МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА Т-100-130 ТМЗ

СЦНТИ ЭНЕРГО НОТ ОРГРЭС

МОСКВА 1971

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

ТИПОВАЯ НОРМАТИВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТУРБОАГРЕГАТА Т-100-130 ТМЗ

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

УДК 621.165

Составлено лабораторией технико-экономических исследований
ВТИ им. Ф.Э.Дзержинского и цехом топливоиспользования ОРГРЭС

А в т о р ы инженеры В.Н. РУЗАНКОВ (ВТИ), Б.В.МИХАЙЛОВ (ОРГРЭС)

В работе приводятся нормативные характеристики турбоагрегата Т-100-130 ТМЗ при одно- двух- и трехступенчатом подогреве сетевой воды и конденсационном режиме, построенные по методике ОРГРЭС по обобщенным данным четырех испытаний, проведенных ВТИ им. Ф.Э.Дзержинского на ТЭЦ-20 Мосэнерго и ОРГРЭС - на ТЭЦ-16 Мосэнерго, Минской ТЭЦ-3 и Средне-Уральской ГРЭС.

Для обработки и обобщения результатов испытаний была использована ЭВМ "Урал-2".

Работа выполнена в соответствии с "Инструкцией и методическими указаниями по нормированию удельных расходов топлива на тепловых электростанциях" (БТИ ОРГРЭС, 1966) и выпускается как обязательный материал для нормирования удельного расхода тепла на выработку электрической энергии на электростанциях и в энергосистемах, эксплуатирующих турбины Т-100-130 ТМЗ.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1. Условия составления нормативных характеристик 3
II. Режим работы с трехступенчатым подогревом сетевой воды 3
III. Режим работы с двухступенчатым подогревом сетевой воды 6
1. Работа турбины по тепловому графику 6
2. Работа турбины по электрическому графику 8
IУ. Режим работы с одноступенчатым подогревом сетевой воды I0
У. Конденсационный режим I4
У1. Условия применения нормативной характеристики I5
УП. Пример определения нормативного удельного расхода тепла брутто на производство электроэнергии при различных режимах работы турбины I7
Принятые обозначения 20
П р и л о ж е н и е I. Типовая диаграмма режимов турбоагрегата Т-100-130 ТМЗ (двух- и трехступенчатый подогрев сетевой воды) 2I
П р и л о ж е н и е II. Типовая диаграмма режимов турбоагрегата Т-100-130 ТМЗ (одноступенчатый подогрев сетевой воды) 23

УТВЕРЖДАЮ:
Главный инженер
Главного технического управления
по эксплуатации энергосистем
С.МОЛОКАНОВ

27 июля 1970 г.

I. УСЛОВИЯ СОСТАВЛЕНИЯ НОРМАТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

1. p_0 = 130 ата, t_0 = 565°С, $D_0 = G_{пв}$.
2. Подогреватели высокого давления включены.
3. Давление в деаэраторе 6 ата.
4. Нагрев сетевой воды в подогревателе сетевой воды $\Delta\tau$ = 47°С.
5. При режиме с трехступенчатым подогревом сетевой воды конденсаторы охлаждаются обратной сетевой водой.
6. При конденсационном режиме и режимах с одно- и двухступенчатым подогревом сетевой воды конденсаторы охлаждаются циркуляционной водой с температурой $t_{охл}$ = 20°С и расходом $W_{цв}$ = 16000 м³/ч.
7. Давление пара в конденсаторе (p_2) при охлаждении циркуляционной водой определяется по характеристике конденсатора, приведенной на диаграммах режимов (приложения I и П).
8. Диапазон регулирования давления в верхнем теплофикационном отборе 0,6-2,5 ата, а в нижнем - 0,5-2,0 ата.
9. Тепловая схема - расчетная, представлена на диаграммах режимов.
10. При расчете нормативных характеристик учтен нагрев воды в питательных и сетевых насосах.

П. РЕЖИМ РАБОТЫ С ТРЕХСТУПЕНЧАТЫМ ПОДОГРЕВОМ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Этот режим является чисто теплофикационным, так как вся выработка электроэнергии осуществляется по теплофикационному циклу, т.е. $N_T = N_{ТФ}$

Потери тепла на выработку электроэнергии складываются из механических, электрических и прочих потерь (излучение и т.п.).

В приложении I дается типовая диаграмма режимов, совмещенная с двухступенчатым подогревом сетевой воды.

Расход тепла на производство электроэнергии определяется по аналитической зависимости $Q_э = 1{,}8 + 0{,}87\ N_T$, Гкал/ч.

Нормативный удельный расход тепла брутто находится как

$$q_T = \frac{Q_э}{N_T} \cdot 10^3 \text{ или}$$

$$q_T = \left(\frac{1{,}8}{N_T} + 0{,}87\right) \cdot 10^3 \quad \text{ккал/квт·ч}.$$

Приведенные зависимости показаны на рис.1.

Теплофикационная мощность для этого режима определяется по выражению

$$N_{Tф} = N_T = m_3 Q_{от} - 19{,}5 \quad \text{Мвт}$$

или по графику на рис.2. На рис.3 представлена зависимость m_{23} от $p_{тв}$

При отклонении величины нагрева сетевой воды от 47°С вводится поправка к теплофикационной мощности ΔN_T, определяемая по графику рис.4.

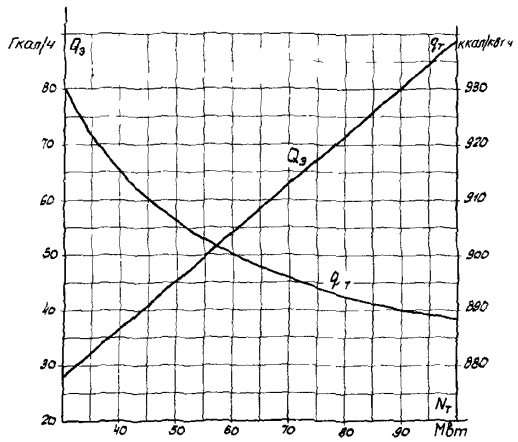


Рис.I. Расход тепла на производство электроэнергии и нормативный удельный расход тепла брутто (трехступенчатый подогрев сетевой воды $Q_э = 1,8 + 0,87 N_т$)

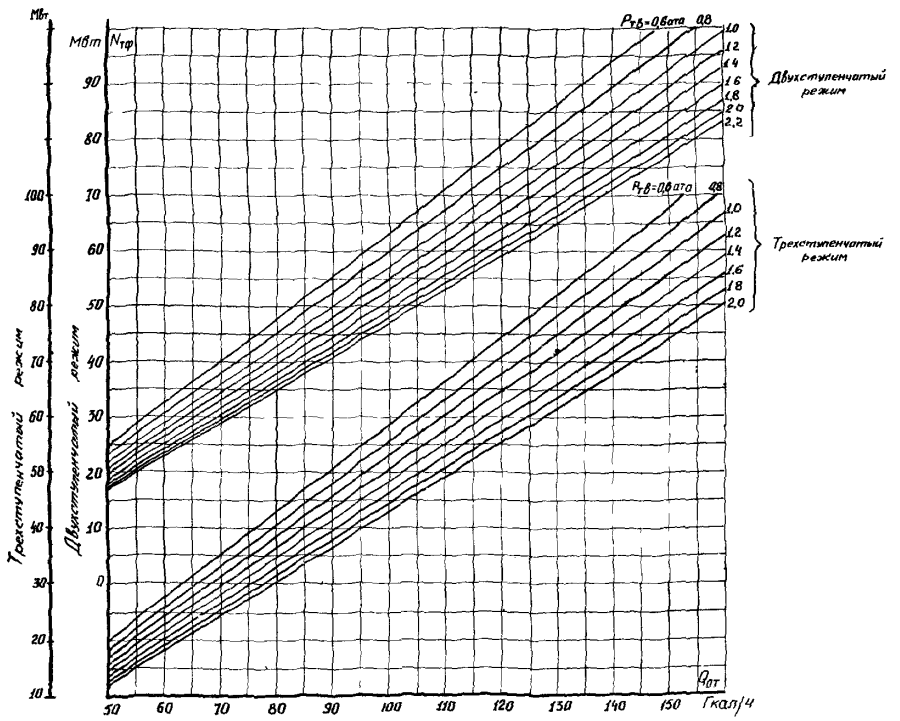


Рис.2. Теплофикационная мощность турбины при закрытых регулирующих диафрагмах ц.н.д. для двух- и трехступенчатых режимов

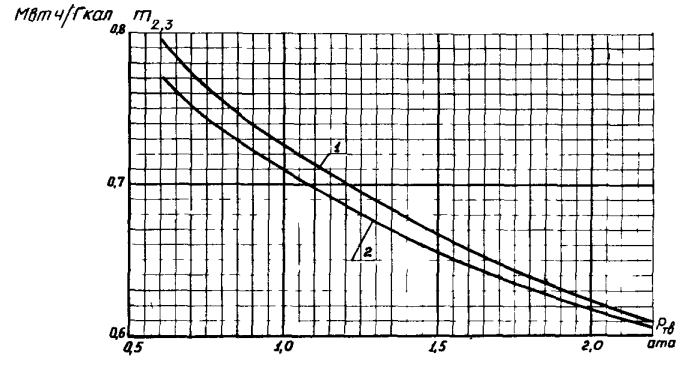


Рис.3. Относительный прирост теплофикационной выработки для режимов с двух- и трехступенчатым подогревом сетевой воды:

I - трехступенчатый подогрев; 2 - двухступенчатый подогрев

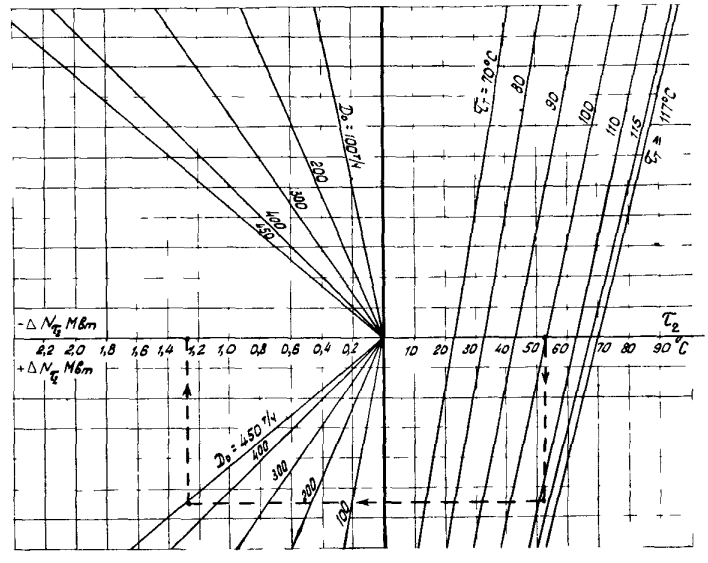


Рис.4. Поправка к теплофикационной мощности на отклонение нагрева сетевой воды в п.с.в. от $\Delta\tau$ =47°С (двух- и трехступенчатый подогрев сетевой воды)

III. РЕЖИМ РАБОТЫ С ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ПОДОГРЕВОМ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

В этом режиме турбина может работать по тепловому графику (с закрытыми регулирующими диафрагмами ц.н.д.) и электрическому графику (с частично или полностью открытыми диафрагмами ц.н.д.).

