МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР
ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОМУ КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

МУ 34-70-104-85

СОЮЗТЕХЭНЕРГО
Москва 1985

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ СССР

ГЛАВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОМУ КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

МУ 34-70-104-85

СЛУЖБА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА И ИНФОРМАЦИИ СОЮЗТЕХЭНЕРГО

Москва 1985

Р А З Р А Б О Т А Н О предприятием "Сибтехэнерго" Производственного объединения по наладке, совершенствованию технологии и эксплуатации электростанций и сетей "Союзтехэнерго"

И С П О Л Н И Т Е Л И В.Ф.РЫБАЛКО, В.А.КОРЖЕНКОВ

У Т В Е Р Ж Д Е Н О Главным техническим управлением по эксплуатации энергосистем 05.08.85 г.

Заместитель начальника Д.Я.ШАМАРАКОВ

© СПО Союзтехэнерго, 1985.

С О Д Е Р Ж А Н И Е

I. Общая часть 4

2. Порядок пользования способом оценки состояния сетевых подогревателей 6

П р и л о ж е н и е I. Теоретические основы способа оценки состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя 7

П р и л о ж е н и е 2. Графики расчетных температурных напоров сетевых подогревателей 9

П р и л о ж е н и е 3. Технические характеристики сетевых пароводяных подогревателей 62

П р и л о ж е н и е 4. Показатель β' 64

П р и л о ж е н и е 5. Обработка данных измерений 65

П р и л о ж е н и е 6. Примеры оценки состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя 69

УДК 697.34.004.58

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОМУ КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

МУ 34-70-104-85

Срок действия установлен
с 01.11.85 г.
до 01.11.90 г.

Методические указания устанавливают порядок определения основных показателей и оценки состояния поверхностей нагрева сетевых подогревателей в целях поддержания экономичных режимов работы оборудования и предназначены для персонала предприятий ПО "Союзтехэнерго", служб наладки энергоуправлений, цехов наладки электростанций и других подразделений, осуществляющих испытания, наладку и эксплуатацию сетевых подогревателей ТЭС и котельных.

I. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

I.I. Метод оценки состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя основан на сравнении фактического и расчетного температурных напоров.

I.2. Теоретические основы способа оценки состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя приведены в приложении I.

I.3. Фактический температурный напор определяется на основании измерений, выполняемых в любом эксплуатационном режиме работы подогревателя, желательно при расходе сетевой воды, близком к номинальному для данного типа подогревателя.

I.4. Расчетный температурный напор при чистой поверхности нагрева определяется по соответствующему графику (приложение 2) для режима работы, при котором проводились эксплуатационные измерения параметров.

Технические характеристики подогревателей приведены в приложении 3.

I.5. Измерения необходимых параметров по каждому подогревателю производятся с помощью штатных контрольно-измерительных приборов, которые должны проходить периодическую проверку, и могут дублироваться с использованием специальных приборов и устройств. Схема измерений должна отвечать требованиям "Методических указаний по испытаниям сетевых подогревателей" (М.: СПО Союзтехэнерго, 1982).

I.6. Измерения всех необходимых параметров производятся в один прием за минимальный промежуток времени. Повторная запись показаний измерений - через I0-I5 мин. Перед проведением измерений необходимо убедиться в том, что обеспечивается нормальная работа воздухоотсасывающих устройств из парового пространства и поддерживается нормальный уровень конденсата в подогревателе.

I.7. Отклонение значений измеряемых величин по результатам двух измерений не должно превышать:

- по расходу сетевой воды $\pm 5\%$;
- по температуре сетевой воды $\pm I^{\circ}C$;
- по давлению пара, кПа(кгс/см^2): для основных подогревателей $\pm 4,9$ (0,05); для пиковых подогревателей $\pm 9,8$ (0,I0);
- по температуре конденсата (при наличии данных измерений) $\pm I,0^{\circ}C$.

I.8. Достоверность данных оценки состояния поверхности нагрева сетевых подогревателей зависит от точности измерения требуемых величин. Особо тщательно следует выполнять измерения давления пара в основных подогревателях.

I.9. Степень загрязнения поверхности нагрева сетевого подогревателя характеризуется показателем β', выраженным в процентах. Показатель β' характеризует уменьшение значения фактического коэффициента теплопередачи по сравнению с расчетным для чистой поверхности нагрева и учитывает влияние на фактический коэффициент теплопередачи загрязнения поверхности нагрева отложениями, наличия неконденсирующихся газов в паровом пространстве, несоответствия фактической поверхности нагрева расчетной.

I.I0. В зависимости от значения показателя β' устанавливаются две степени состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя:

- при $\beta' < 30\%$ состояние удовлетворительное;
- при $\beta' \geq 30\%$ состояние неудовлетворительное.

Указанное значение β' установлено из условия, что фактический температурный напор не превышает расчетное значение не более чем в 2 раза, что соответствует толщине слоя накипи в трубной системе около 0,2 мм. При этом должна быть обеспечена нормальная работа воздухоотсасывающих устройств и регуляторов уровня конденсата, а количество заглушенных или удаленных трубок не должно превышать 5%.

Значение показателя β' приведены в приложении 4.

I.II. Оценка состояния поверхностей нагрева сетевых подогревателей производится обязательно перед началом и окончанием отопительного сезона и периодически, не реже одного раза в 2-3 нед в период отопительного сезона. При интенсивном накипеобразовании в трубной системе период между испытаниями может быть сокращен.

2. ПОРЯДОК ПОЛЬЗОВАНИЯ СПОСОБОМ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

2.I. Для оценки состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя необходимо выполнить измерения следующих величин:

- расхода сетевой воды через подогреватель;
- температуры сетевой воды на входе;
- температуры сетевой воды на выходе;
- давления пара в корпусе подогревателя.

2.2. По усредненным значениям данных измерений, порядок обработки которых приведен в приложении 5, определяются:

2.2.I. Относительный расход сетевой воды

$$\bar{G} = G_и / G_н ,$$

где $G_и$ - измеренный расход сетевой воды, т/ч;

$G_н$ - номинальный расход сетевой воды для данного типа подогревателя (см.графики приложения 2), т/ч.

2.2.2. Фактический температурный напор

$$\delta t_ф = t_н^и - t_1^и ,$$

где $t_н^и$ - температура насыщения греющего пара при измеренном давлении, принимается по таблицам теплофизических свойств воды и водяного пара, ^oC;

$t_1^и$ - измеренная температура сетевой воды на выходе из подогревателя, ^oC.

2.2.3. Фактический нагрев сетевой воды в подогревателе Δt :

$$\Delta t = t_1^и - t_2^и ,$$

где $t_2^и$ - измеренная температура сетевой воды на входе в подогреватель, ^oC.

2.2.4. Расчетный температурный напор $\delta t_р$ (по графику приложения 2 для данного типа подогревателя) для условий, соответствующих режиму при проведении измерений, т.е. при $t_2 = t_2^и$; $t_1 = t_1^и$ и $G = G_и$.

2.2.5. Отношение фактического нагрева к расчетному температурному напору

$$\varepsilon = \Delta t / \delta t_р .$$

2.2.6. Отношение расчетного и фактического температурных напоров

$$\varphi = \delta t_р / \delta t_ф .$$

2.2.7. Степень загрязнения поверхности нагрева β' (по приложению 4) в зависимости от полученных значений ε, φ и $\bar{G}$.

2.3. Данные измерений и результаты оценки состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя рекомендуется оформлять в виде таблицы (см. приложение 6).

Приложение I
Рекомендуемое

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СПОСОБА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА СЕТЕВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ

Предлагаемый способ оценки состояния поверхности нагрева сетевого подогревателя базируется на сравнении значений фактического, полученного в результате измерений, и теоретического, полученного расчетным путем для чистой поверхности трубного пучка, температурных напоров ($\delta t_{ф}$ и $\delta t_{р}$).

В практике проектирования и эксплуатации сетевых подогревателей всех типов загрязнение поверхности нагрева трубного пучка учитывается введением коэффициента чистоты (β) к расчетному значению коэффициента теплопередачи ($K_{р}$).

Выявляется зависимость между величинами $\delta t_{ф}$, $\delta t_{р}$ и β при условии равной тепловой производительности чистого и загрязненного подогревателя с одинаковыми параметрами сетевой воды, но при различных давлениях греющего пара:

$$Q_{р}=G(t_{1}-t_{2})=K_{р}F_{р}\Delta t_{ср}^{р}\,10^{-3}; \qquad (1)$$

$$Q_{ф}=G(t_{1}-t_{2})=\beta K_{р}F_{р}\Delta t_{ср}^{ф}\,10^{-3}, \qquad (2)$$

где $Q_{р}$ и $Q_{ф}$ – расчетная и фактическая тепловая производительность, Гкал/ч;
G – расход сетевой воды, т/ч;
t_{1} – температура сетевой воды на выходе, °С;
t_{2} – температура сетевой воды на входе, °С;
$K_{р}$ – расчетный коэффициент теплопередачи, ккал/(м^{2}·ч·°С);
$F_{р}$ – расчетная поверхность нагрева подогревателя, м^{2};
$\Delta t_{ср}^{р}$ и $\Delta t_{ср}^{ф}$ – расчетное и фактическое значения среднелогарифмической разности температур пара и сетевой воды, °С;
β – коэффициент чистоты.

Путем преобразований формулы тепловой производительности сетевого подогревателя можно найти зависимость отношения расчетного температурного напора к фактическому ($\varphi = \delta t_{р} / \delta t_{ф}$) от коэффициента β .

Из условия равной тепловой производительности следует

$$Q_{р}=Q_{ф}=K_{р}F_{р}\Delta t_{ср}^{р}=\beta K_{р}F_{р}\Delta t_{ср}^{ф}. \qquad (3)$$

После сокращения и раскрытия формулы среднелогарифмической разности температур ($\Delta t_{ср}$) имеем

$$\frac{\Delta t}{\ell n \frac{\Delta t + \delta t_p}{\delta t_p}} = \beta \frac{\Delta t}{\ell n \frac{\Delta t + \delta t_\phi}{\delta t_\phi}}, \qquad (4)$$

где Δt - нагрев сетевой воды в подогревателе, ^{o}C;

δt_p и δt_ϕ - расчетный и фактический температурные напоры, ^{o}C.

После преобразования получаем

$$\beta = \ell n \left(\frac{\Delta t}{\delta t_\phi} + 1 \right) \Big/ \ell n \left(\frac{\Delta t}{\delta t_p} + 1 \right). \qquad (5)$$

Введя обозначения $\delta t_p / \delta t_\phi = \varphi$; $\Delta t / \delta t_p = \mathcal{E}$, имеем

$$\beta = \ell n (\varphi \mathcal{E} + 1) / \ell n (\mathcal{E} + 1). \qquad (6)$$

Коэффициент чистоты β зависит не только от состояния поверхности нагрева подогревателя, но и незначительно от режима его работы, характеризуемого расходом сетевой воды и температурой ее на входе в подогреватель и выходе из него.

Анализ данных теплотехнических расчетов сетевых подогревателей показывает, что в диапазоне изменения температуры сетевой воды на входе в подогреватель в пределах $30^{o}C$ на коэффициент β. влияет практически только расход сетевой воды.

На основании данных расчетов получена приближенная зависимость влияния относительного расхода сетевой воды на коэффициент β :

$$\beta_i = \beta_н^{\bar{G}^n},$$

где β_i - коэффициент чистоты подогревателя при расходе, отличающемся от номинального;

$\beta_н$ - коэффициент чистоты подогревателя при номинальном расходе сетевой воды;

$\bar{G}$ - относительный расход сетевой воды

$$\bar{G} = G_и / G_н$$

(здесь $G_и$ - измеренный расход сетевой воды, т/ч; $G_н$ - номинальный расход сетевой воды, указанный на графике расчетных температурных напоров данного типа подогревателя, т/ч):

n - показатель степени, равный 0,25 для вертикальных подогревателей и 0,17 для горизонтальных (получен расчетным путем из сопоставления значений β в режимах, различающихся расходом сетевой воды).

Приложение 2
Обязательное

ГРАФИКИ РАСЧЕТНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ НАПОРОВ СЕТЕВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Приведенные на графиках расчетные температурные напоры (δt_p) получены в результате тепловых расчетов сетевых подогревателей.

Расчетные температурные напоры для вертикальных подогревателей изменяются в широком диапазоне и при удельной тепловой нагрузке (120-160)х х 10^3 ккал/($м^2$ч) достигают 25-30°С.

Графики расчетных температурных напоров разделены на три группы по назначению и конструкции подогревателей.

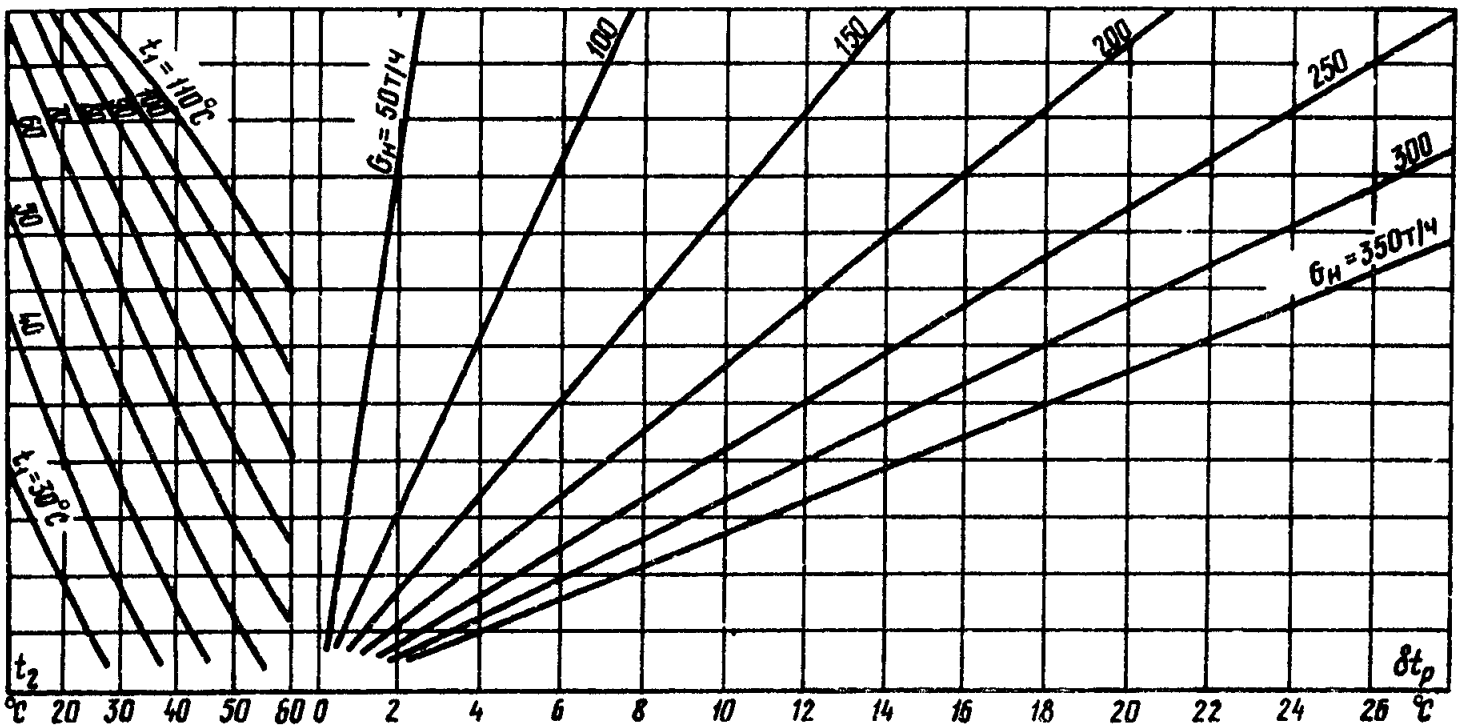
К первой группе (рис.П2.1-П2.12) относятся основные вертикальные подогреватели с температурой воды на входе (t_2) от 10 до 100°С типов БО-90м, БО-130м, БО-200м, ПСВ-200-3-23, ПСВ-315-3-23, БО-350м, ПСВ-500-3-23, БО-550-3м, ВВ-1350.

