q}_O^{\min} + \bar{Q}_{РОУ}}{\eta_{ТП}} \cdot 10^2, \quad (4)$$

где  $\eta_{ТП}$  — коэффициент теплового потока, %;  
 $\bar{Q}_{РОУ}$  — отпуск тепла непосредственно от котлов (свежим паром или через РОУ), Гкал/ч.

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

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

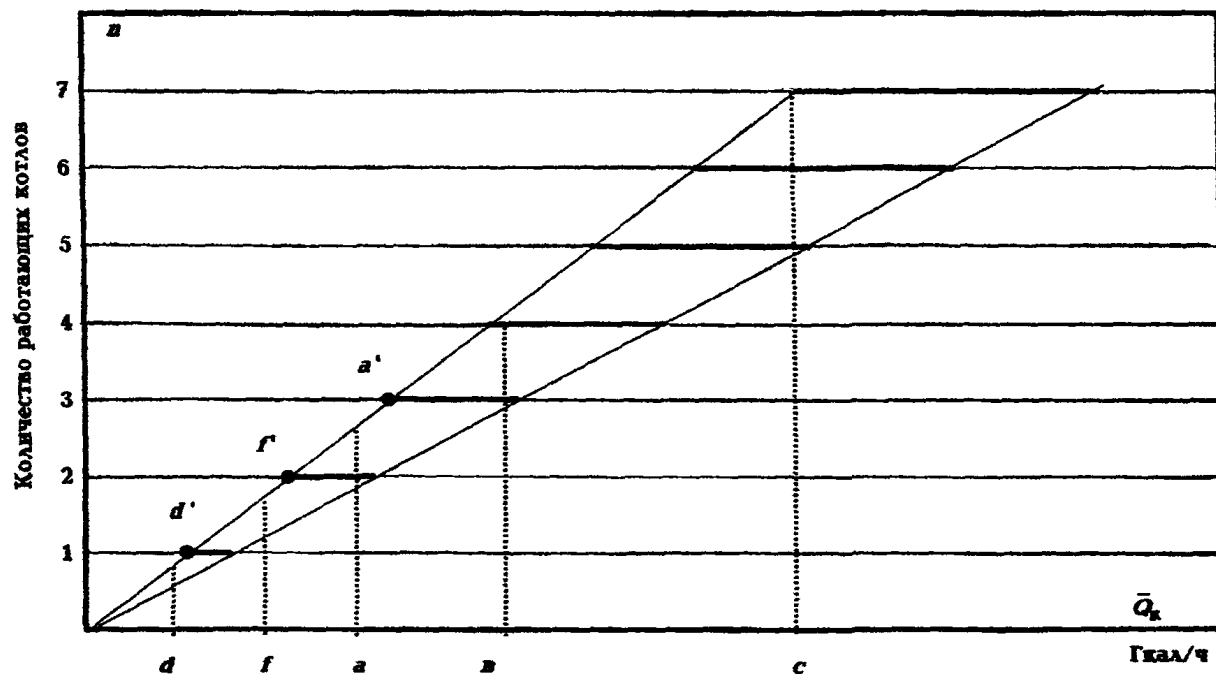


Рисунок 5 – Диапазон регулирования теплопроизводительности котлов

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

$$N_{\text{ГР}}^{\text{ТГ}} = \sum N_{\text{Т}}^{\text{мин}} + \frac{(\bar{Q}_{\text{К ГР}}^{\text{мин}} - \bar{Q}_{\text{К ГР}}^{\text{ТГ}}) \cdot \eta_{\text{ТП}}}{\Delta q_{\text{КН}} \cdot 10^2}, \quad (6)$$

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

- по формуле (5) для точек  $b$  и  $c$  рисунка 5;
- по формуле (6): при этом для точек  $d$ ,  $f$  и  $a$  значение  $\bar{Q}_{\text{К ГР}}^{\text{мин}}$  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