Типовая диаграмма этого режима представлена в приложении 1. На диаграмме приведены правила пользования ею и необходимые вспомогательные графики.

1. Работа турбины по тепловому графику

Характерным для этого режима является минимальная конденсационная выработка паром вентиляционного пропуска в ц.н.д. Этот пар вырабатывает мощность от паровпуска турбины и практически до входа в ц.н.д.

Для определения нормативного удельного расхода тепла на производство электроэнергии находятся следующие промежуточные показатели:

А. Теплофикационная мощность турбин ($N_{тф}$) - по рис.2 или аналитическому выражению $N_{тф}=m_{23}Q_{от}-14$ и рис.3.

Б. Минимальная конденсационная мощность $N_{кн}^{мин}$ - по рис.5.

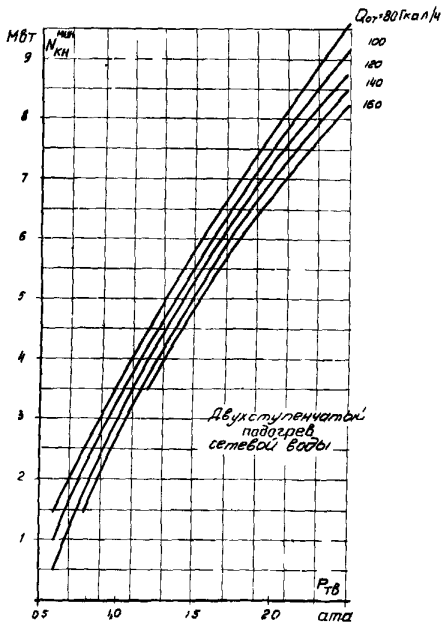


Рис.5. Минимальная конденсационная мощность при закрытых регулирующих диафрагмах ц.н.д.

В. Полная электрическая мощность на клеммах генератора

$$N_T=N_{тф}+N_{кн}^{мин}$$

Г. Доля теплофикационной выработки

$$\delta N_{тф}=\frac{N_{тф}}{N_T}$$

Д. Расход тепла на производство электроэнергии

$$Q_э=Q_{хх}+\Delta q_{т}N_T\pm\Delta Q_э \quad \text{Гкал/ч}$$

или в развернутом виде

$$Q_э=Q_{хх}^{кн}+1{,}8\delta N_{тф}+\left[0{,}87\delta N_{тф}+\right.$$
$$\left.+\Delta q_{кн}(1-\delta N_{тф})\right]N_T\pm\Delta Q_э \text{ Гкал/ч.}$$

Входящие в это выражение величины определяются по графикам, представленным на рис.6, 7 и 8.

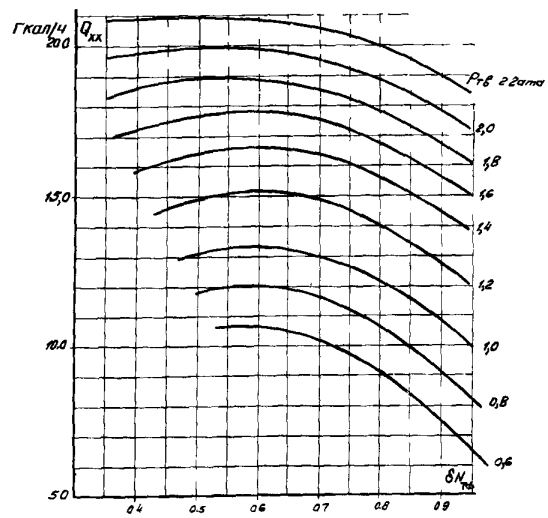


Рис.6. Условный расход тепла холостого хода на производство электроэнергии (двухступенчатый подогрев сетевой воды)

Поправка $\pm\Delta Q_э$ связана с условностями построения характеристик.

Нормативный удельный расход тепла брут-

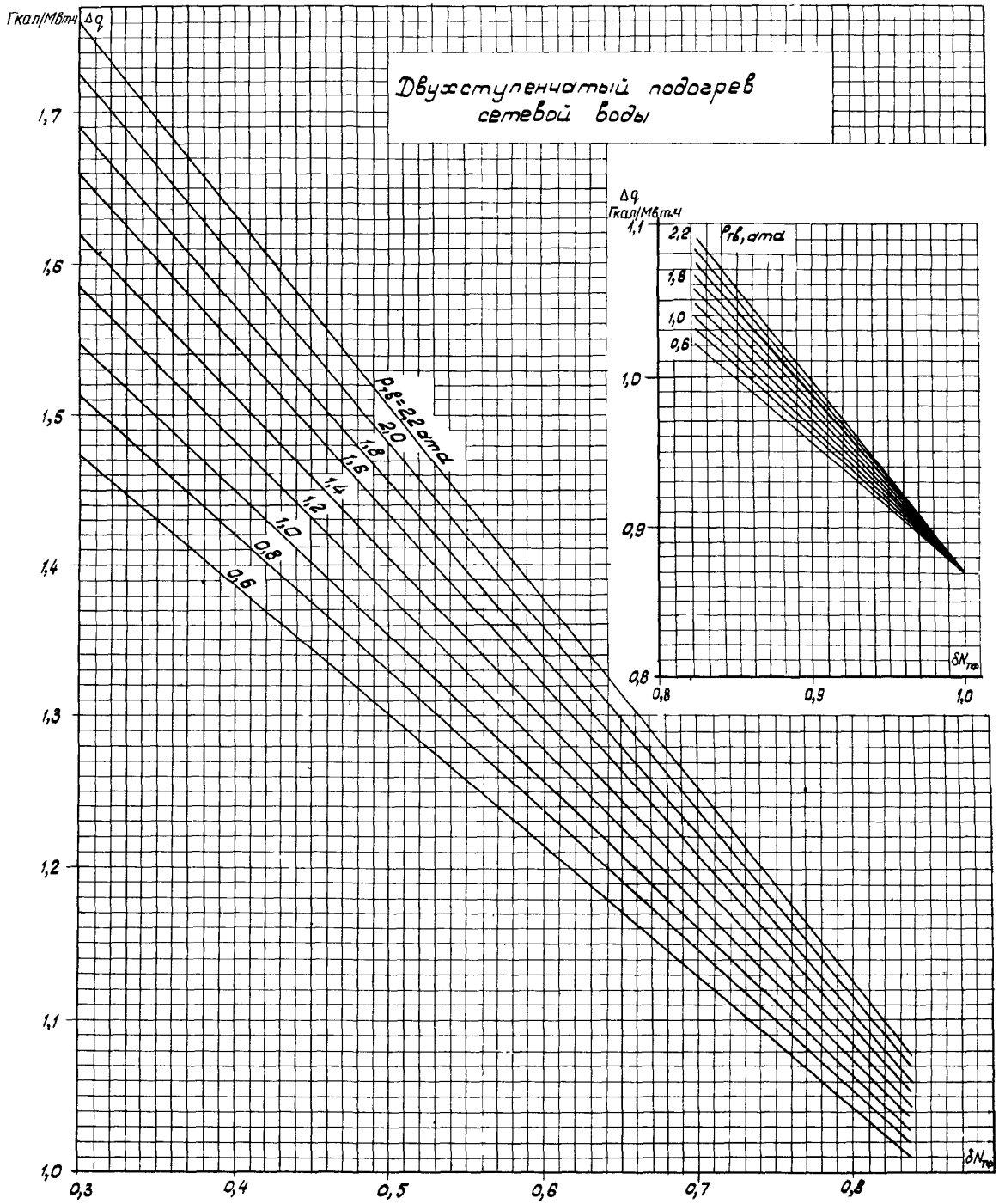


Рис.7. Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии

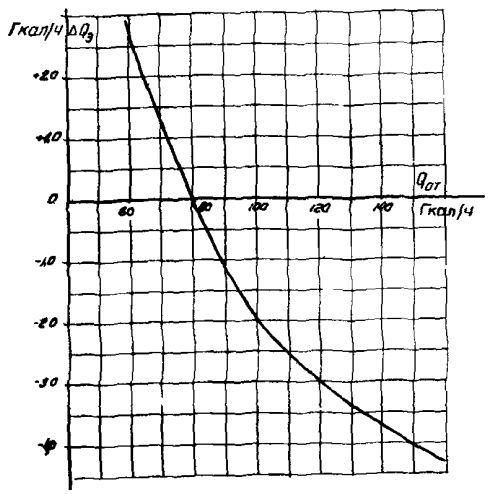


Рис.8. Поправка к расходу тепла на производство электроэнергии (двухступенчатый подогрев сетевой воды)

то определяется как

$$q_T = \frac{Q_э}{N_T} \cdot 10^3$$

или

$$q_T = \left(\frac{Q_{xx} \pm \Delta Q_э}{N_T} + \Delta q \right) \cdot 10^3 \quad \text{ккал/квт.ч}$$

2. Работа турбины по электрическому графику

Порядок расчета нормативного удельного расхода при работе по электрическому графику в основном такой же, как при работе по тепловому графику.

Особенности этого расчета сводятся к следующему:

Определяется полная теплофикационная мощность

$$N^э_{тф} = N_{тф} K_{э_2} ,$$

где коэффициент $K_{э_2}$ учитывает повышение теплофикационной выработки за счет дополнительного пропуска пара в ц.н.д. и как следствие — повышение внутреннего относительного к.п.д. турбины и изменения температуры питательной воды. Этот коэффициент определяется по рис.9.