Ко второй группе (рис.П2.13-П2.20) относятся основные горизонтальные подогреватели с температурой воды на входе от 30 до 110°С типов ПСГ-800-3-8, ПСГ-1300-3-8, БГ-1300, ПСГ-2300-3-8, ПСГ-5000-2,5-8, ПСГ-5000-3-8.

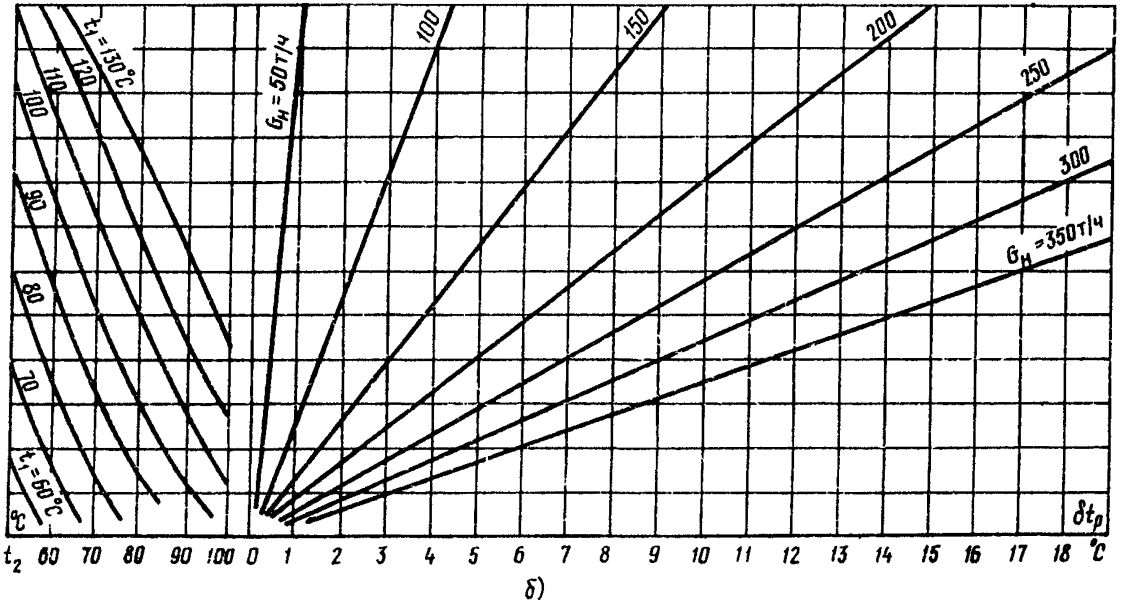
К третьей группе (рис.П2.21-П2.32) относятся пиковые вертикальные подогреватели с температурой воды на входе от 70 до 120°С типов БП-90м, ПСВ-90-7-15, ПСВ-125-7-15, БП-200м, БП-200у, ПСВ-200-7-15, ПСВ-200-14-23, БП-300-2м, ПСВ-315-14-23, БП-500м, ПСВ-500-14-23.

Ключ к графикам: $t_2 \rightarrow t_1 \rightarrow G_н \rightarrow \delta t_p$;

$f_в$ - площадь живого сечения по воде;
$d_н/d_{вн}$ - наружный диаметр/внутренний диаметр трубок;
H - длина пленки конденсата.

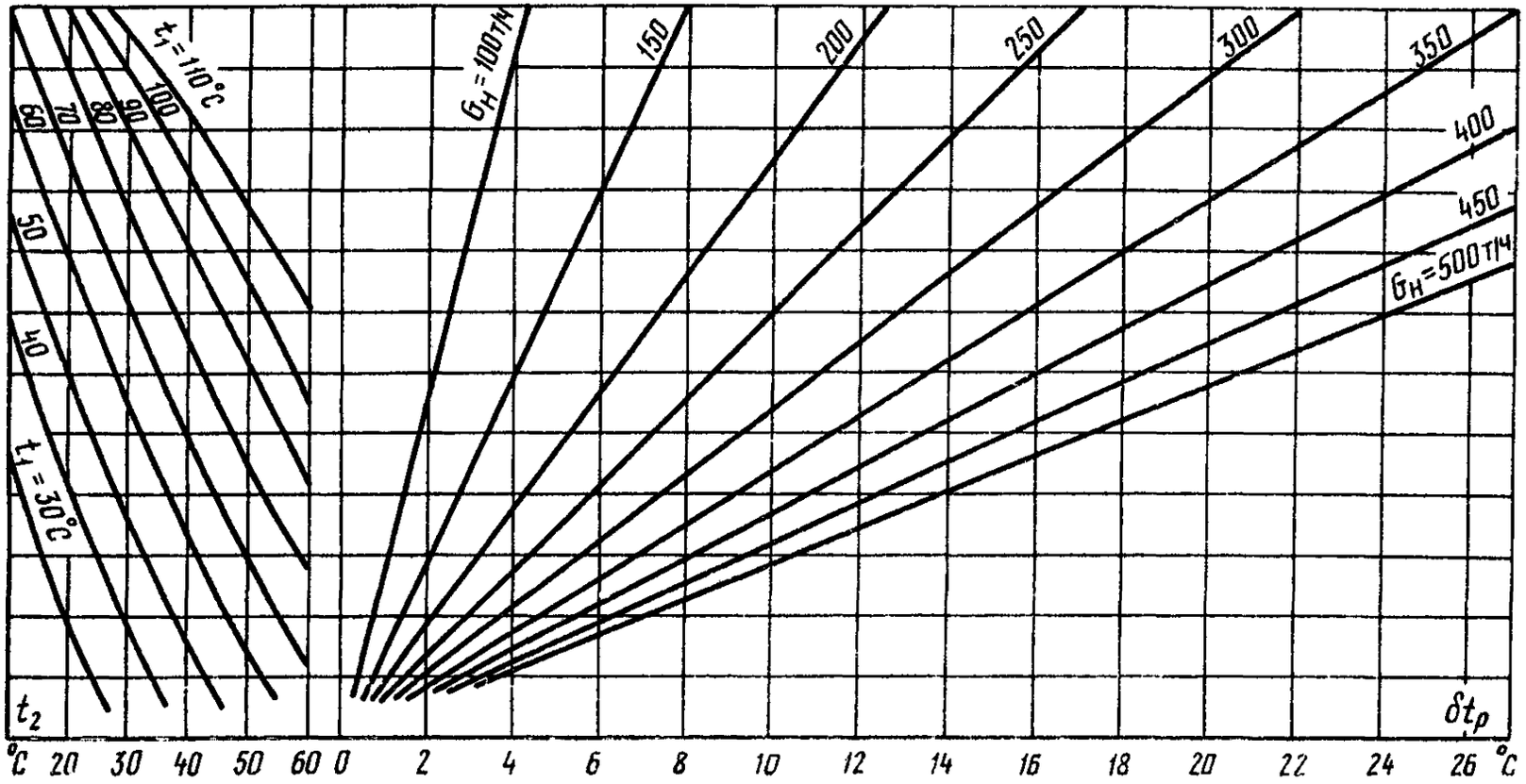

t_1 = 110°C
100
90
80
70
60
50
40
30
t_1 = 30°C
$G_н$ = 50 т/ч
100
150
200
250
300
$G_н$ = 350 т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 °C
$\delta t_р$

а)

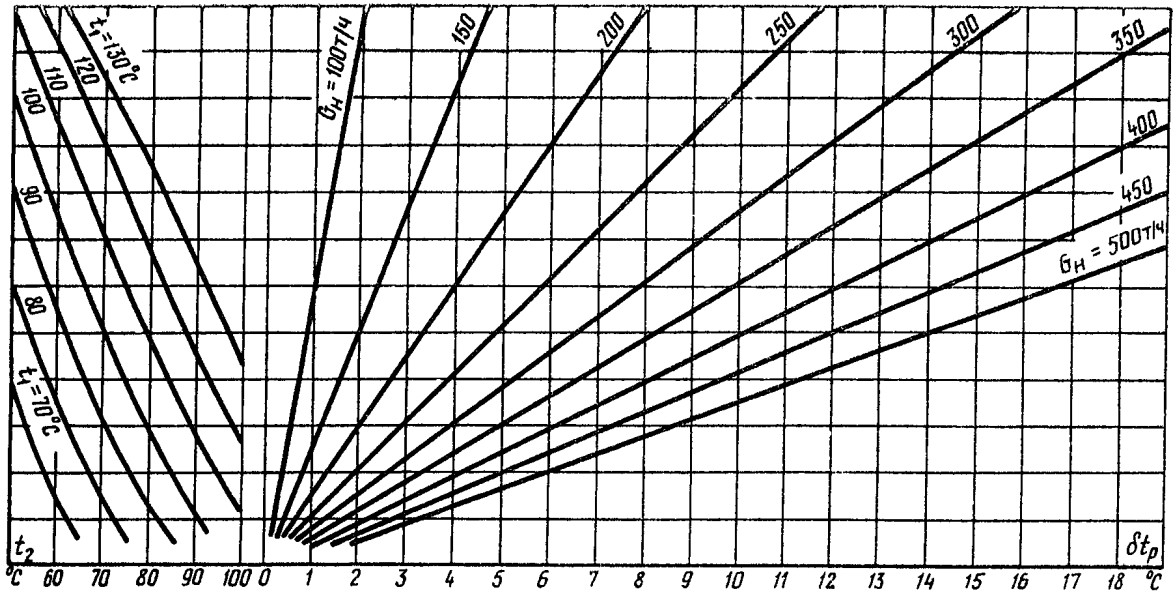


б)

Рис.П2.I. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БО-90м (трубки латунные), число ходов 4, $f_в$ = 0,0297 м²; $d_н/d_{вн}$ = I9/I7,5 мм, H = I,45 м):
$а - t_2$ = I0÷60°C; $б - t_2$ = 50÷I00°C

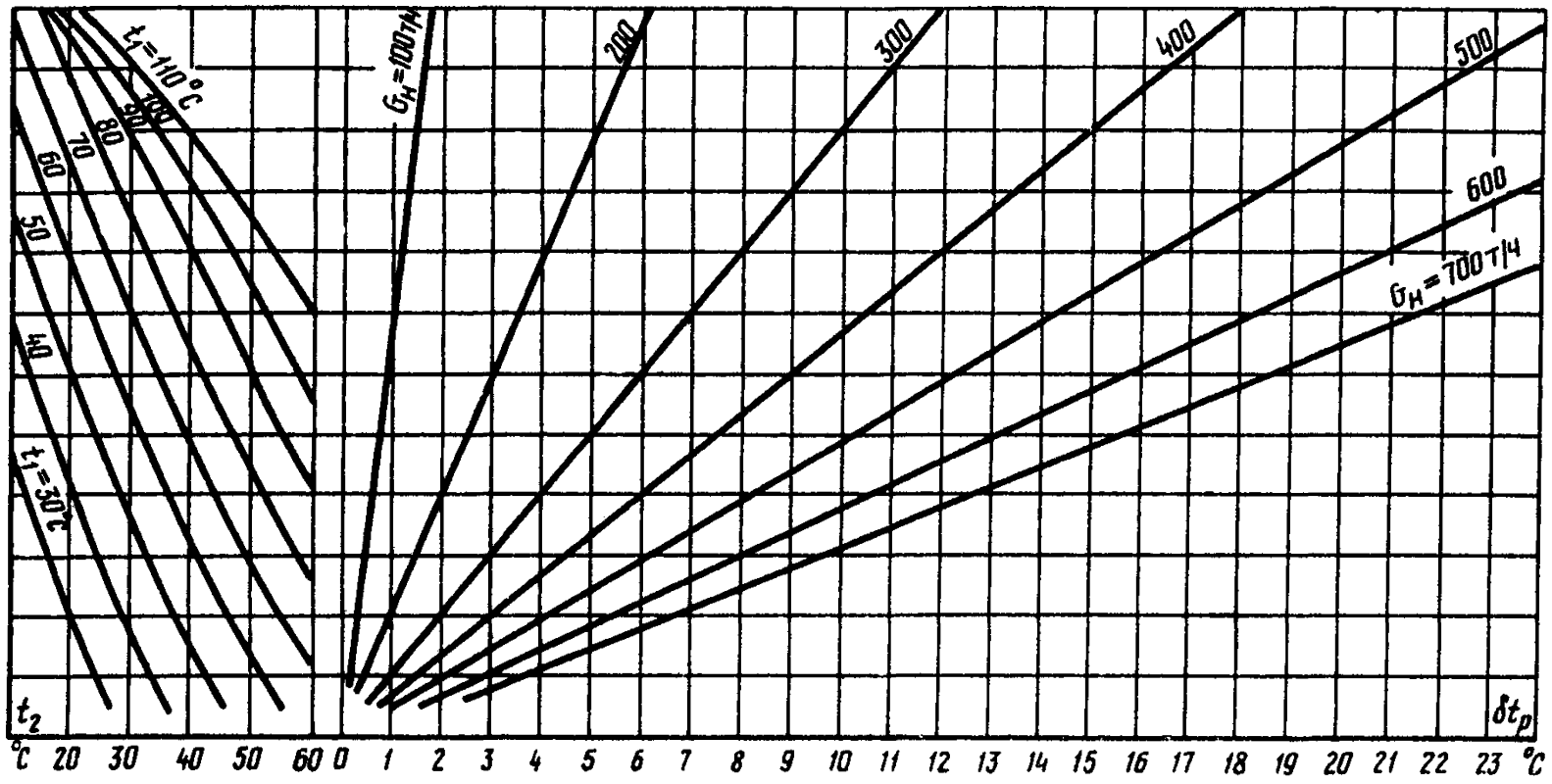

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=100т/ч
150
200
250
300
350
400
450
$G_н$=500т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 °C
$\delta t_р$

а)

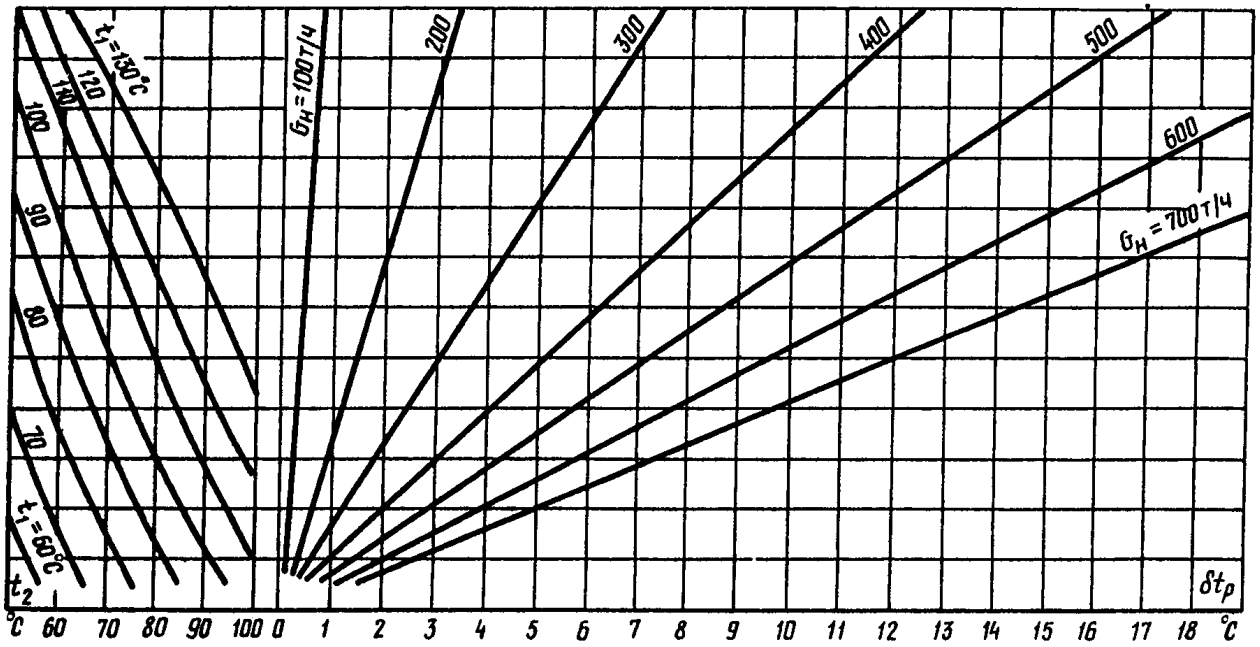


б)