Б. При отклонении температуры циркуляционной воды от 20°С вводится поправка $\Delta N t_{охл}$, определяемая по рис.10.

В качестве вспомогательных графиков на рис.11-15 приведены зависимости нормативного удельного расхода тепла на производство электроэнергии брутто от электрических и тепловых нагрузок турбины при давлениях в верхнем теплофикационном отборе 0,8; 1,0; 1,2; 1,6 и 2,0 ата.

На рис.11-12 при $p_{тв}$=0,8 и 1,0 ата штриховой линией дана граница зоны естественного повышения давления в верхнем теплофикационном отборе: характер зависимости q_T от N_T $Q_{от}$ в этой зоне резко меняется в сторону увеличения удельных расходов тепла.

Нижние пограничные линии соответствуют режиму работы турбины по тепловому графику при закрытых диафрагмах ц.н.д.

Приведенные зависимости нормативного удельного расхода тепла брутто позволяют наглядно и оперативно оценить экономичность работы турбоагрегата.

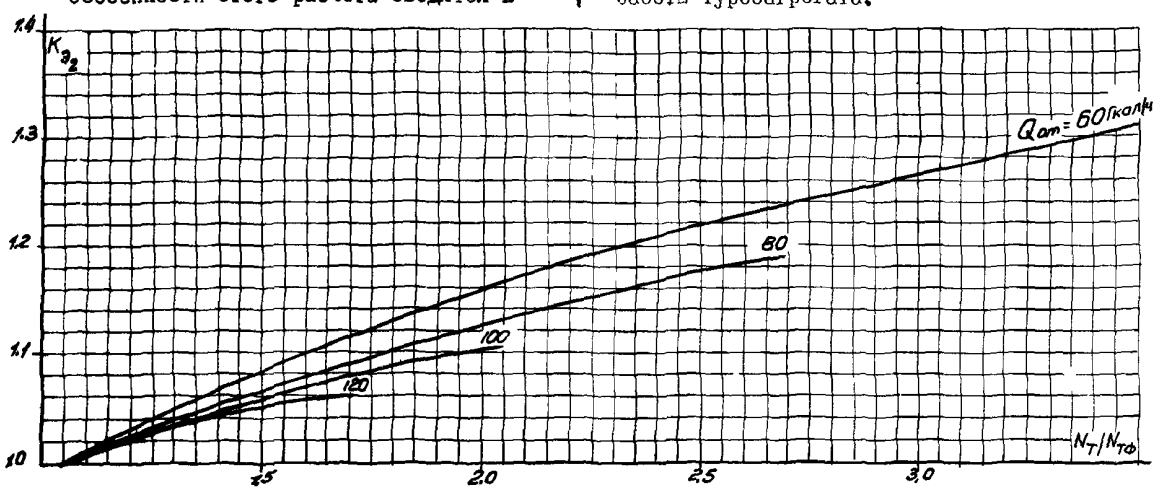


Рис.9. Коэффициент прироста теплофикационной мощности при работе турбины по электрическому графику (двухступенчатый подогрев сетевой воды)

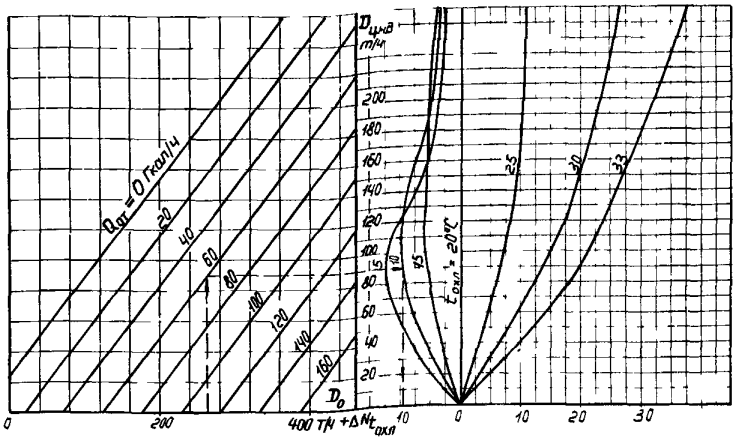


Рис.10. Поправка к конденсационной мощности на температуру охлаждающей воды (на графике дан расход охлаждающей воды в конденсатор $D_{ц\ н\ д.}$ для определения нормативного вакуума по характеристике конденсатора - приложения I и II)

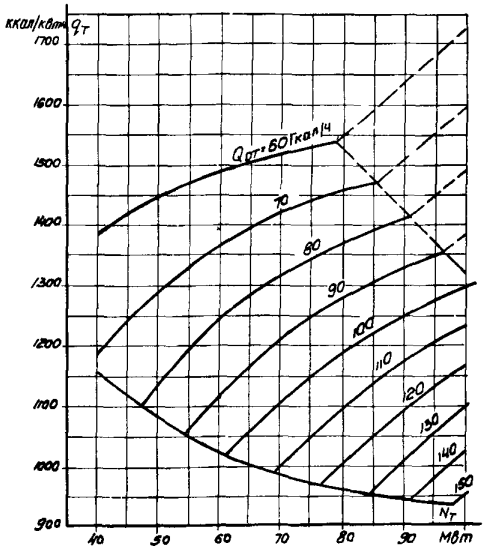


Рис.11. Нормативный удельный расход тепла брутто (двухступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тв}$ =0,8 ата):

– – – зона естественного повышения давления в регулируемом отборе

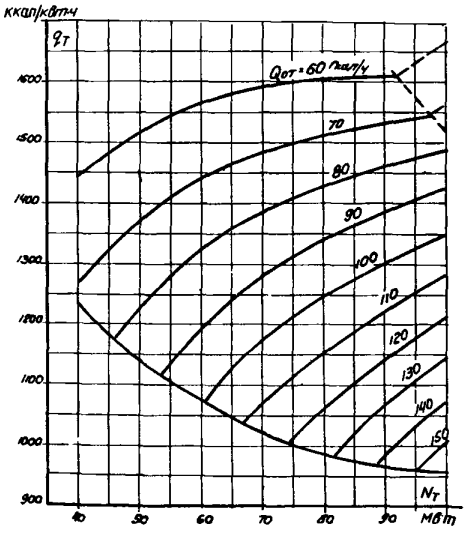


Рис.12. Нормативный удельный расход тепла брутто (двухступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тв}$ =1,0 ата):

– – – зона естественного повышения давления в регулируемом отборе

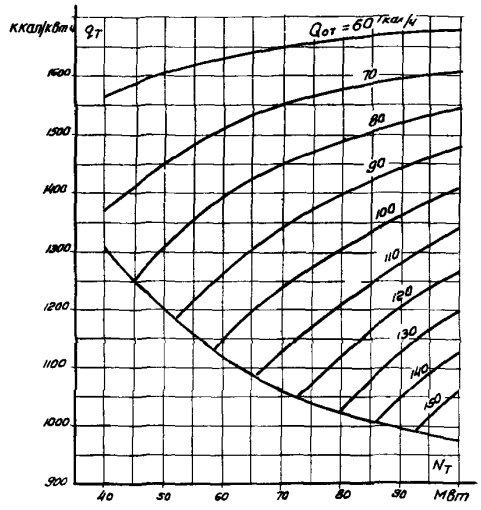


Рис.13. Нормативный удельный расход тепла брутто (двухступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тв}$=1,2 ата)

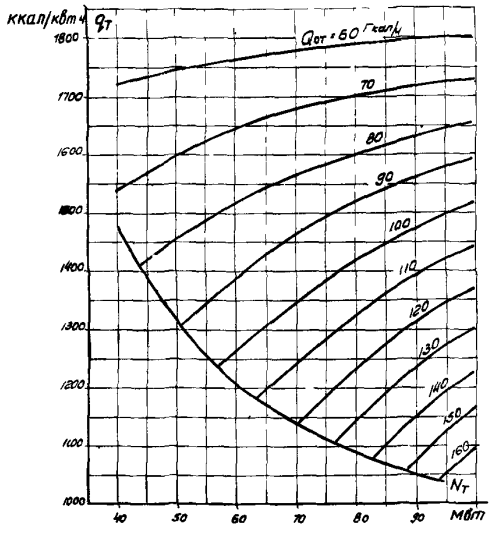


Рис.14. Нормативный удельный расход тепла брутто (двухступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тв}$=1,6 ата)

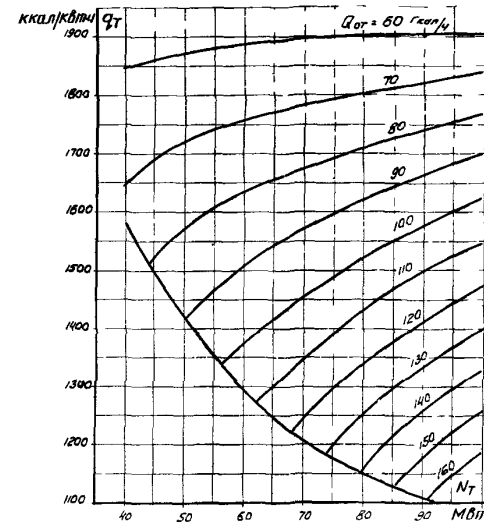


Рис.15. Нормативный удельный расход тепла брутто (двухступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тв}$=2,0 ата)

1У. РЕЖИМ РАБОТЫ С ОДНОСТУПЕНЧАТЫМ ПОДОГРЕВОМ СЕТЕВОЙ ВОДЫ

Этот режим должен применяться на электростанциях как исключение при необходимости работы с давлением в теплофикационном отборе ниже 0,6 ата и при невозможности работы с подогревателями сетевой воды второй ступени по не зависящим от эксплуатации причинам.

Для этого режима в приложении П приводится типовая диаграмма режимов с инструкцией для пользования и необходимыми вспомогательными графиками.

Принятый метод построения нормативных характеристик аналогичен двухступенчатому подогреву сетевой воды.

При работе турбины по тепловому графику полная теплофикационная мощность определяется по выражению

$$N_{тф} = m_1 Q_{от} - 12 \quad \text{Мвт}$$

и по рис.16,17. При этом минимальная конденсационная мощность, вырабатываемая на вентиляционном потоке пара, находится по рис.18. При работе турбины по электрическому графику

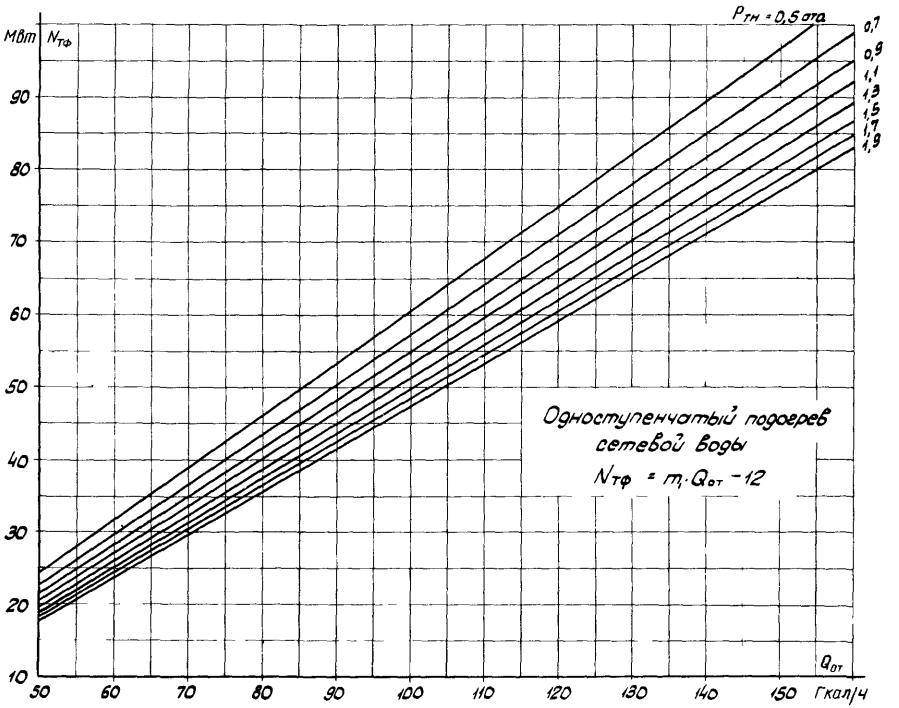


Рис.16. Теплофикационная мощность турбины при закрытых регулирующих диафрагмах ц.н.д.

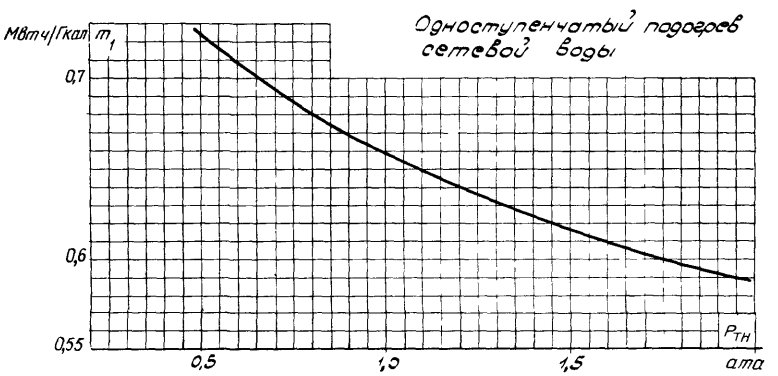


Рис.17. Относительный прирост теплофикационной выработки

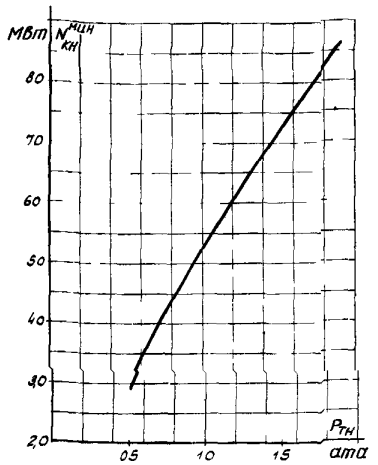


Рис.I8. Минимальная конденсационная мощность турбины при закрытых регулирующих диафрагмах ц.н.д. (одноступенчатый подогрев сетевой воды)

теплофикационная мощность будет выше, чем по тепловому графику, на величину, учитываемую коэффициентом $K_{э1}$, определяемому по рис.19.

Расход тепла на производство электроэнергии равен

$$Q_э = Q_{xx} + \Delta q\, N_T \quad \text{Гкал/ч},$$

где $Q_{xx} = f(P_{тн})$ находится по рис.20, а $\Delta q = f(\delta N_{Tф} \text{ и } P_{тн})$ - по рис.21.

Нормативный удельный расход тепла брутто определяется как

$$q_T = \frac{Q_э}{N_T} \cdot 10^3$$

или

$$q_T = \left(\frac{Q_{xx}}{N_T} + \Delta q\right) \cdot 10^3 \quad \text{ккал/квт·ч}$$

При отклонении температуры циркуляционной воды от 20°С в расчет вносится поправка аналогично режиму с двухступенчатым подогревом сетевой воды, которая определяется по рис.10.

В качестве вспомогательных графиков на рис.23-24 приведены зависимости нормативного удельного расхода тепла на производство электроэнергии от электрических и тепловых нагрузок турбины при давлениях в нижнем теплофикационном отборе 0,5; 0,8 и 1,0 ата.

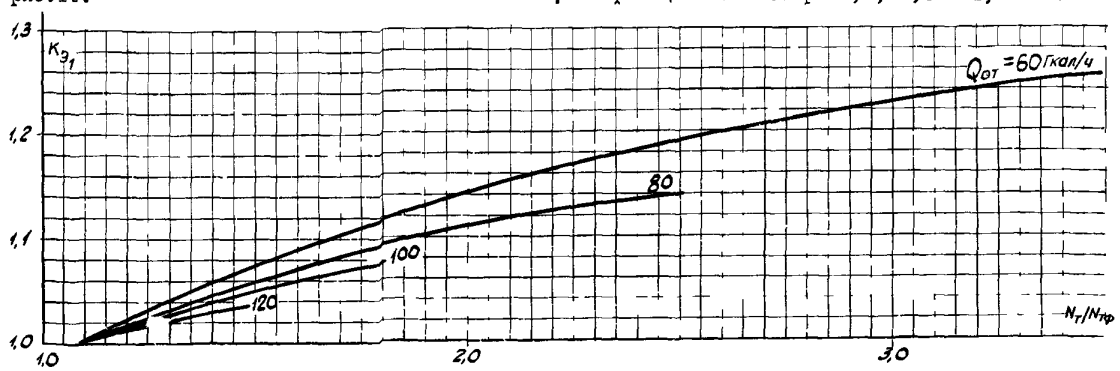


Рис.19. Коэффициент прироста теплофикационной мощности при работе турбины по электрическому графику (одноступенчатый подогрев сетевой воды)

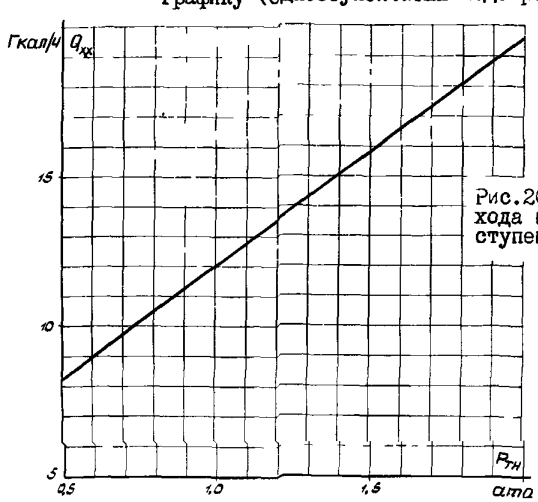


Рис.20. Условный расход тепла холостого хода на производство электроэнергии (одноступенчатый подогрев сетевой воды)