Рис.П2.2. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БО-130м (трубки латунные, число ходов 4, $f_в$ = 0,0426 м², $d_н / d_{вн}$ = 19/17,5 мм, H = 1,45 м):
$а - t_2$ = 10÷60°С; $б - t$ = 50÷100°С

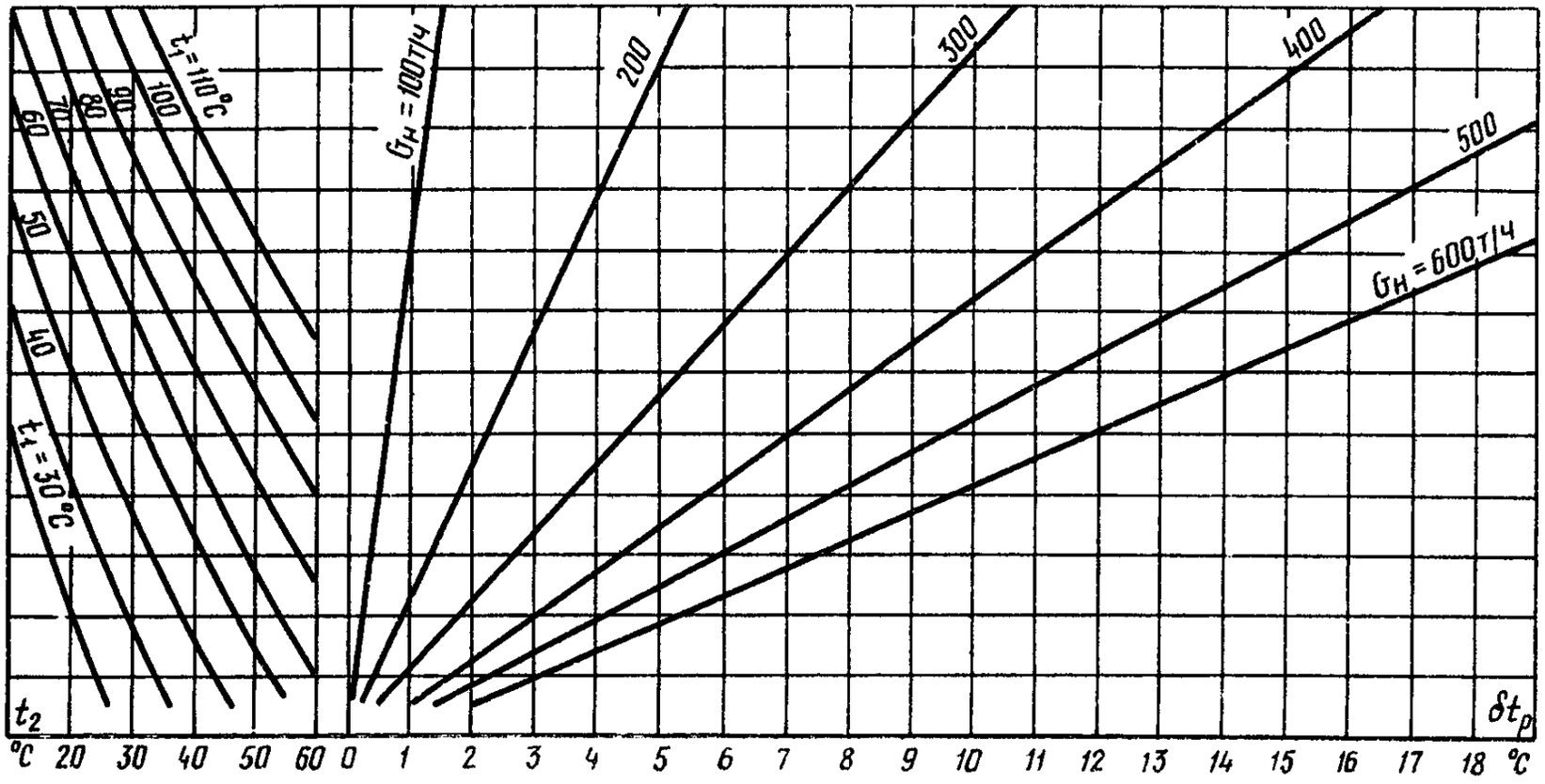

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=100т/ч
200
300
400
500
600
$G_н$=700т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 °C
$\delta t_р$

а)

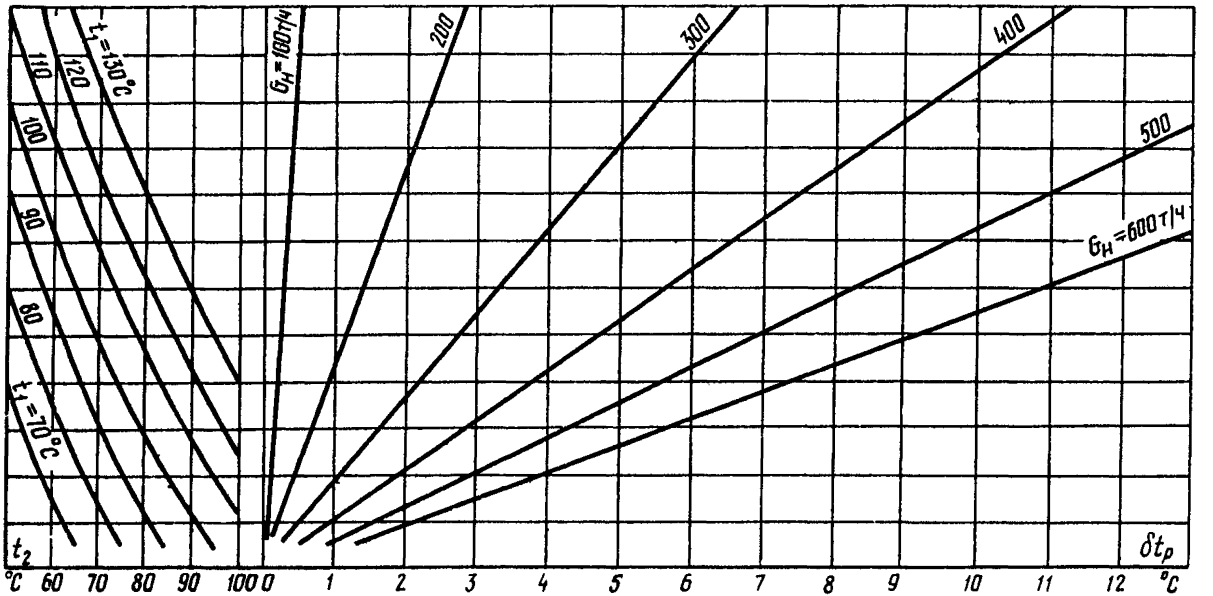


б)

Рис.П2.3. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БО-200м (трубки латунные, число ходов 4, $f_в$ = 0,0613, $d_н$ /$d_{вн}$ = 19/17,5, H = 1,67 м):
а - t = 10÷60°С; *б* - t_2 = 50÷100°С

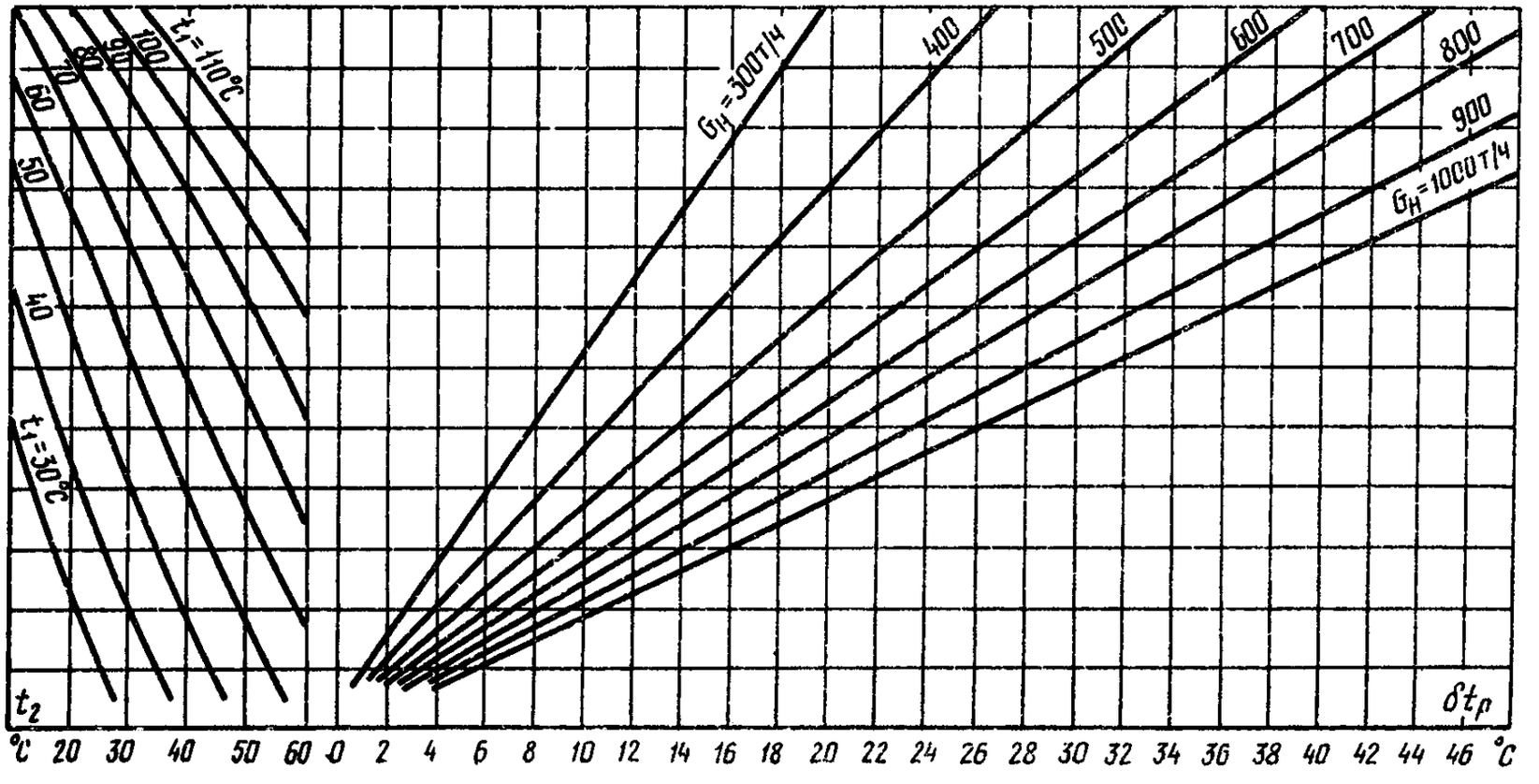

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=100т/ч
200
300
400
500
$G_н$=600т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 °C
$\delta t_р$

а)

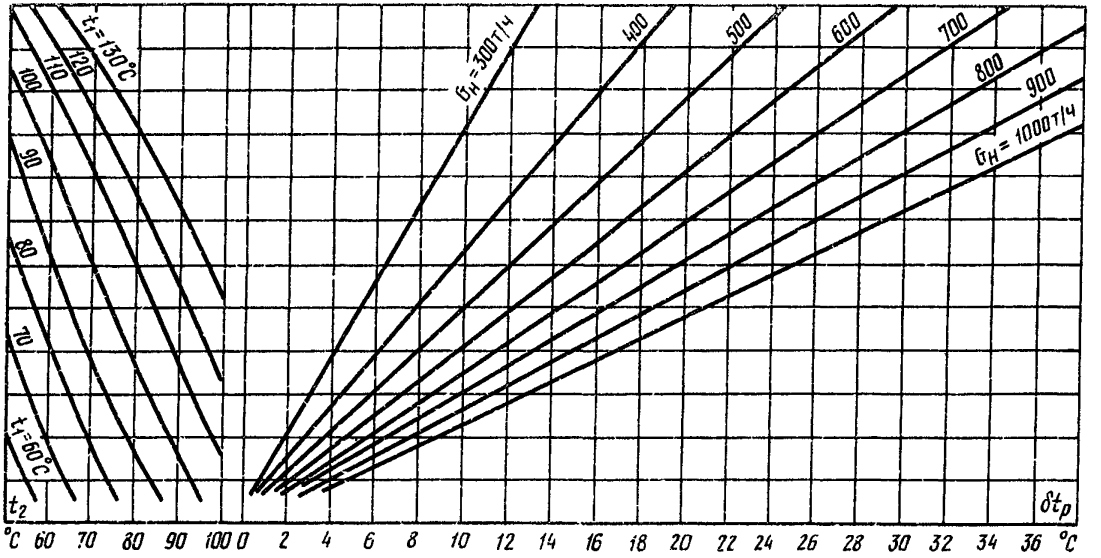


б)

Рис.П2.4. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-200-3-23 (трубки латунные, число ходов 4, $f_б$ = 0,0577 м², $d_н / d_{бн}$ = 19/17 мм, H = 1,33 м):
а - t_2 = 10÷60°С; *б* - t_2 = 50÷100°С


t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
G_H=300т/ч
400
500
600
700
800
900
G_H=1000т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 °C
δt_p