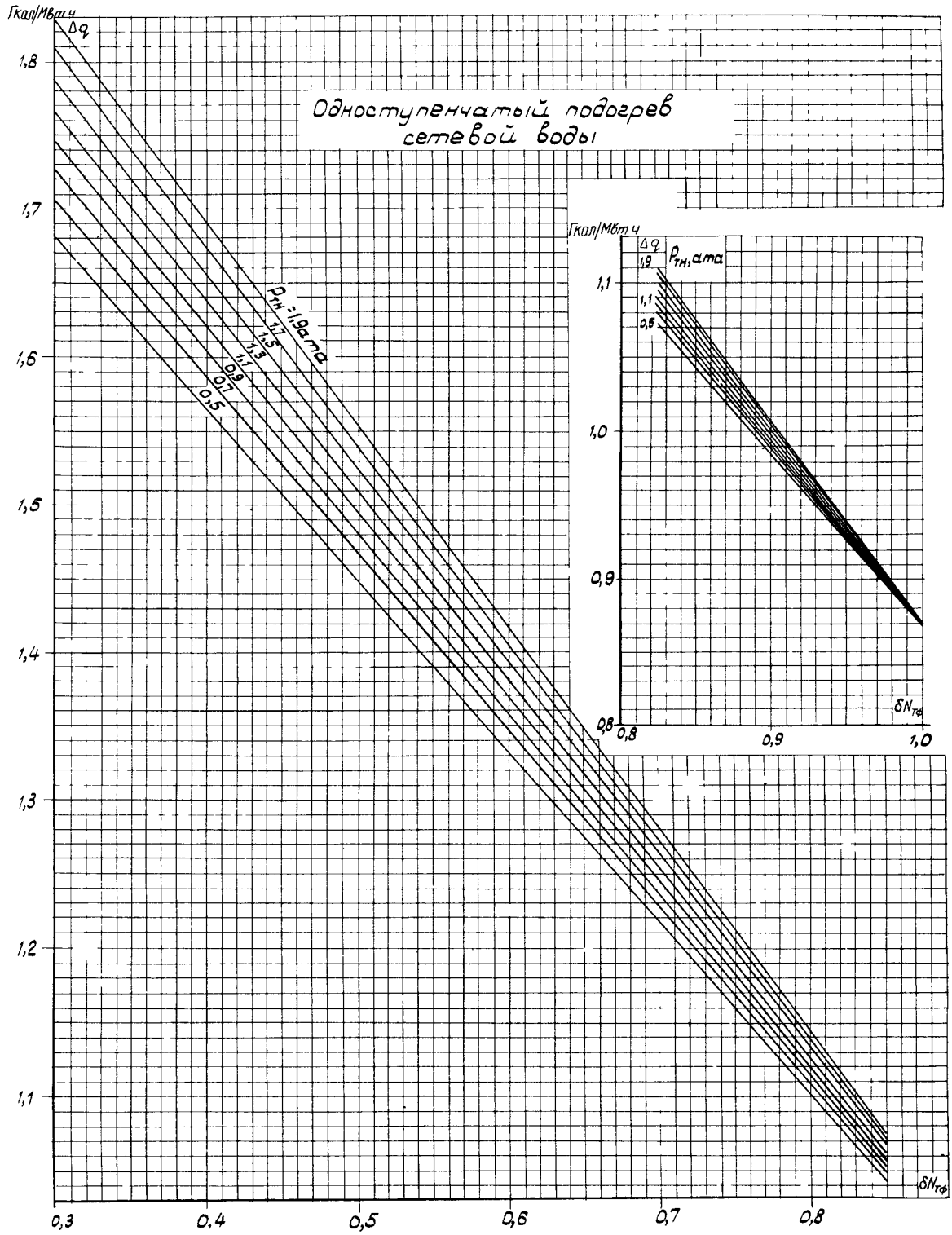


Рис.21. Относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии

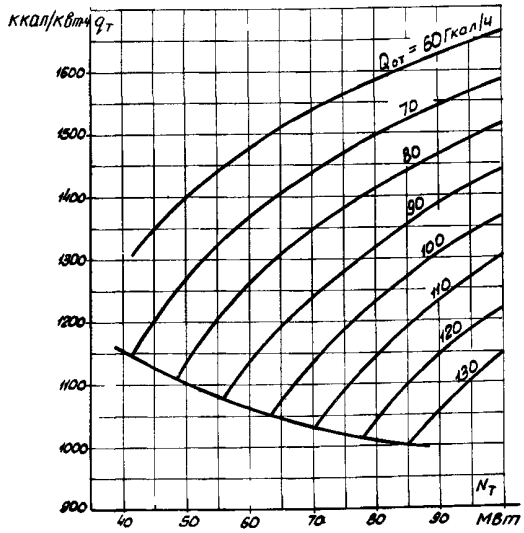


Рис.22. Нормативный удельный расход тепла брутто (одноступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тн}$=0,5 ата)

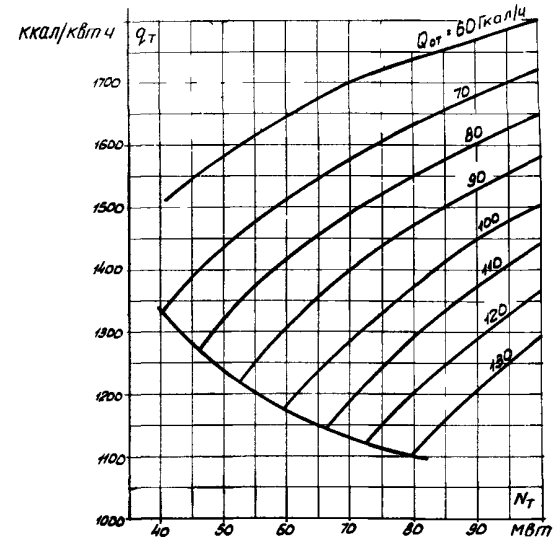


Рис.24. Нормативный удельный расход тепла брутто (одноступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тн}$=1,0 ата)

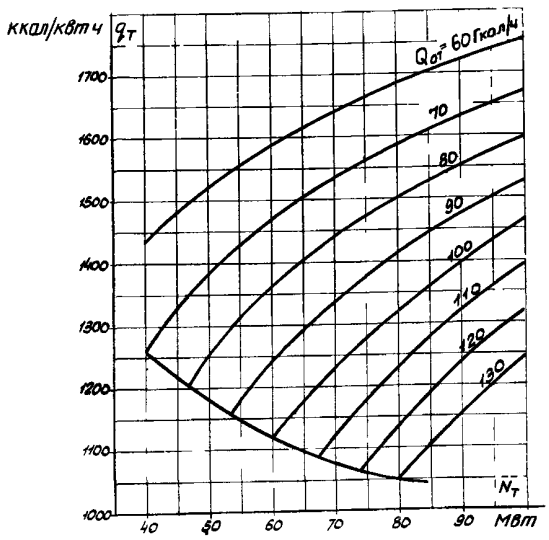


Рис.23. Нормативный удельный расход тепла брутто (одноступенчатый подогрев сетевой воды, $p_{тн}$=0,8 ата)

У. КОНДЕНСАЦИОННЫЙ РЕЖИМ

Характеристика турбины на конденсационном режиме с отключенным регулятором давления показана на рис.25.

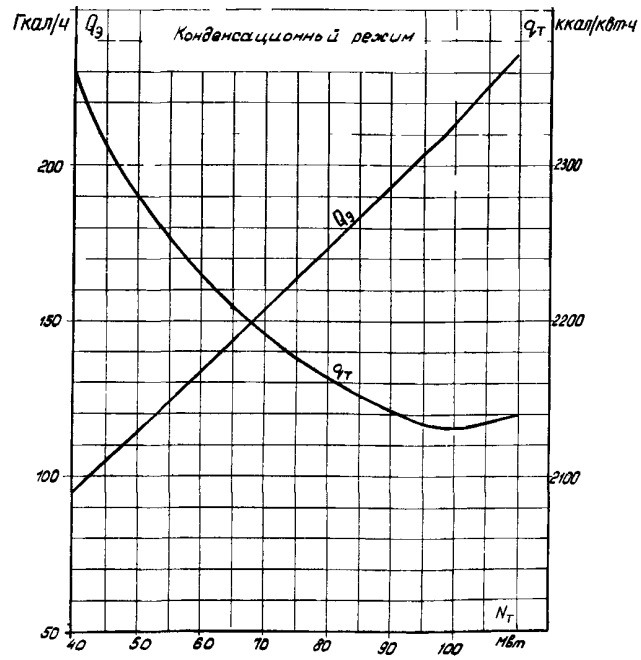


Рис.25. Расход тепла на производство электроэнергии и нормативный удельный расход тепла брутто

Аналитическая ее зависимость имеет вид

$$Q_э = 15{,}7 + 1{,}968 N_T + 0{,}258\ (N_T - 98)\ \text{Гкал/ч}.$$

Соответственно нормативный удельный расход тепла брутто определяется по выражению

$$q_T = \frac{Q_э}{N_T} \cdot 10^3\ \text{ккал/квт·ч}$$

При отклонении температуры циркуляционной воды от 20°С вводится поправка $\Delta N t_{охл}$, определяемая по рис.10.

У1. УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НОРМАТИВНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1. Характеристика предназначена для использования в целях нормирования удельного расхода тепла брутто в диапазоне электрических нагрузок от 40 до 100 Мвт и тепловых нагрузок - от 60 до 160 Гкал/ч.

2. При расчетах по аналитическим и графическим зависимостям не определена граница зоны естественного повышения давления в теплофикационных отборах. Определение расхода тепла при работе в этой зоне можно выполнить, используя диаграммы режимов и рис.26, позволяющий просто пересчитать расход пара на турбину в расход тепла.

3. Нормативный удельный расход тепла предполагает нормальную эксплуатацию турбины по расчетной тепловой схеме с расчетными параметрами свежего и отработавшего пара и корректируется только на отклонение величин, не зависящих от эксплуатации, - температуры циркуляционной воды и величины нагрева сетевой воды в подогревателях сетевой воды. При этом в зависимости от тепловой нагрузки турбины и температуры сетевой воды давление в верхнем теплофикационном отборе (двух- и трехступенчатый подогрев сетевой воды) определяется по рис.27, а давление в нижнем теплофикационном отборе (одноступенчатый подогрев) - по рис.28.

Для анализа качества эксплуатации и потерь, связанных с отклонением от нормальных параметров, может быть определено изменение удельного расхода тепла

$$\pm \Delta q_T = q_T \frac{\Delta N}{N_T \pm \Delta N}\ \text{ккал/квт·ч},$$

где ΔN - поправка на отклонение любого из параметров от нормативных.

Необходимые поправки приведены на диаграммах режимов (приложения I и II).

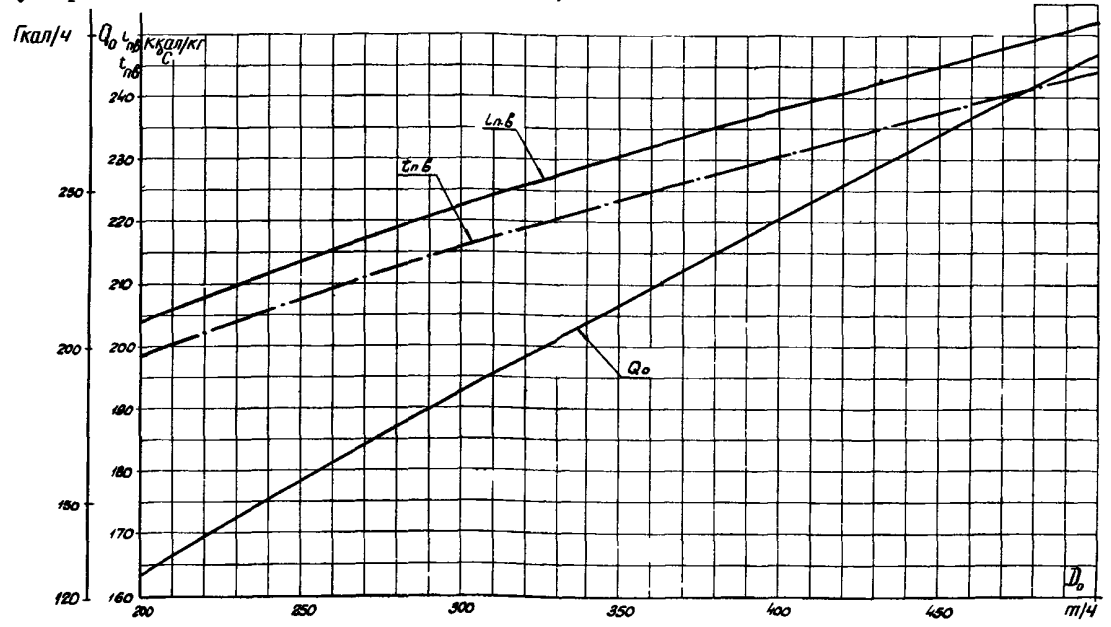


Рис.26. Расход тепла на турбину, энтальпия и температура питательной воды

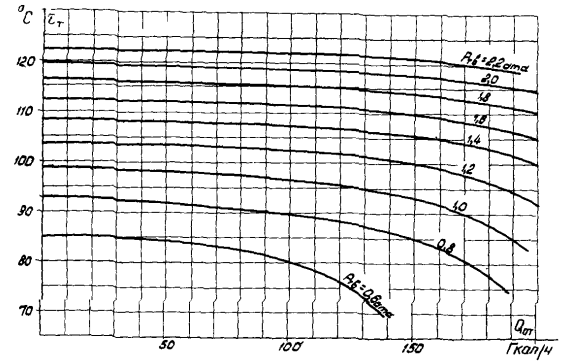


Рис.27. Давление в верхнем теплофикационном отборе (двух- и трехступенчатый подогрев сетевой воды)