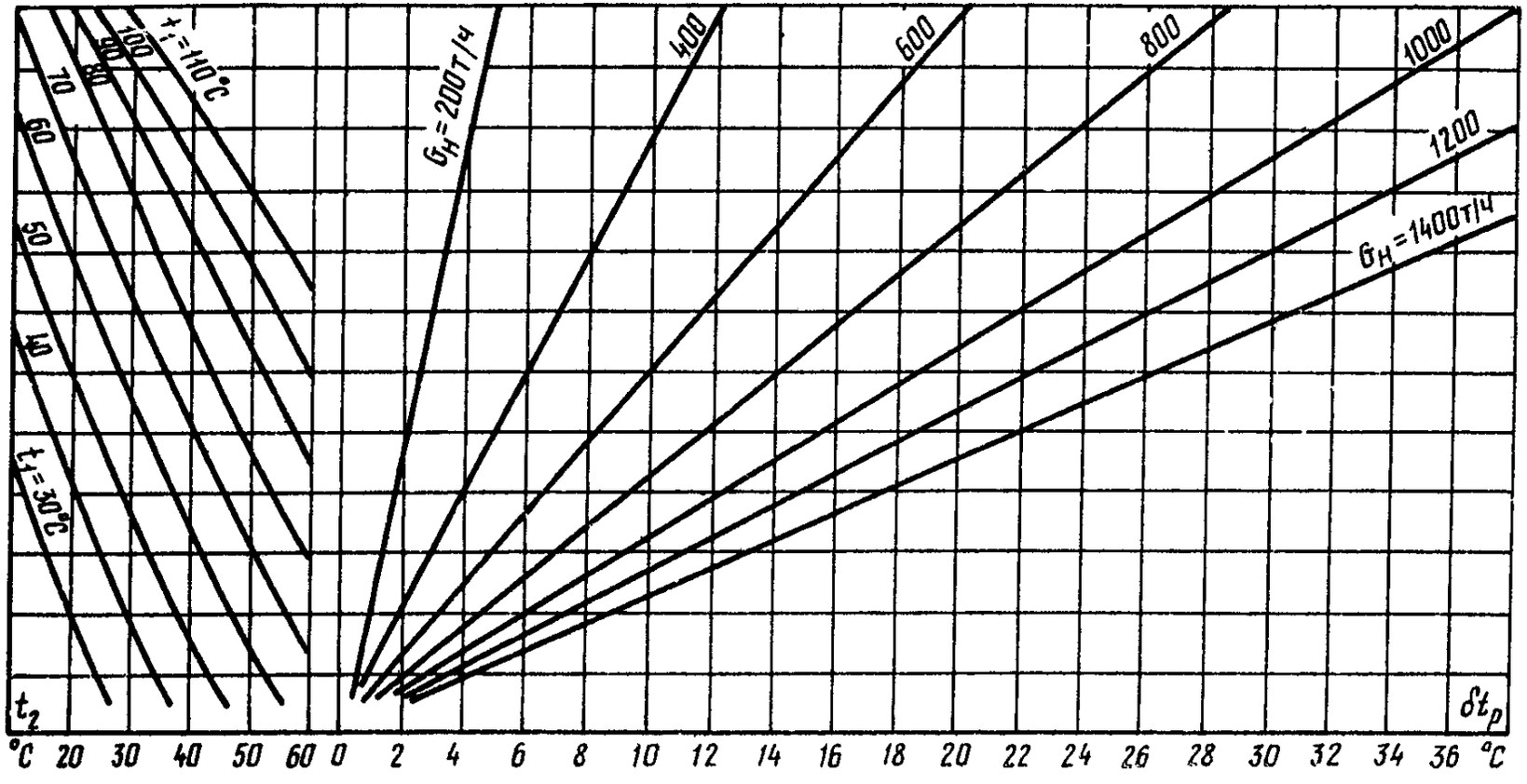
а)



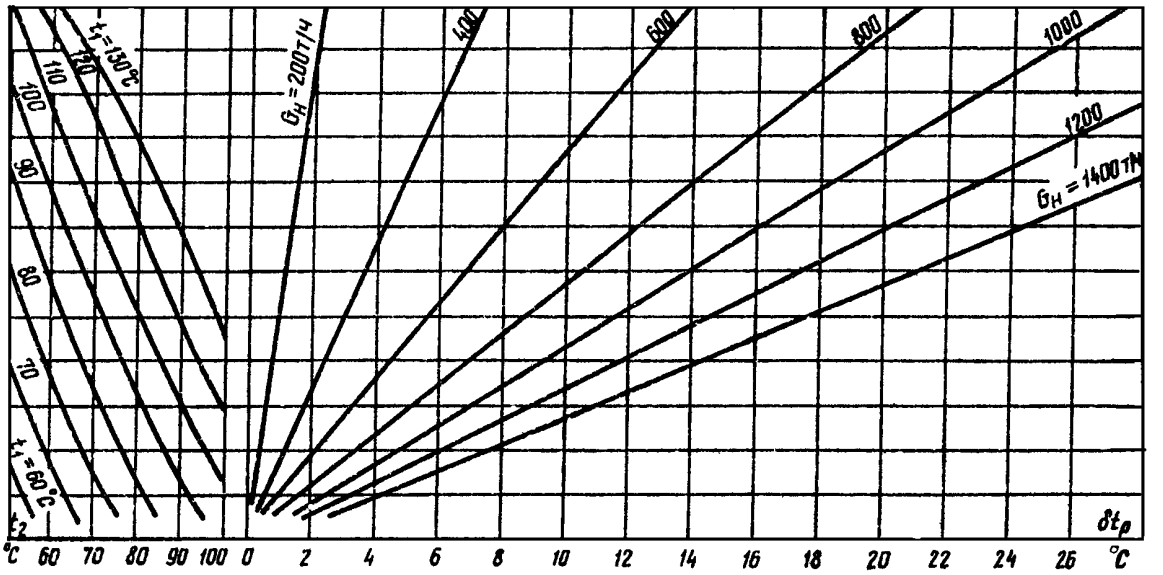
б)

Рис.П2.5. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-200-3-23 (трубки латунные, число ходов 2, f_δ = 0,1154 м^2, $d_н/d_{вн}$ = 19/17 мм, H = 1,33 м):

а - t_2 = 10÷60°С; *б* - t_2 = 50÷100°С

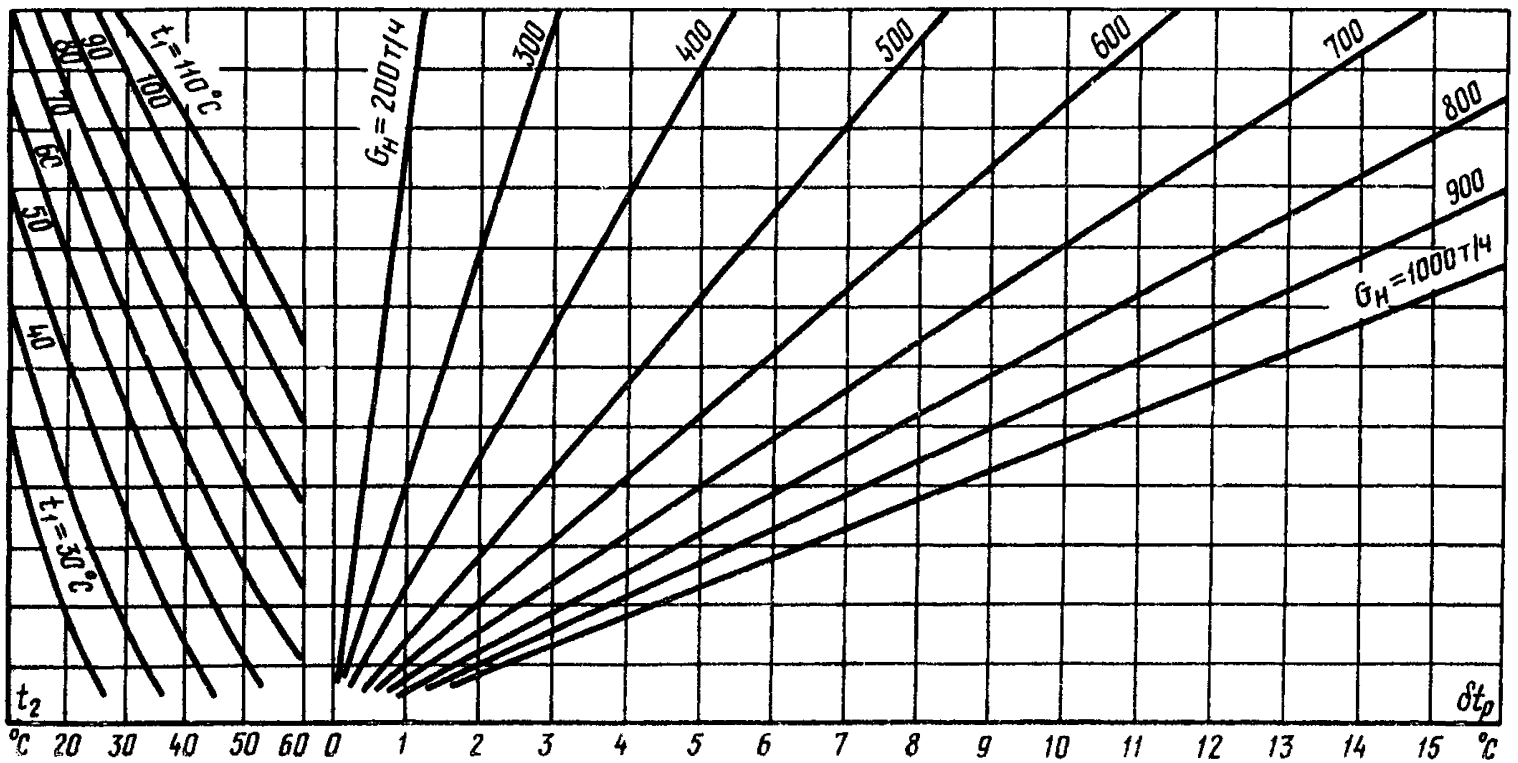

t_1=140°C
100
90
80
70
60
50
40
30°C
G_H=200т/ч
400
600
800
1000
1200
G_H=1400т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 °C
δt_p

а)

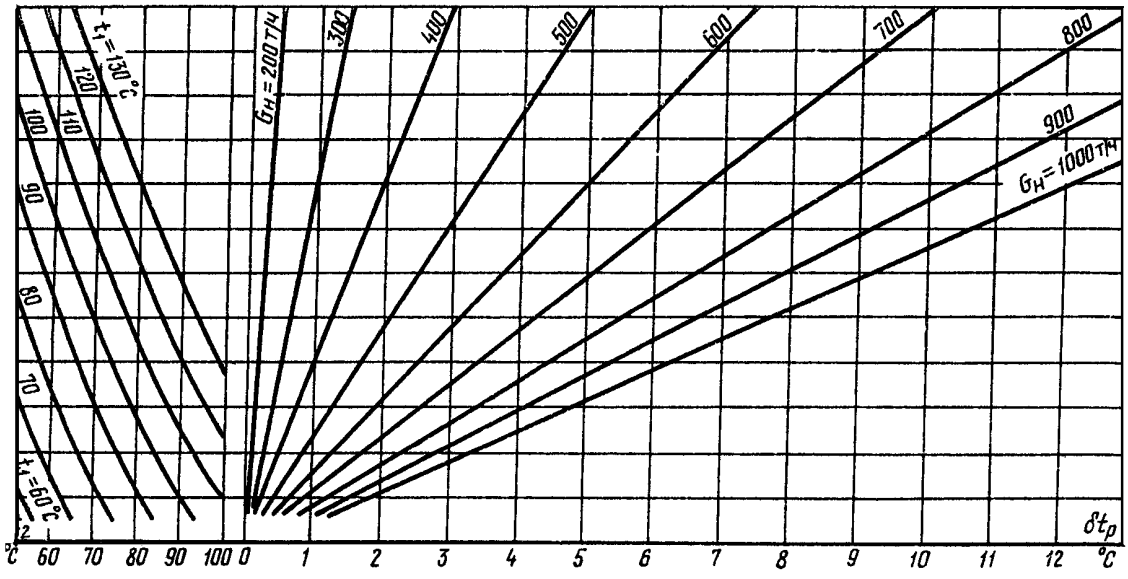


б)

Рис.П2.6. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-315-3-23 (трубки латунные, число ходов 2, $f_б$ = 0,1380 м², $d_н/d_{вн}$ = 19/17 мм, H = 1,20 м):
а - t_2 = 10÷60°С; *б* - t_2 = 50÷100°С

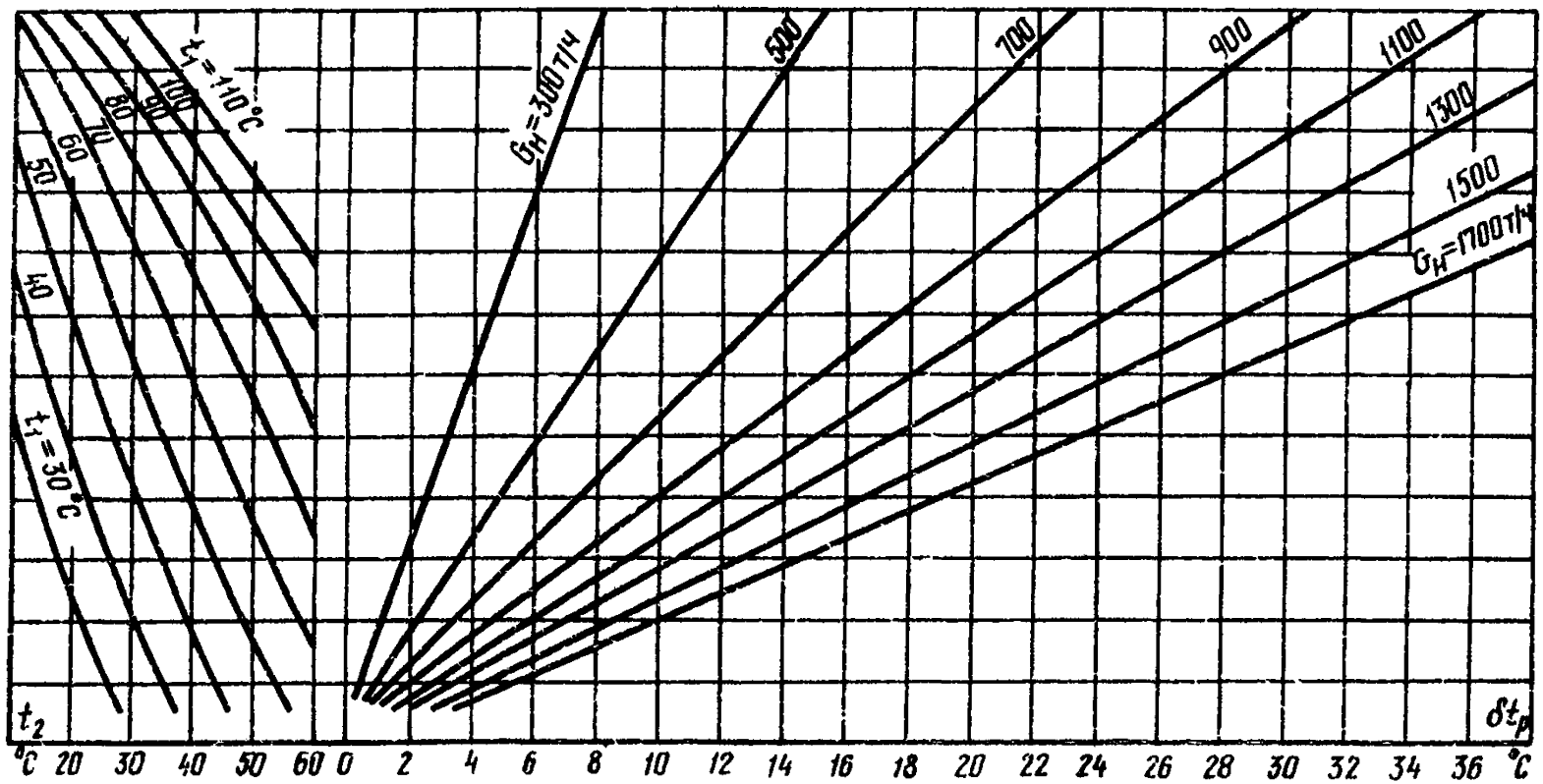

t_1=110°C
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=200т/ч
300
400
500
600
700
800
900
$G_н$=1000т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 °C
$\delta t_р$

а)

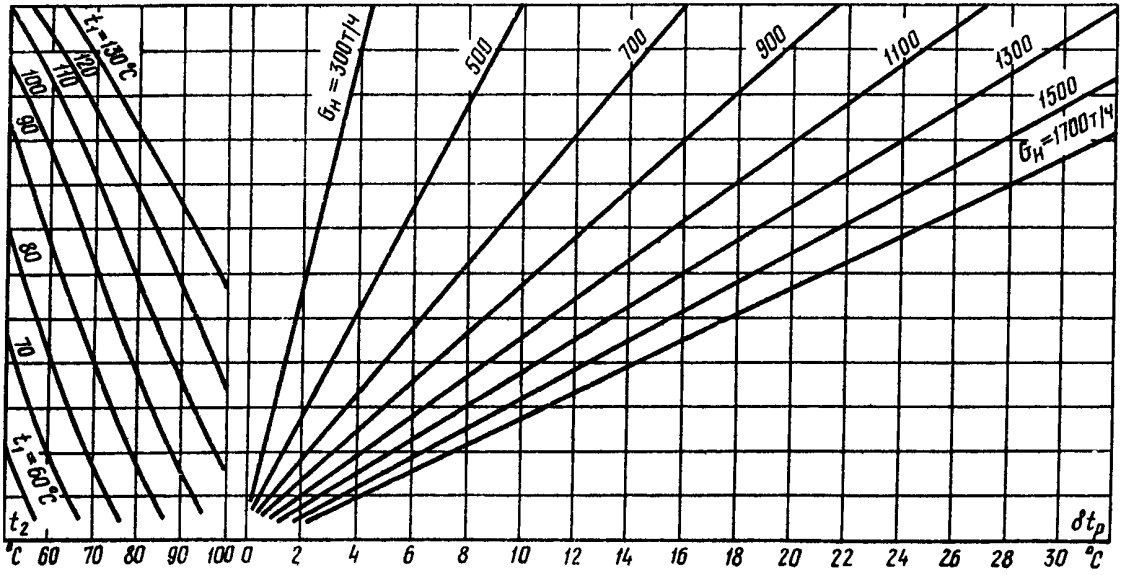


б)

Рис.П2.7. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БО-350 (трубки латунные, число ходов 4, $f_б$ = 0,0792 м², $d_н / d_{бн}$ = I9/I7,5 мм, H = I,6I м):
а - t_2 = I0÷60°С; *б* - t_2 = 50÷60°С

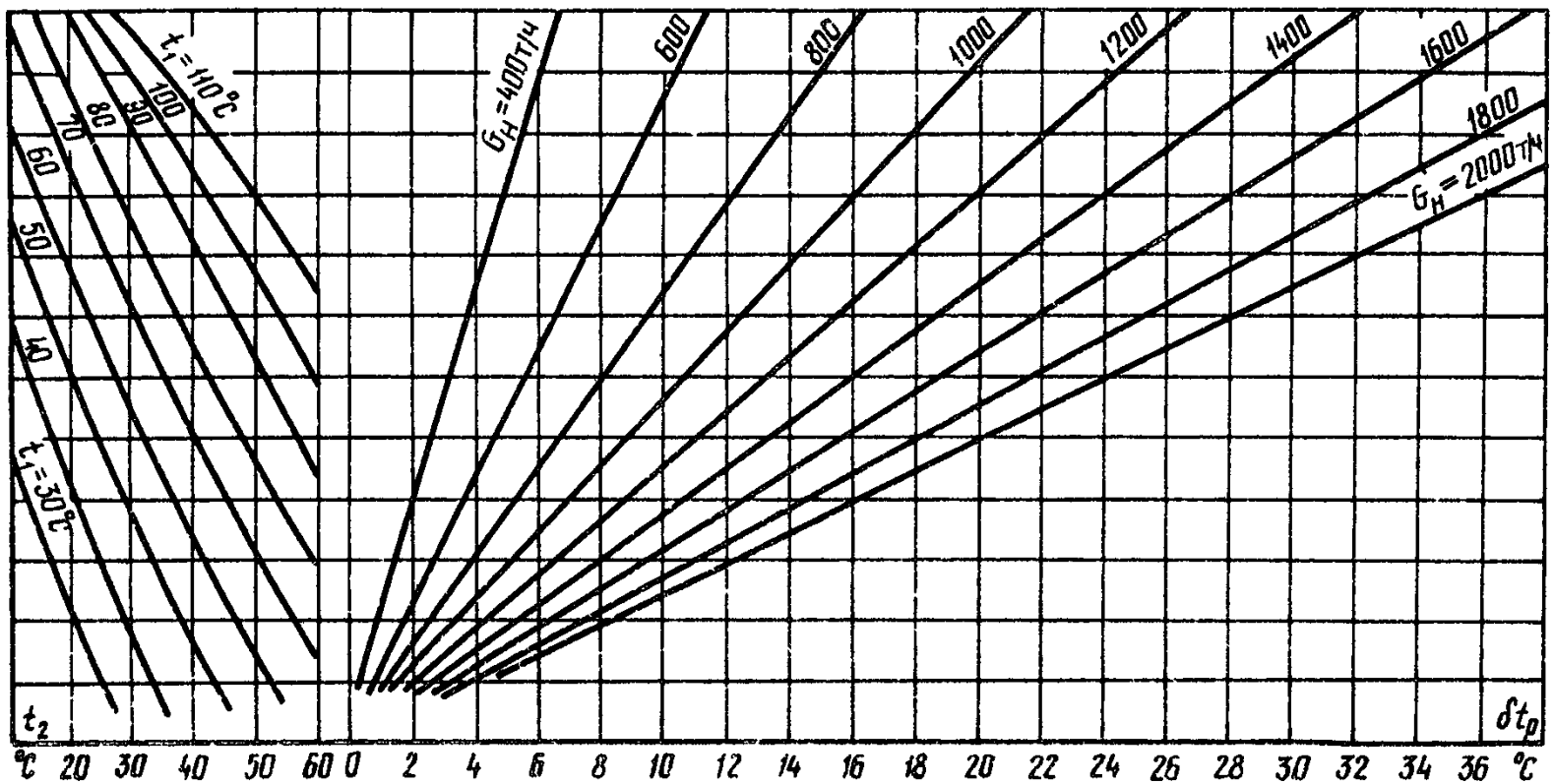

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=300 т/ч
500
700
900
1100
1300
1500
$G_н$=1700 т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
$\delta t_р$
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 °C

а)

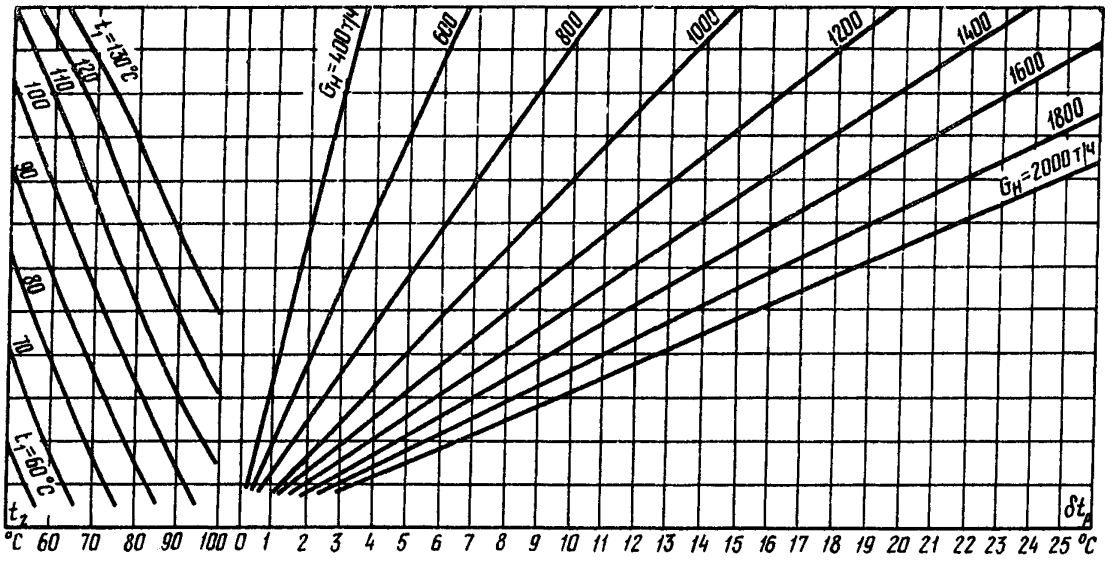


б)

Рис.П2.8. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БО-350м (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,I560 м², $d_н/d_{вн}$= I9/I7,5 мм, H = I,6I м):
а - t_2 = I0÷60°С; *б* - t_2 = 50÷I00°С

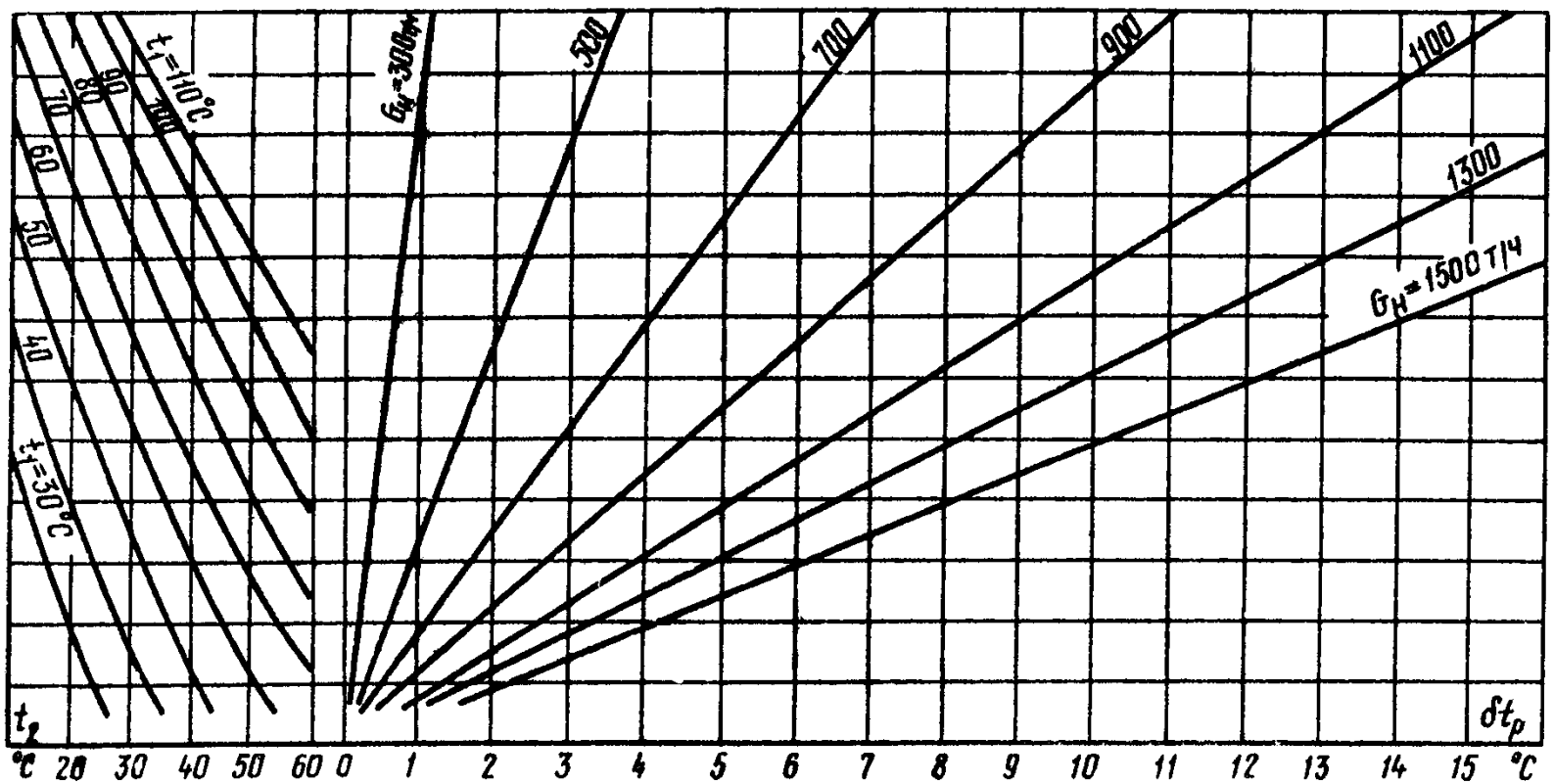

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=400т/ч
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
$G_н$=2000т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 °C
δt_0

а)

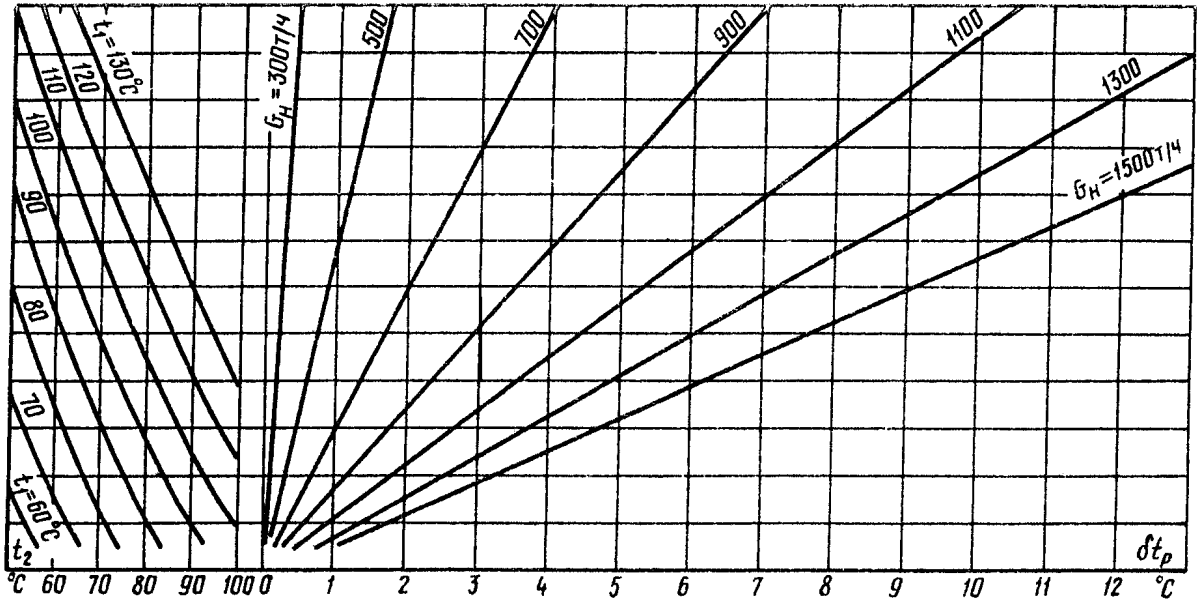


б)

Рис.П2.9. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-500-3-23 (трубки латунные, число ходов 2, $f_б$ = 0,2190 м², $d_н/d_{вн}$ = 19/17 мм, H = 1,23 м):
а - t_2 = 10÷60°С; *б* - t_2 = 50÷100°С


t_1=110°C
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=300кг/ч
500
700
900
1100
1300
$G_н$=1500 т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 °C
$\delta t_р$