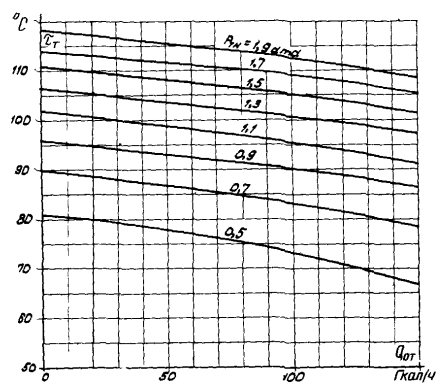


Рис.28. Давление в нижнем теплофикационном отборе (одноступенчатый подогрев сетевой воды)

УП. ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ НОРМАТИВНОГО УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТЕПЛА БРУТТО НА ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ТУРБИНЫ

Наименование	Условное обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
I. Трехступенчатый подогрев сетевой воды Задано: $G_{св}$ = 3650т/ ; τ_2 = 47°С; $\tau_т$ = 87°С; $\Delta\tau$ = 40°С				
Определяемые величины				
1. Тепловая нагрузка турбины	$Q_{от}$	Гкал/ч	$G_{св}(\tau_т-\tau_2)\cdot10^{-3}$	130
2. Давление в верхнем теплофикационном отборе	$\rho_{тв}$	ата	По рис.27	0,8
3. Развиваемая полная теплофикационная мощность при принятых условиях построения нормативных характеристик ($\Delta\tau$ = 47°С)	$N_{тф}$	Мвт	$m_3 Q_{от}$-19,5 или по рис.2	78,9
	m_3	-	По рис.3	0,757
4. Электрическая мощность турбины ($\Delta\tau$ = 47°С)	$N_т$	Мвт	$N_т = N_{тф}$	78,9
5. Расход тепла на производство электроэнергии ($\Delta\tau$ = 47°С)	$Q_э$	Гкал/ч	1,8+0,87 $N_т$ или по рис.1	70,4
6. Поправка к теплофикационной мощности турбины на отклонение нагрева сетевой воды в п.с.в. от 47°С	ΔN_{τ_2}	Мвт	По рис.4	-0,6
	D_0	т/ч	По рис.26	328
	Q_0	Гкал/ч	$Q_э + Q_{от}$	200,4
7. Электрическая мощность турбины при заданных условиях ($\Delta\tau$ = 40°С)	$N'_т$	Мвт	$N_т \pm \Delta N_{\tau_2}$	79,5
8. Расход тепла на производство электроэнергии при заданных условиях ($\Delta\tau$ = 40°С)	$Q_{э_1}$	Гкал/ч	1,8+0,87 $N'_т$	71,0
9. Нормативный удельный расход тепла брутто	$q_т$	$\frac{ккал}{квт\cdot ч}$	$\frac{Q_{э_1}}{N'_т}\cdot10^3$	893
II. Двухступенчатый подогрев сетевой воды А. Задано: регулирующие диафрагмы ц.н.д. закрыты - турбина работает по тепловому графику $G_{св}$ = 2000 т/ч, τ_2 = 51°С; $\tau_т$ = 111°С, $\Delta\tau$ = 60°С; $t_{охл}$ = 20°С				
Определяемые величины				
1. Тепловая нагрузка турбины	$Q_{от}$	Гкал/ч	$G_{св}(\tau_т-\tau_2)\cdot10^{-3}$	120
2. Давление в верхнем теплофикационном отборе	$\rho_{тв}$	ата	По рис.27	1,6
3. Развиваемая полная теплофикационная мощность при принятых условиях построения нормативных характеристик ($\Delta\tau$ = 47°С)	$N_{тф}$	Мвт	$m_2 Q_{от}$-14 или по рис.2	63,8
	m_2	-	По рис.3	0,648
4. Электрическая мощность турбины ($\Delta\tau$ = 47°С)	$N_{т}^{мин}$	Мвт	$N_{тф}+N_{кн}^{мин}$	69,5
	$N_{кн}^{мин}$	Мвт	По рис.5	5,7
5. Доля выработки электроэнергии по теплофикационному циклу	$\delta N_{тф}$	-	$N_{тф}/N_т$	0,918

Наименование	Условное обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
6. Расход тепла на производство электроэнергии ($\Delta\tau$ = 47°С)	$Q_э$	Гкал/ч	$Q_{xx}+\Delta q\, N_T \pm \Delta Q_э$	79,3
	Q_{xx}	Гкал/ч	По рис.6	15,4
	Δq	$\frac{\text{Гкал}}{\text{Мвт·ч}}$	По рис.7	0,963
	$\Delta Q_э$	Гкал/ч	По рис.8	-3,0
7. Поправка к теплофикационной мощности турбины на отклонение нагрева сетевой воды в п.с.в. от 47°С	ΔN_{τ_2}	Мвт	По рис.4	+0,88
	D_0	т/ч	По рис.26	325
	Q_0	Гкал/ч	$Q_э+Q_{от}$	199,3
8. Развиваемая полная теплофикационная мощность при заданных условиях ($\Delta\tau$ = 60°С)	$N'_{тф}$	Мвт	$N_{тф} \pm \Delta N_{\tau_2}$	64,68
9. Электрическая мощность турбины при заданных условиях ($\Delta\tau$ = 60°С)	N'_T	Мвт	$N_T \pm \Delta N_{\tau_2}$	70,38
10. Расход тепла на производство электроэнергии при заданных условиях ($\Delta\tau$ = 60°С)	$Q_{э_1}$	Гкал/ч	$Q_{xx}+\Delta q N'_T \pm \Delta Q_э$	80,18
11. Нормативный удельный расход тепла брутто	q_T	$\frac{\text{ккал}}{\text{квт.ч}}$	$\frac{Q_{э_1}}{N'_T}\cdot 10^3$	1139
Б. З а д а н о : турбина работает по электрическому графику, N_T = 100 мвт, $t_{охл}$ = 15°С, остальные условия приведены в п.А				
Определяемые величины				
1. Тепловая нагрузка турбины	$Q_{от}$	Гкал/ч	$G_{св}(\tau'_T-\tau'_2)\cdot 10^{-3}$	120
2. Давление в верхнем теплофикационном отборе	$p_{тв}$	ата	По рис.27	1,6
3. Развиваемая полная теплофикационная мощность при работе турбины по тепловому графику при принятых условиях построения нормативных характеристик ($\Delta\tau$ = 47°С)	$N_{тф}$	Мвт	$m_2 Q_{от}-14$ или по рис.2	63,8
	m_2	-	По рис.3	0,648
4. Развиваемая подная теплофикационная мощность при работе турбины по электрическому графику ($\Delta\tau$ = 47°С)	$N^э_{тф}$	Мвт	$N_{тф} K_э$	67,5
	$K_э$	-	По рис.9 $f\left(\frac{N_T}{N_{тф}}\right)$	1,058
	$N_T/N_{тф}$	-	-	1,567
5. Доля выработки электроэнергии по теплофикационному циклу ($\Delta\tau$ = 47°С)	$\delta N_{тф}$	-	$N^э_{тф}/N_T$	0,675
6. Расход тепла на производство электроэнергии ($\Delta\tau$ = 47°С)	$Q_э$	Гкал/ч	$Q_{xx}+\Delta q N_T \pm \Delta Q_э$	138,2
	Q_{xx}	Гкал/ч	По рис.6	17,7
	Δq	$\frac{\text{Гкал}}{\text{Мвт·ч}}$	По рис.7	1,235
	$\Delta Q_э$	Гкал/ч	По рис.8	-3,0