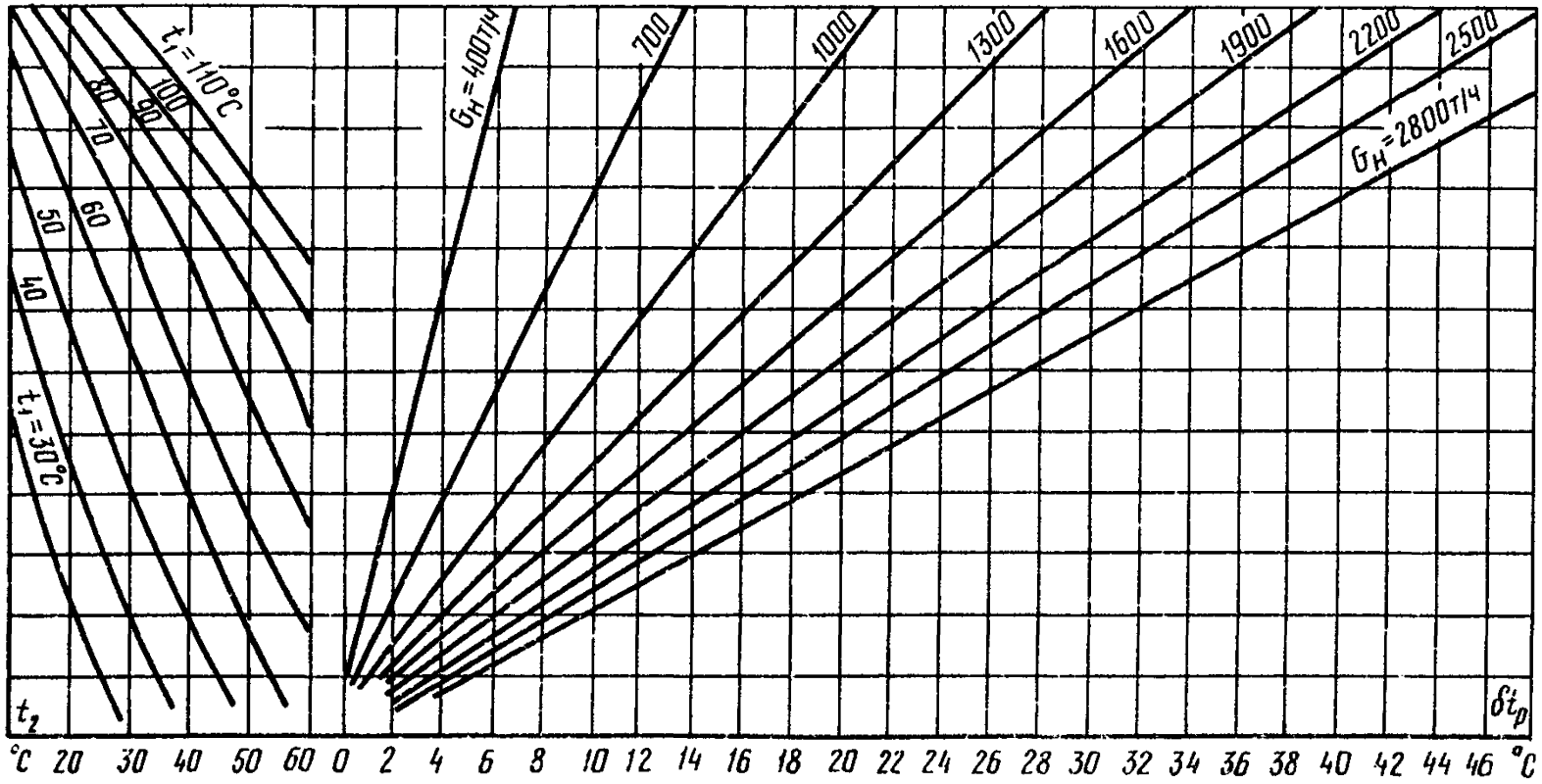
а)



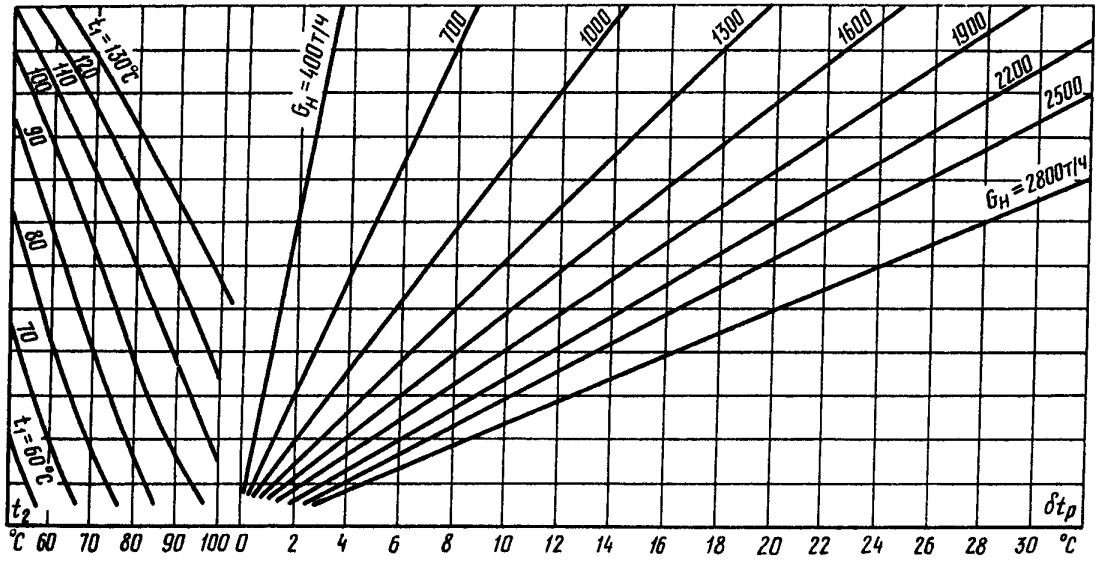
б)

Рис.П2.10. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БО-550-3м (трубки латунные, число ходов 4, $f_в$ = 0,1251 м², $d_н/d_{вн}$ = 19/17,5 мм, H = 1,80 м):

а - t_2 = 10÷60°С; *б* - t_2 = 50÷100°С

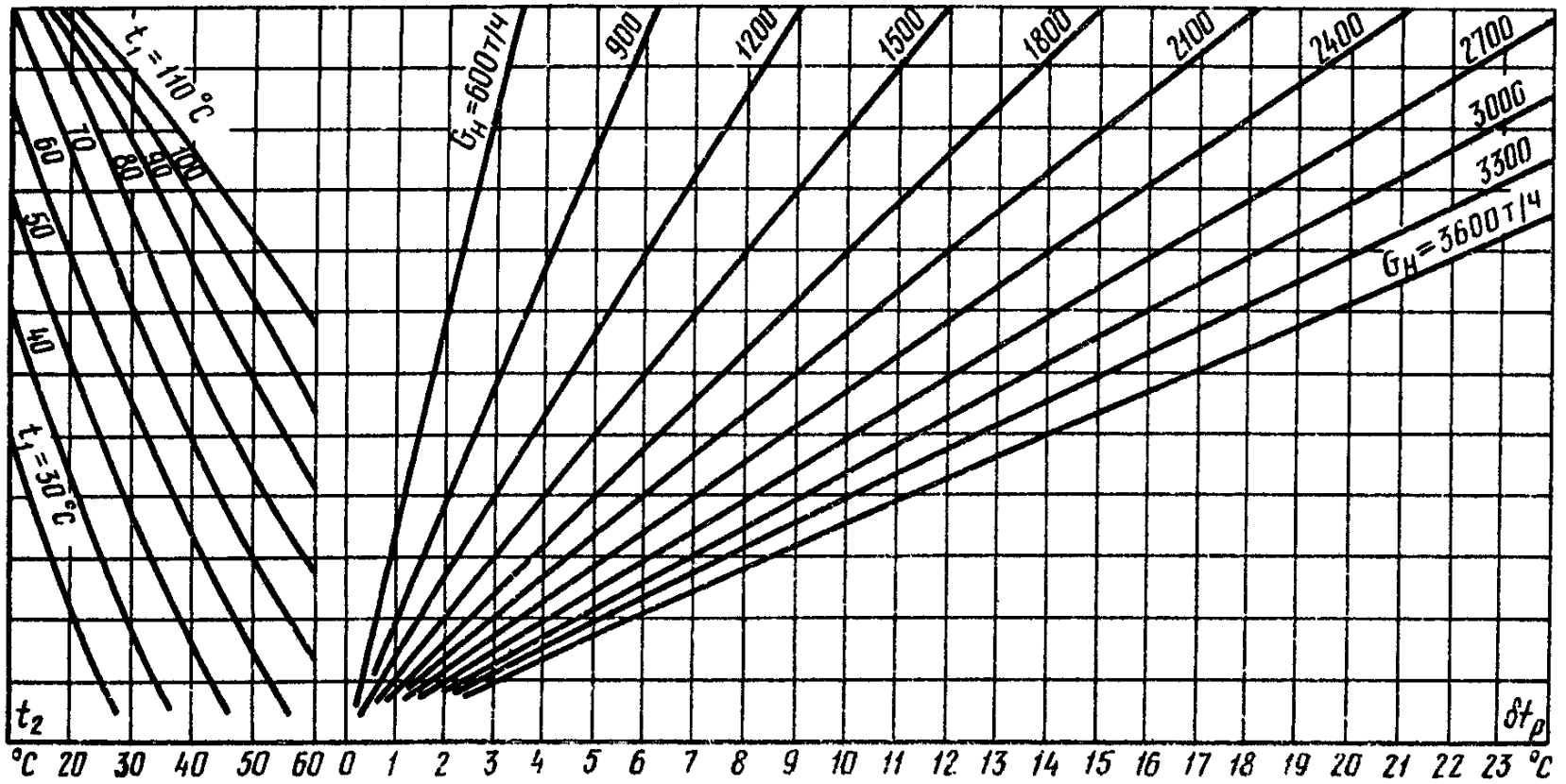

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
$G_н$=400т/ч
700
1000
1300
1600
1900
2200
2500
$G_н$=2800т/ч
t_2
δi_p
°C 20 30 40 50 60 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 °C

а)

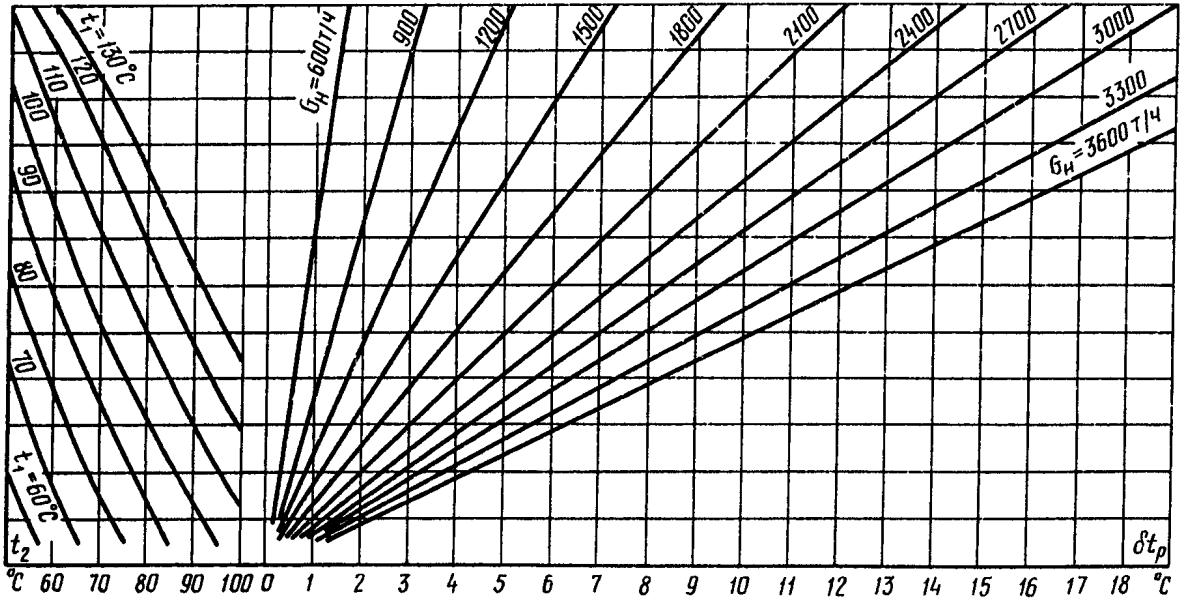


б)

Рис.П2.II. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БО-550-3м (трубки латунные, число ходов 2, $f_б$ = 0,2502 м², $d_н / d_{вн}$ = I9/I7,5 мм, H = I,80 м):
а - t_2 = I0÷60°C; *б* - t_2 = 50÷I00°C

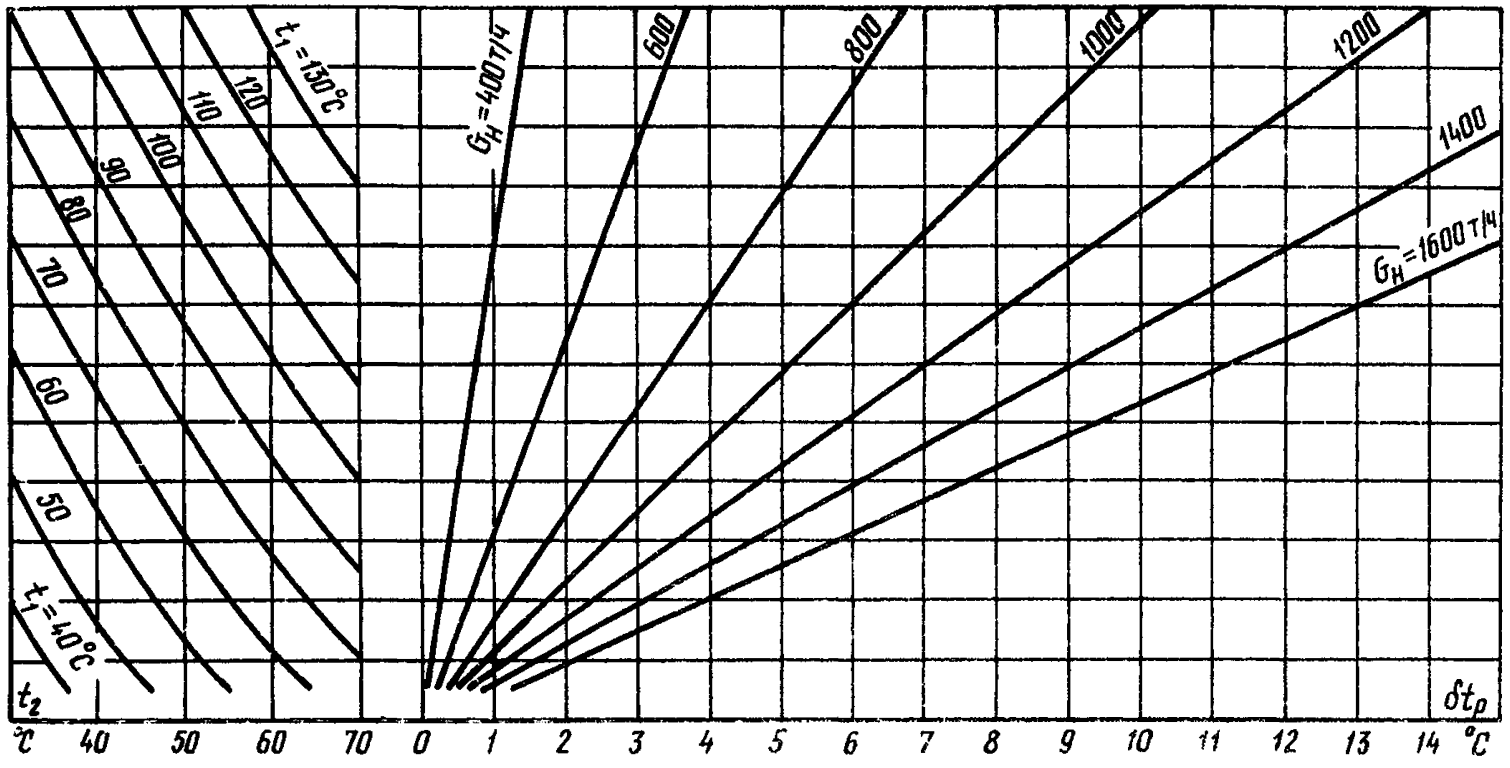

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
40
t_1=30°C
G_H=600т/ч
900
1200
1500
1800
2100
2400
2700
3000
3300
G_H=3600т/ч
t_2
°C 20 30 40 50 60
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 °C
δt_p

а)

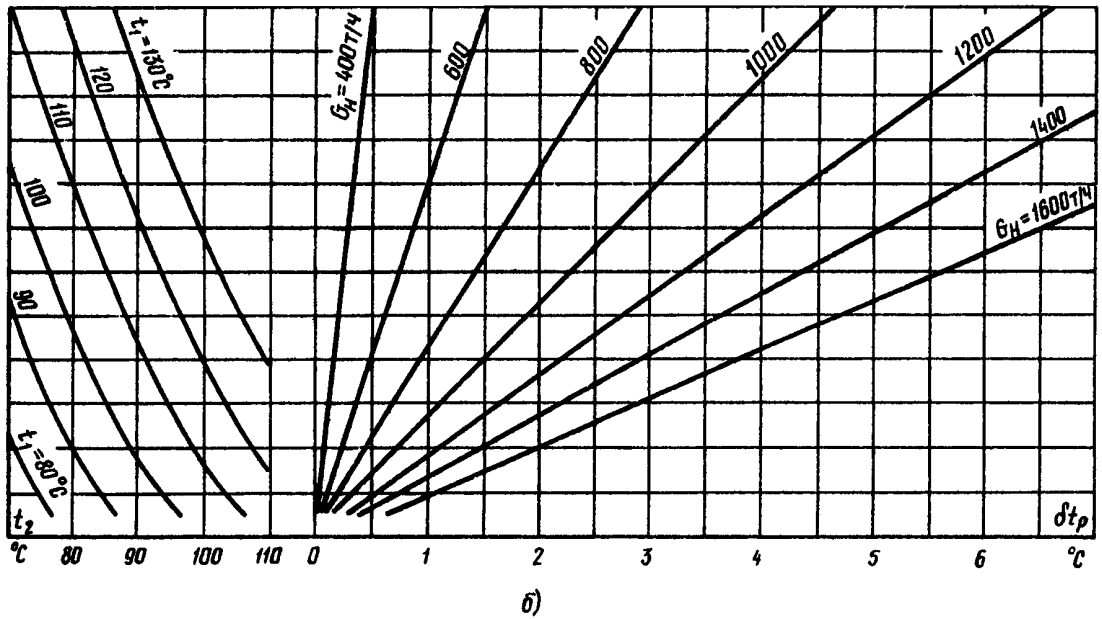


б)

Рис.П2.I2. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БВ-I350 (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,5980 м², $d_н / d_{вн}$ = 24/22 мм):
а - t_2 = I0÷60°С; *б* - t_2 = 50÷I00°С

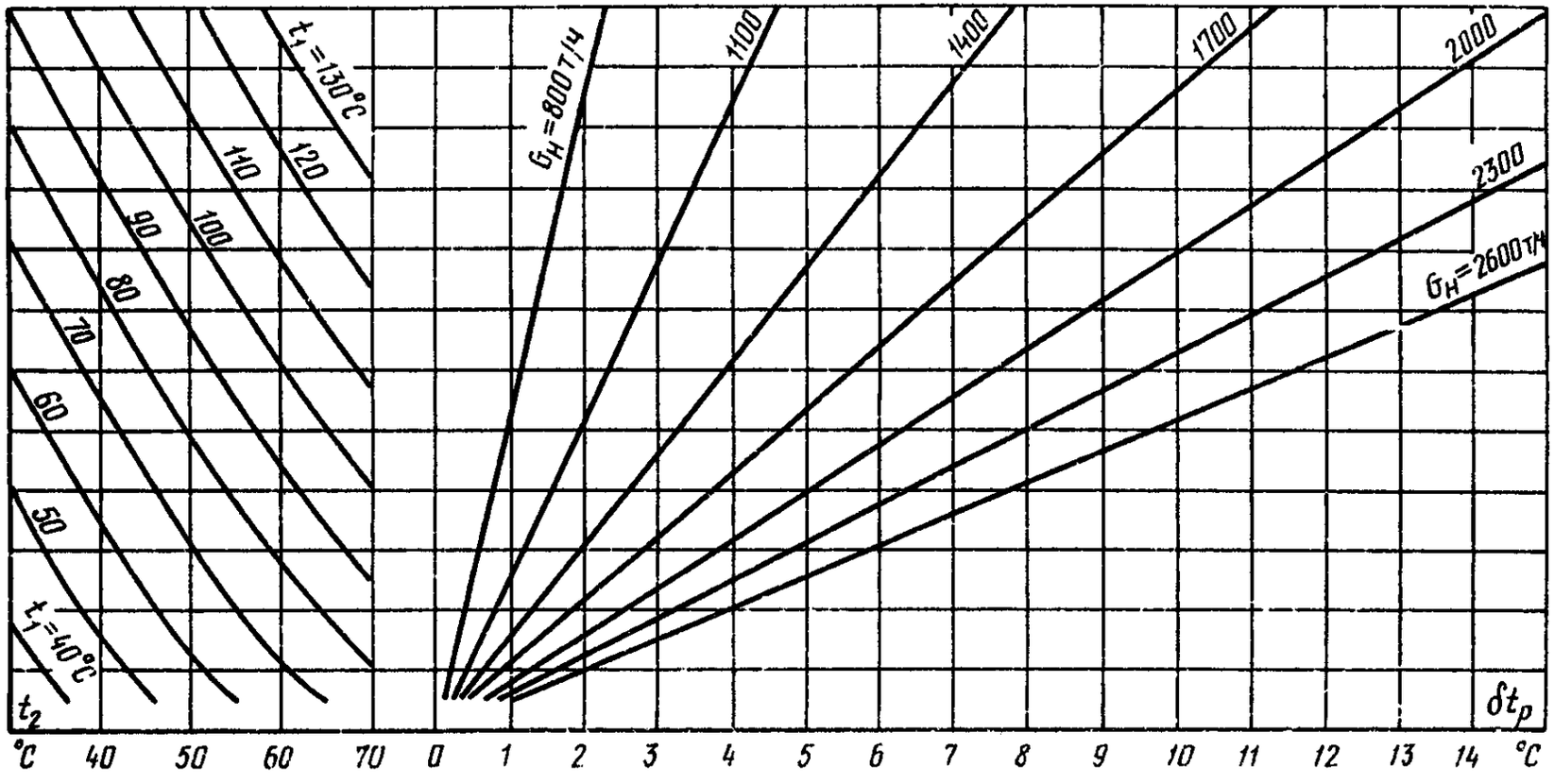

t_1=130°C
120
110
100
90
80
70
60
50
t_1=40°C
t_2
°C
40
50
60
70
G_H=400 т/ч
600
800
1000
1200
1400
G_H=1600 т/ч
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
°C
δt_p

а)

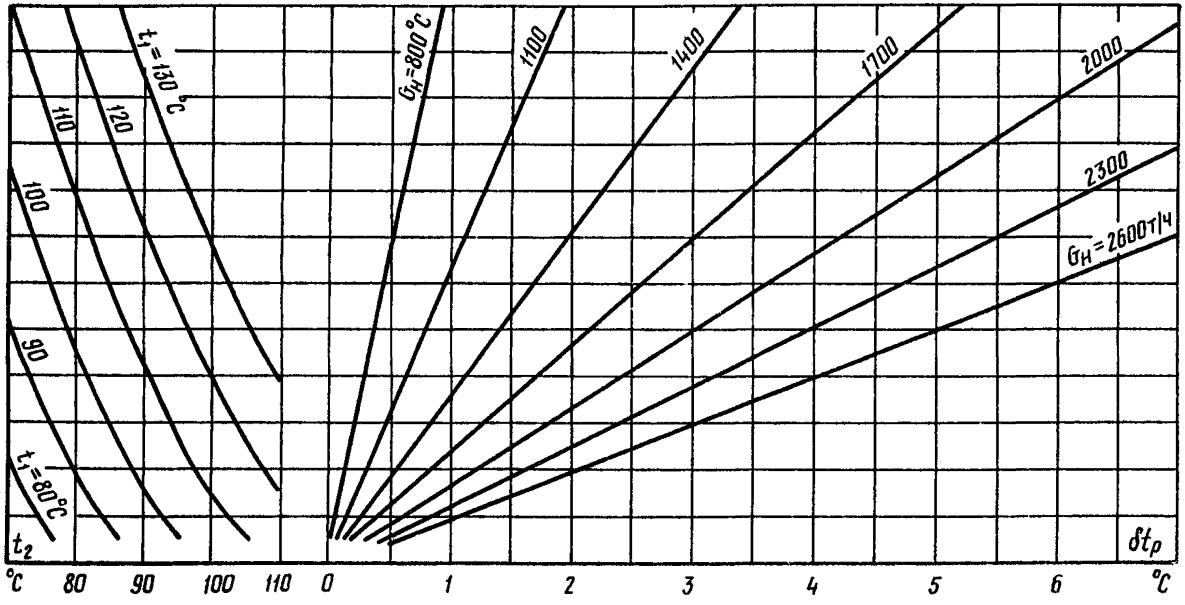


б)

Рис.П2.13. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСГ-800-3-8 (трубки латунные, число ходов 4, $f_б$ = 0,2185 м^2, $d_н/d_{вн}$ = 24/22 мм):
а - t_2 = 30÷70°С; б - t_2 = 70÷110°С

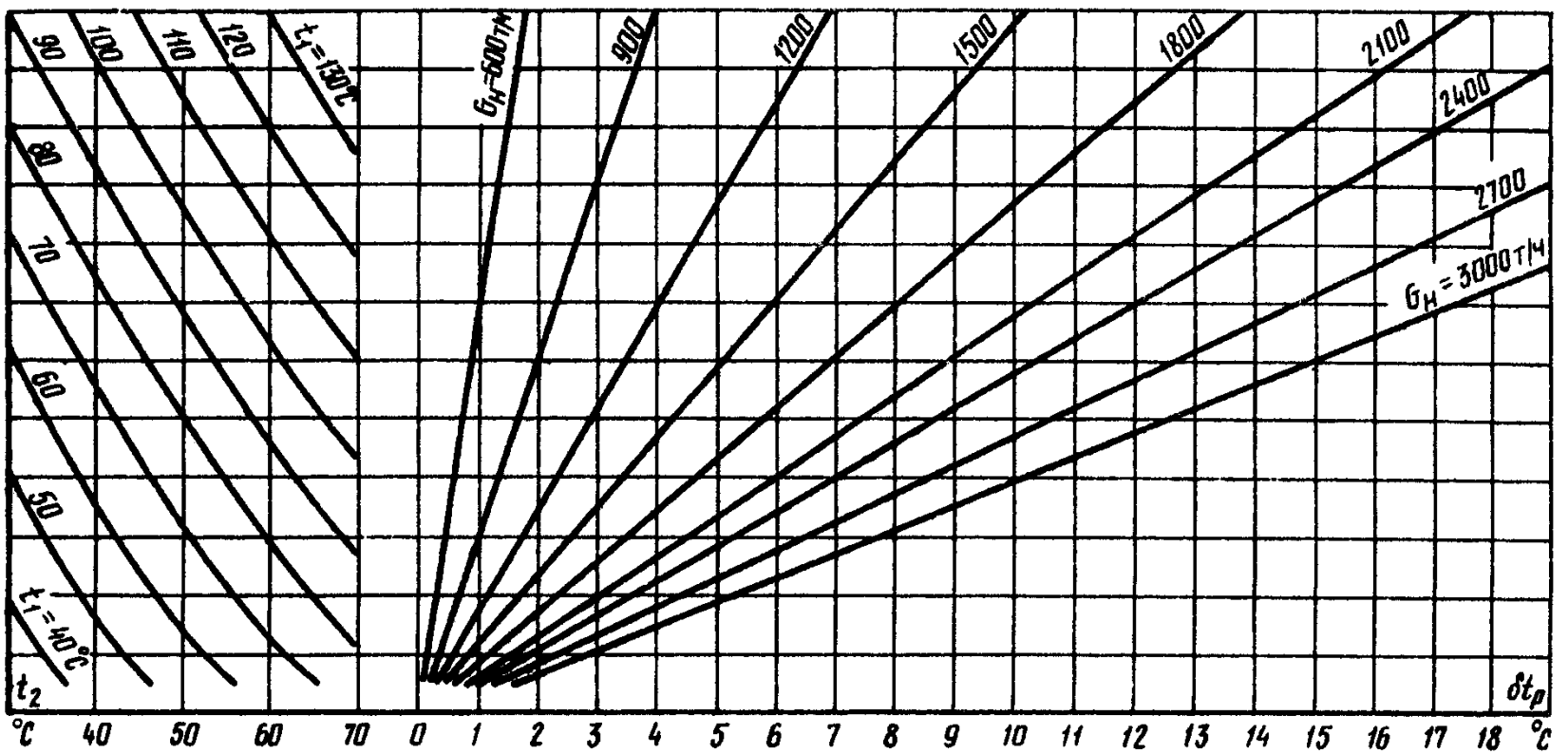

t_1=130°C
120
110
100
90
80
70
60
50
t_1=40°C
t_2
°C 40 50 60 70
$G_н$=800т/ч
1100
1400
1700
2000
2300
$G_н$=2600т/ч
δt_p
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 °C

а)

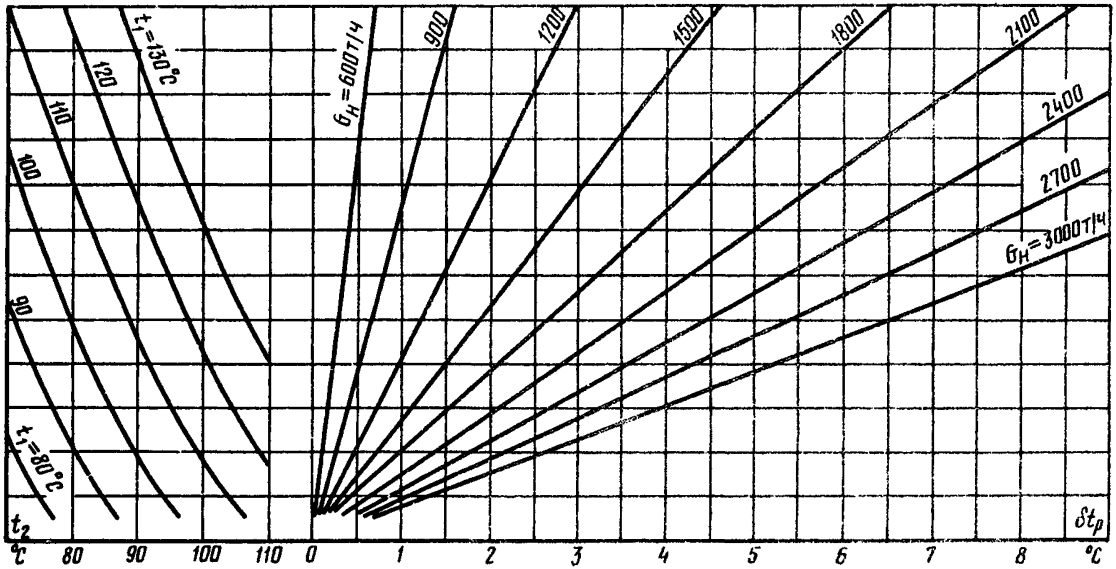


б)

Рис.П2.I4. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСГ-I300-3-8 (трубки латунные, число ходов 4, f_β = 0,327 м²; $d_н / d_{вн}$ = 24/22 мм):
а - t_2 = 30÷70°С; *б* - t_2 = 70÷II0°С