Наименование	Условное обозначение	Размерность	Способ определения	Полученная величина
7. Поправка к теплофикационной мощности турбины на отклонение нагрева сетевой воды в п.с.в. от 47°С	ΔN_{τ_2}	Мвт	По рис.4	+1,25
	D_0	т/ч	По рис.26 $f(Q_0)$	433
	Q_0	Гкал/ч	$Q_э + Q_{от}$	256,2
8. Развиваемая полная теплофикационная мощность *при заданных условиях* ($\Delta\tau = 60°С$)	$N^{э}_{тф}$	Мвт	$N^{э}_{тф} \pm \Delta N_{\tau_2}$	68,75
9. Доля выработки электроэнергии по теплофикационному циклу при заданных условиях ($\Delta\tau = 60°С$)	$\delta N'_{тф}$	-	$N^{э'}_{тф} / N_т$	0,6875
10. Относительный прирост расхода тепла на конденсационную выработку	$\Delta q_{кн}$	Гкал / Мвт·ч	$\Delta q_{кн} = \frac{\Delta q - 0{,}87\delta N_{тф}}{1-\delta N_{тф}}$ (из уравнения гл.III, п.I)	I,997
	Δq	Гкал / Мвт·ч	По рис.7	1,222
11. Поправка к расходу тепла на производство электроэнергии:				
а) на отклонение нагрева сетевой воды в п.с.в. от 47°С ($\Delta\tau = 60°С$)	$\Delta Q_э^{\Delta\tau}$	Гкал/ч	$(\Delta q_{кн} - 0{,}87)\Delta N_{\tau_2}$	-1,41
б) на отклонение температуры циркуляционной воды от 20°С ($t_{охл} = 15°С$)	$\Delta Q_э^{t_{охл}}$	Гкал/ч	$\Delta q_{кн} \Delta N_{t_{охл}}$	-1,20
	$\Delta N_{t_{охл}}$	Мвт	По рис.10	+0,6
12. Расход тепла на производство электроэнергии с учетом поправок на фактические условия работы турбины ($\Delta\tau = 60°С$; $t_{охл} = 15°С$)	$Q_{э_1}$	Гкал/ч	$Q_э \pm \Delta Q_э^{\Delta\tau} \pm \Delta Q_э^{t_{охл}}$	135,59
13. Нормативный удельный расход тепла брутто	$q_т$	ккал / квт·ч	$Q_{э_1} / N_т \cdot 10^3$	1356
III. Одноступенчатый подогрев сетевой воды				
Расчет нормативного удельного расхода тепла брутто ведется аналогично расчету при двухступенчатом подогреве сетевой воды по графикам рис.I6-24				
1У. Конденсационный режим				
З а д а н о : $N_т$ = 90 Мвт, $t_{охл}$ = 25°С.				
Определяемые величины				
1. Расход тепла на производство электроэнергии ($t_{охл}$ = 20°С)	$Q_э$	Гкал/ч	15,7+1,968 $N_т$ или по рис.25	192,82
2. Поправка к расходу тепла на производство электроэнергии на отклонение температуры циркуляционной воды от 20°С	$\Delta Q_э^{t_{охл}}$	Гкал/ч	1,968 $\Delta N_{t_{охл}}$	+2,16
	$\Delta N_{t_{охл}}$	Мвт	По рис.10	-1,1
	D_0	т/ч	По рис.26	314
3. Расход тепла на производство электроэнергии ($t_{охл}$ = 25°С)	$Q_{э_1}$	Гкал/ч	$Q_э \pm \Delta Q_э^{t_{охл}}$	194,98
4. Нормативный удельный расход тепла брутто	$q_т$	ккал / квт·ч	$Q_{э_1} / N_т \cdot 10^3$	2166

ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

P_0 и t_0 - давление и температура свежего пара перед стопорным клапаном турбины, ата и °С;

D_0 и Q_0 - расход свежего пара и тепла на турбину, т/ч и Гкал/ч;

$G_{пв}$ - расход питательной воды, проходящей через подогреватели высокого давления, т/ч;

$P_{тн}$ и $P_{тв}$ - давление в нижнем и верхнем теплофикационных отборах, ата;

$W_{цв}$ и $t_{охл}$ - расход и температура циркуляционной воды, м³/ч и °С;

P_2 - давление отработавшего пара в конденсаторах турбины, ата;

$t_{пв}$ и $i_{пв}$ - температура и энтальпия питательной воды после подогревателей высокого давления, °С и ккал/кг;

$Q_{от}$ - тепловая нагрузка турбины (отпуск тепла из теплофикационных отборов), Гкал/ч;

$G_{св}$ - расход сетевой воды через подогреватели сетевой воды (п.с.в.), т/ч;

τ'_2 - температура сетевой воды, поступающей из обратной магистрали, °С;

$\tau_т$ - температура сетевой воды после подогревателей сетевой воды турбины, °С;

$\Delta\tau$ - нагрев сетевой воды, °С;

$N_т$ - электрическая мощность турбины на клеммах генератора, Мвт;

$N_{тф}$ - теплофикационная мощность турбины при работе по тепловому графику (закрытых регулирующих диафрагмах ц.н.д.), Мвт;

$N^э_{тф}$ - теплофикационная мощность турбины при работе по электрическому графику (частично или полностью открытых регулирующих диафрагмах ц.н.д.), Мвт;

$N_{кн}$ - конденсационная мощность турбины, Мвт;

$N^{мин}_{кн}$ - минимальная конденсационная мощность турбины при работе по тепловому графику (при закрытых регулирующих диафрагмах ц.н.д.), Мвт;

$Q_э$ - расход тепла на производство электроэнергии, Гкал/ч;

m_1, m_2 и m_3 - относительный прирост теплофикационной выработки соответственно для режимов работы с одноступенчатым, двух- и трехступенчатым подогревом сетевой воды, Мвт·ч/Гкал;

$K_{э1}$ и $K_{э2}$ - коэффициент прироста теплофикационной мощности при работе турбины по электрическому графику соответственно для режимов работы с одноступенчатым и двухступенчатым подогревом сетевой воды;

$\delta N_{тф}$ - доля теплофикационной выработки электроэнергии;

$Q_{хх}$ - условный расход тепла холостого хода на производство электроэнергии, Гкал/ч;

$Q^{кн}_{хх}$ - условный расход тепла холостого хода на конденсационную выработку электроэнергии, Гкал/ч;

Δq - относительный прирост расхода тепла на производство электроэнергии, Гкал/Мвт·ч;

$\Delta q_{кн}$ - относительный прирост расхода тепла на конденсационную выработку электроэнергии, Гкал/Мвт·ч;

$\Delta q_{тф}=0{,}87$ - величина относительного прироста расхода тепла на теплофикационную выработку электроэнергии, Гкал/Мвт·ч;

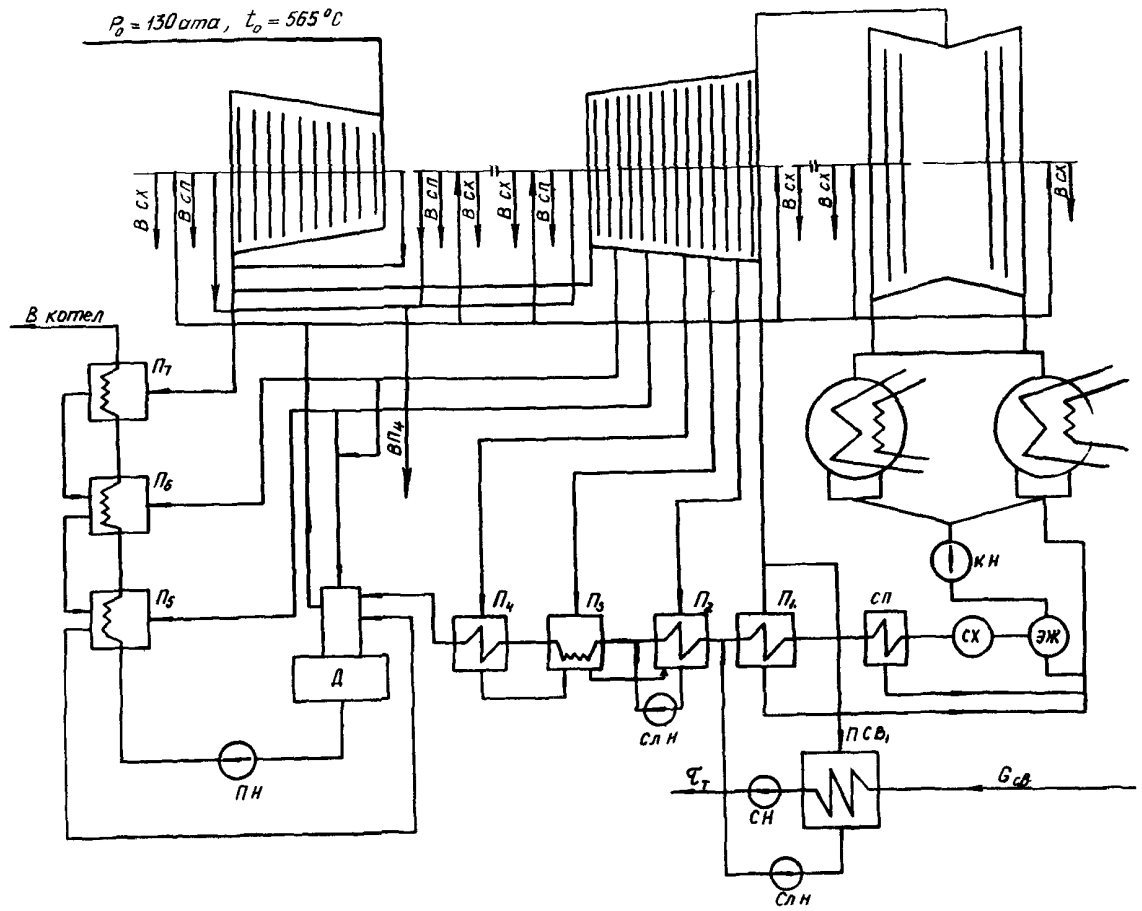
ΔN_{τ_2} - поправка к теплофикационной мощности на отклонение нагрева сетевой воды в подогревателе сетевой воды от принятого при построении нормативных характеристик (от $\Delta\tau = 47^{\circ}$С), Мвт;

$\Delta N_{t_{охл}}$ - поправка к конденсационной мощности на отклонение температуры охлаждающей воды от принятой при построении нормативных характеристик (от $t_{охл} = 20^{\circ}$С), Мвт;

$q_т$ - нормативный удельный расход тепла брутто на производство электроэнергии, ккал/квт·ч.

Приложение 1

ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ ТУРБОАГРЕГАТА Т-100-130 ТМЗ (ДВУХ- И ТРЕХСТУПЕНЧАТЫЙ ПОДОГРЕВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ)*



Принципиальная тепловая схема турбины Т-100-130:

КН - конденсатный насос; СХ - сальниковый охладитель; ЭЖ - подогреватель эжекторов; СП - сальниковый подогреватель; ПСВ$_1$, ПСВ$_2$ - подогреватели сетевой воды № I и 2; Сл.Н - сливной насос; СН - сетевой насос; $П_1$, $П_2$, $П_3$, $П_4$ - подогреватели низкого давления № I,2,3 и 4; Д - деаэратор; ПН - питательный насос; $П_5$, $П_6$, $П_7$ - подогреватели высокого давления № 5,6 и 7

I. Номинальные условия, для которых построена диаграмма режимов

1. Параметры свежего пара P_0 = 130 ата, t_0 = 565°С.

2. Тепловая схема - расчетная, количество питательной воды равно расходу пара на турбину.

3. При двухступенчатой схеме подогрева сетевой воды конденсаторы охлаждаются циркуляционной водой.

4. Сетевая вода подогревается при двухступенчатой схеме последовательно в подогревателях сетевой воды № 1 и 2, а при трехступенчатой схеме - в подогревателях сетевой воды № 1 и 2 и в теплофикационных пучках конденсаторов.

5. Температуры обратной сетевой воды и за подогревателем сетевой воды № 2 соответствуют графику I.

*См. вклейку.

6. Температура охлаждающей воды $t_{охл}$=20°С, количество охлаждающей воды $W_{цв}$= 16000 м³/ч.

П. Пользование диаграммой режимов

А. Работа турбины с закрытыми регулирующими диафрагмами ц.н.д.

Пример I. Задано: тепловая нагрузка турбины $Q_{от}$ = 160Гкал/ч, температура обратной сетевой воды τ_2 = 40°С; расход сетевой воды $G_{св}$= 3600 т/ч. Параметры свежего пара номинальные. Сетевая вода подогревается по трехступенчатой схеме. Определить электрическую мощность турбины $N_т$ Мвт. Определяем нагрев воды в подогревателях сетевой воды $\Delta\tau$ = 44,5°С и температуру сетевой воды после подогревателя сетевой воды № 2.

$$\tau_т = \tau_2 + \Delta\tau = 84{,}5^{\circ}С.$$

При помощи вспомогательного графика I по $Q_{от}$=160 Гкал/ч и $\tau_т$=84,5°С определяем давление пара в верхнем отборе $p_{тв}$= 0,84 ата. Затем из точки А на оси тепловой нагрузки восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с линией трехступенчатого подогрева сетевой воды в точке Б при соответствующем давлении $p_{тв}$=0,84 ата и определяем расход свежего пара D_0 =412 т/ч. Из точки Б проводим горизонталь до пересечения с толстой сплошной линией в точке В ($p_{тв}$=0,84 ата), из которой опускаемся на ось мощности в точку Г и определяем фиктивную электрическую мощность турбины $N_ф$=100,2 Мвт. Для определения действительной электрической мощности турбины находим поправку к мощности по графику 1У на температуру обратной сетевой воды ΔN_{τ_2} = -0,2 Мвт.

Действительная мощность турбины при заданных условиях составит:

$$N_т = N_ф + \Delta N_{\tau_2} = 100{,}2 - 0{,}2 = 100 \text{ Мвт}.$$

Аналогичное пользование диаграммой - при двухступенчатом подогреве сетевой воды и закрытых регулирующих диафрагмах. В этом случае в левом квадранте диаграммы необходимо пользоваться линиями, относящимися к двухступенчатому подогреву сетевой воды.

Б. Работа турбины при двухступенчатом подогреве сетевой воды с частично или полностью открытыми регулирующими диафрагмами ц.н.д. (работа турбины по электрическому графику).

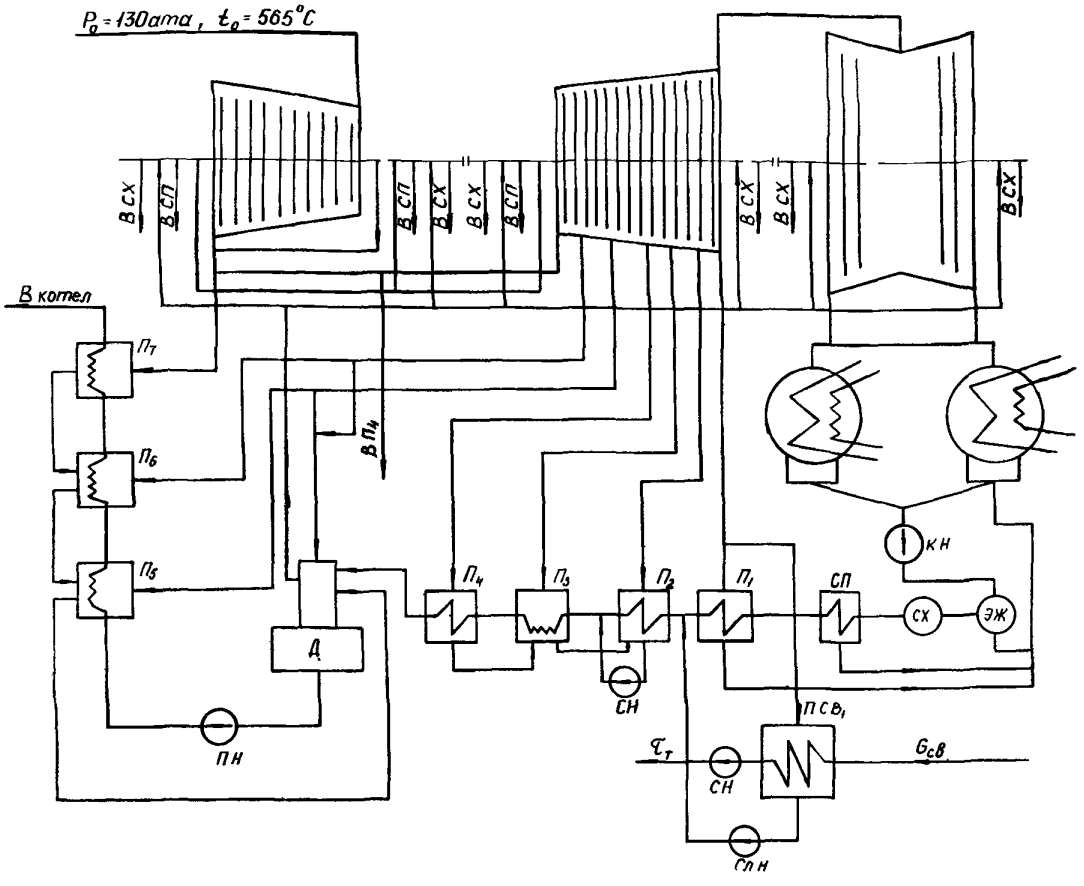
Пример 2. Задано: тепловая нагрузка турбины $Q_{от}$ = 100 Гкал/ч, расход свежего пара D_0 = 400 т/ч, температура обратной сетевой воды τ_2 = 40°С, параметры свежего пара номинальные, давление пара в конденсаторе расчетное (график УП), расход сетевой воды $G_{св}$= 2130 т/ч. Определить электрическую мощность $N_т$ Мвт.

По графику I определяем давление в верхнем отборе $p_{тв}$ = 0,74 ата. По шкале тепловой нагрузки левого квадранта из точки К ($Q_{от}$= 100 Гкал/ч)проводим вертикаль до пересечения с линией $p_{тв}$ = 0,74 ата в точке Л, затем из точки Л проводим горизонталь до пересечения с толстой сплошной линией при $p_{тв}$=0,74 ата правого квадранта диаграммы в точке М, из которой проводим штриховую линию, параллельную ближайшей тонкой сплошной линии диаграммы, до точки пересечения с горизонталью заданного расхода пара или с пунктирной линией полностью открытой диафрагмы (до ближайшего из этих пересечений). В примере точка Н - пересечение с пунктирной линией при давлении $p_{тв}$ = 0,74 ата. Далее проводим линию параллельно ближайшей штрих-пунктирной линии естественного повышения давления в верхнем отборе до пересечения в точке О с горизонталью заданного расхода свежего пара на турбину. По вертикали из точки О находим фиктивную мощность турбины в точке П $N_ф$ = 105,4 Мвт.

Если параметры свежего пара отличаются от номинальных, а давление пара в конденсаторе - от расчетного, то по вспомогательным графикам П,Ш,У,УП к мощности, найденной по диаграмме, даются соответствующие поправки.

Приложение П

ТИПОВАЯ ДИАГРАММА РЕЖИМОВ ТУРБОАГРЕГАТА Т-100-130 ТМЗ
(ОДНОСТУПЕНЧАТЫЙ ПОДОГРЕВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ)*



Принципиальная тепловая схема турбины Т-100-130
(Условные обозначения те же, что и в схеме приложения I)

I. Номинальные условия, для которых построена диаграмма режимов

1. Параметры свежего пара p_0 = 130 ата; t_0 = 565°С.

2. Тепловая схема - расчетная. Количество питательной воды равно расходу свежего пара на турбину.

3. Сетевая вода подогревается по одноступенчатой схеме в подогревателе сетевой воды № 1.

4. Температура охлаждающей воды $t_{охл}$ = 20°С, количество охлаждающей воды $W_{ц.в}$ = 16000 м³/ч.

II. Пользование диаграммой режимов

Работа турбины по электрическому графику.

П р и м е р . Задано: Тепловая нагрузка $Q_{от}$ = 100 Гкал/ч, расход свежего пара D_0 = 400 т/ч, температура обратной сетевой воды τ_2 = 40°С, температура сетевой воды после подогревателя сетевой воды $\tau_т$ = 87°С, параметры свежего пара номинальные, давление пара в конденсаторе расчетное (график П). Определить электрическую мощность $N_т$.

*См. вклейку.

По графику I при заданных значениях $t_т$ = 67°С и $Q_{от}$ = 100 Гкал/ч определяем давление в отборе $p_{тн}$ = 0,8 ата. По шкале тепловой нагрузки из точки А ($Q_{от}$ = 100 Гкал/ч) проводим вертикаль до пересечения с линией $p_{тн}$ = 0,8 ата в точке В. Затем из точки В проводим горизонталь до пересечения с толстой сплошной линией при $p_{тн}$ = 0,8 ата правого квадранта диаграммы в точке С, из которо проводим линию, параллельную бли а ей тонкой сплошной линии диаграммы до пересечения в точке D с горизонталью заданного расхода свежего пара на турбину. По вертикали из точки D находим мощность турбины в точке $E_т N$=97 М

Если параметры свежего пара отличаются о номинальных, а давление пара в конденсаторе - от расчетного, то по вспомогательным графикам П и IУ-УI к мощности, найденной по диаграмме, вносятся соответствующие поправ

Типовая нормативная характеристика
турбоагрегата Т-I00-I30 ТМ8

Ведущий редактор Н.А. Натансон
Литературный редактор Р.Н. Лейтман

Корректоры: Е.В. Крюкова
Н.С.Григорьева

Техн.редактор Г.Д.Глазова

Уч.-изд. . 2,55 Цена I3 коп. Заказ 355/7 (10)

А I00604 Подписано к печати 30/XII I970 г Тираж 2200 экз.

Специализированный центр научно-технической информации
Москва, -432,2-й Кожуховский проезд,д.29,корп.6

Ротапринт СЦИТИ ОРГРЭС

gost.e-ecolog.ru