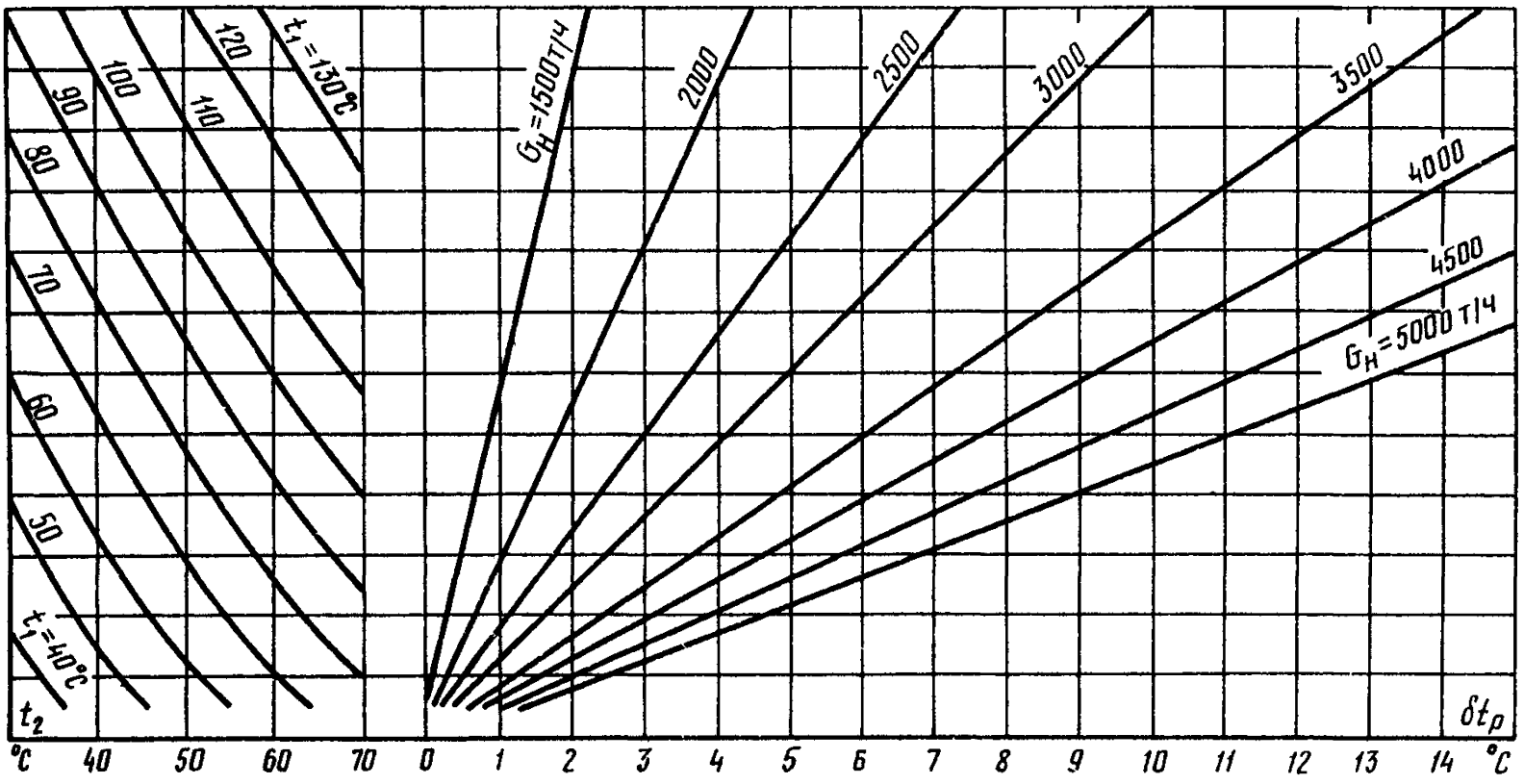

90
100
110
120
t_1=130°C
$G_н$=600т/ч
900
1200
1500
1800
2100
2400
2700
$G_н$=3000т/ч
80
70
60
50
t_1=40°C
t_2
$\delta t_р$
°C 40 50 60 70 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 °C

а)

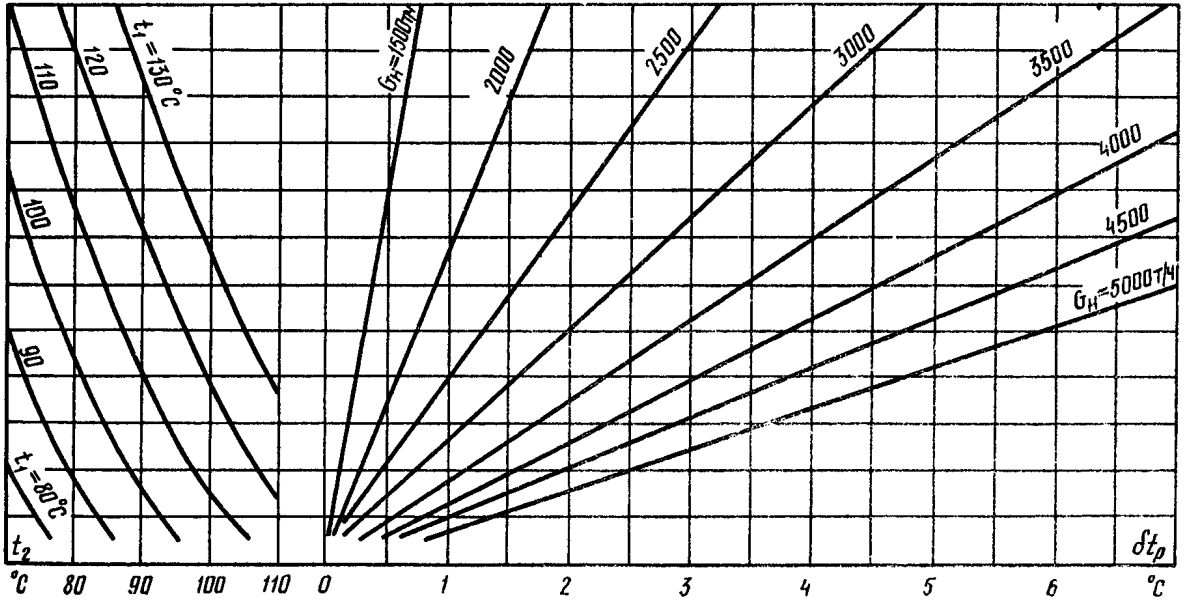


б)

Рис.П2.15. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БГ-1300 (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,422 м², $d_н/d_{вн}$ = 24/22 мм):
а - t_2 = 30÷70°С; *б* - t_2 = 70÷110°С

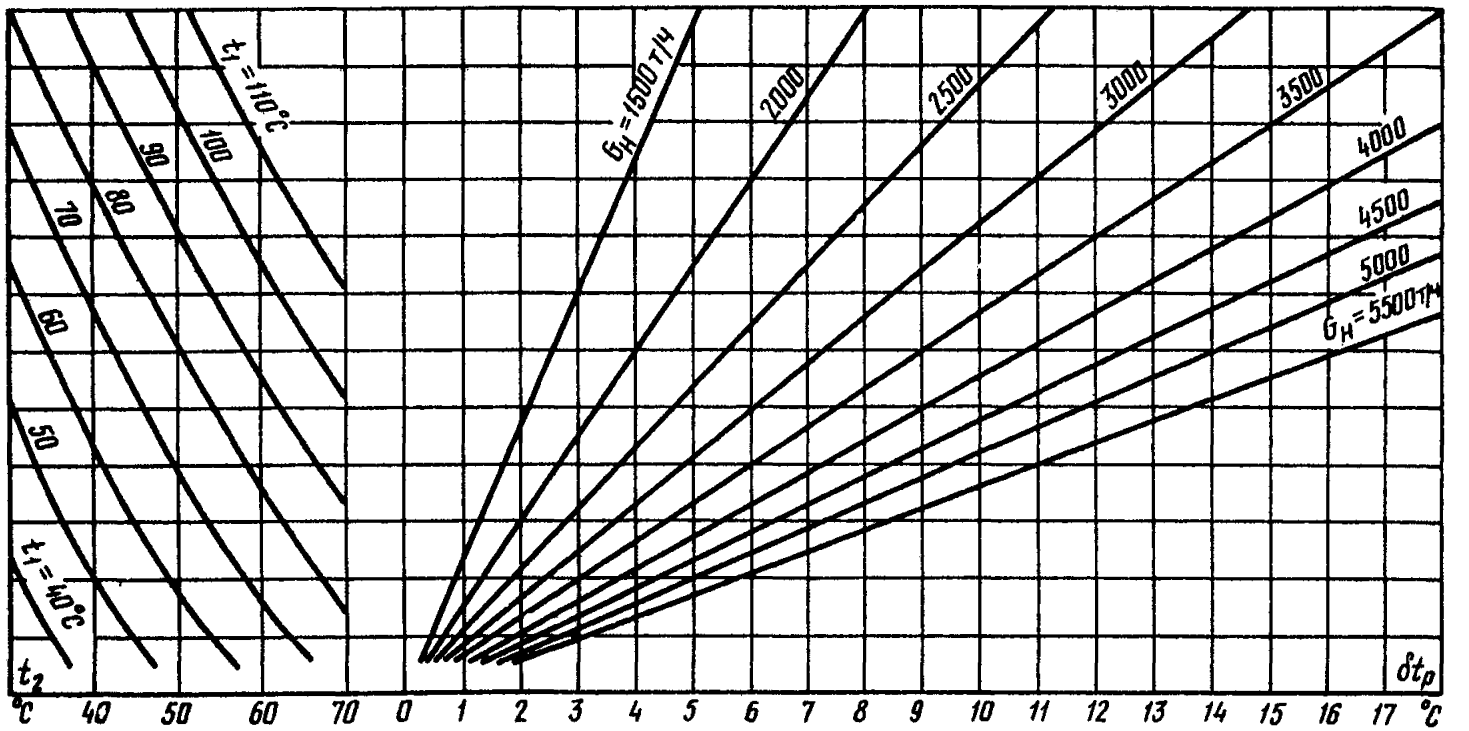

t_1=130°C
120
110
100
90
80
70
60
50
t_1=40°C
t_2
°C
40
50
60
70
$G_н$=1500 т/ч
2000
2500
3000
3500
4000
4500
$G_н$=5000 т/ч
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
°C
$\delta t_р$

а)

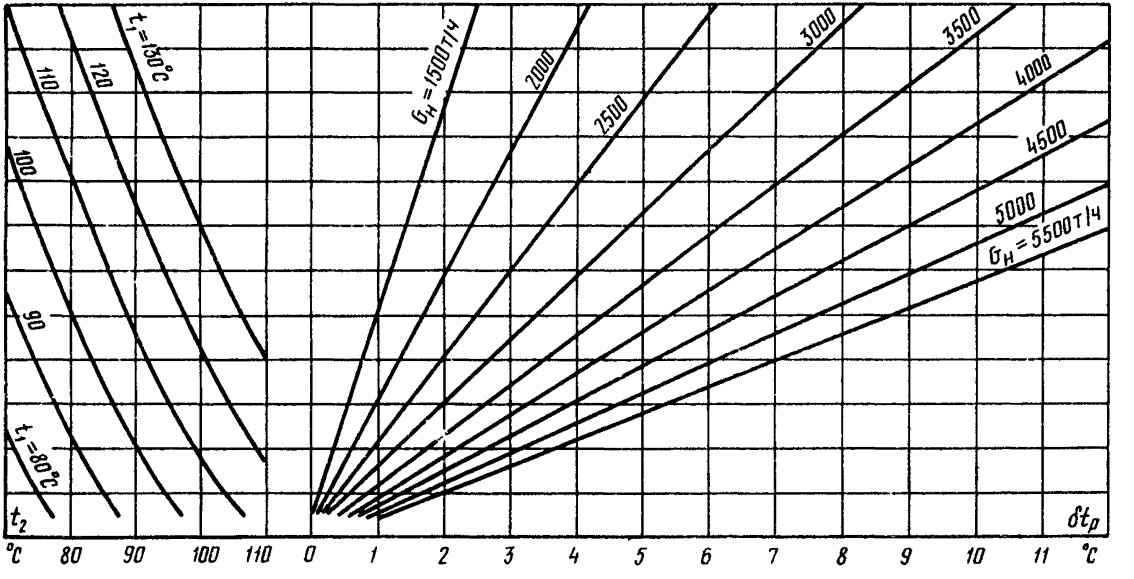


б)

Рис.П2.I6. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСГ-2300-3-8 (трубки латунные, число ходов 4, f_B = 0,475 м², d_H /d_{BH} = 24/22 мм):
а-t_2 = 30÷70°С; *б*-t_2 = 70÷II0°С

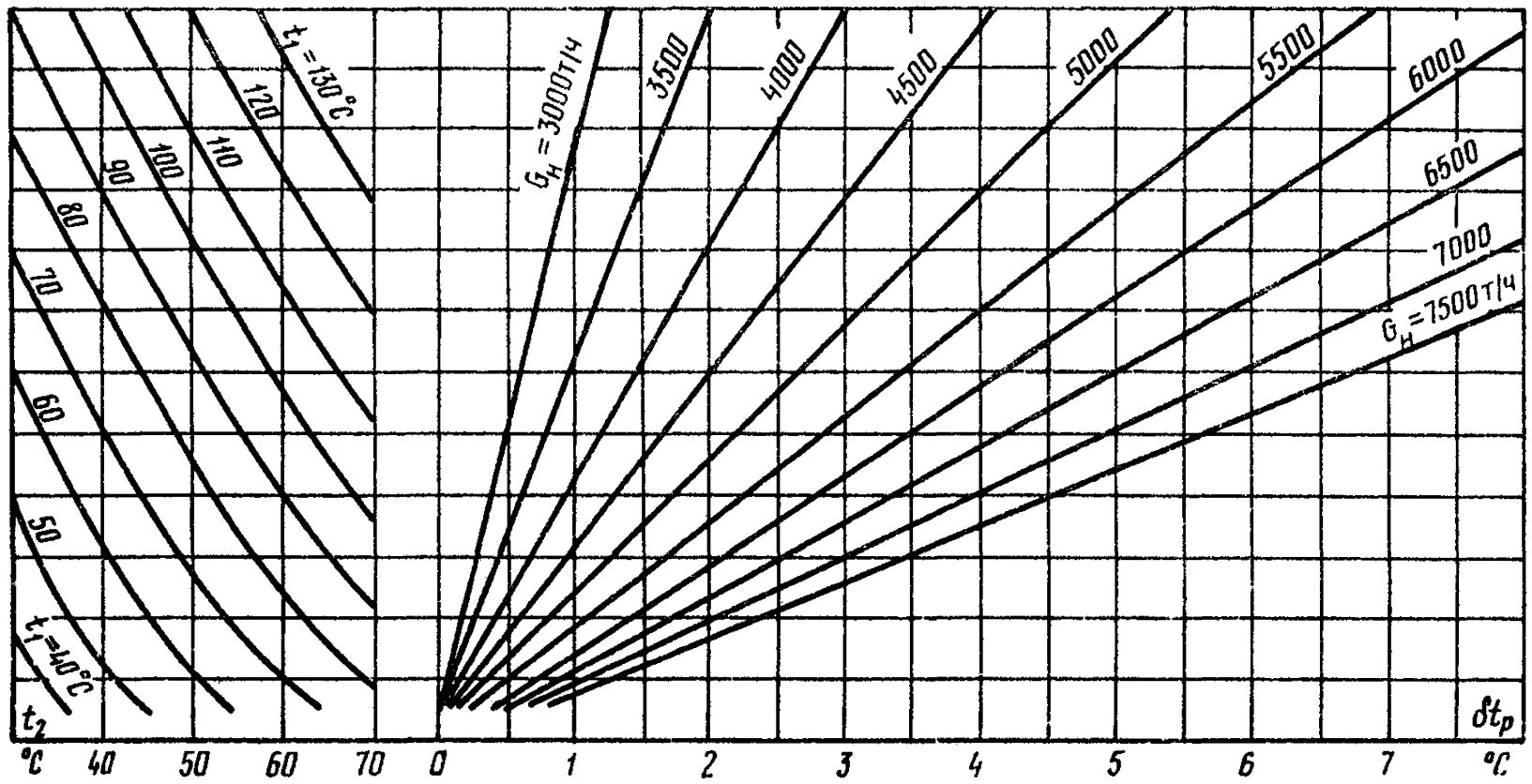

t_1=110°C
100
90
80
70
60
50
t_1=40°C
t_2
°C
40
50
60
70
$G_н$=1500 т/ч
2000
2500
3000
3500
4000
4500
5000
$G_н$=5500 т/ч
$\delta t_р$
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
°C

а)

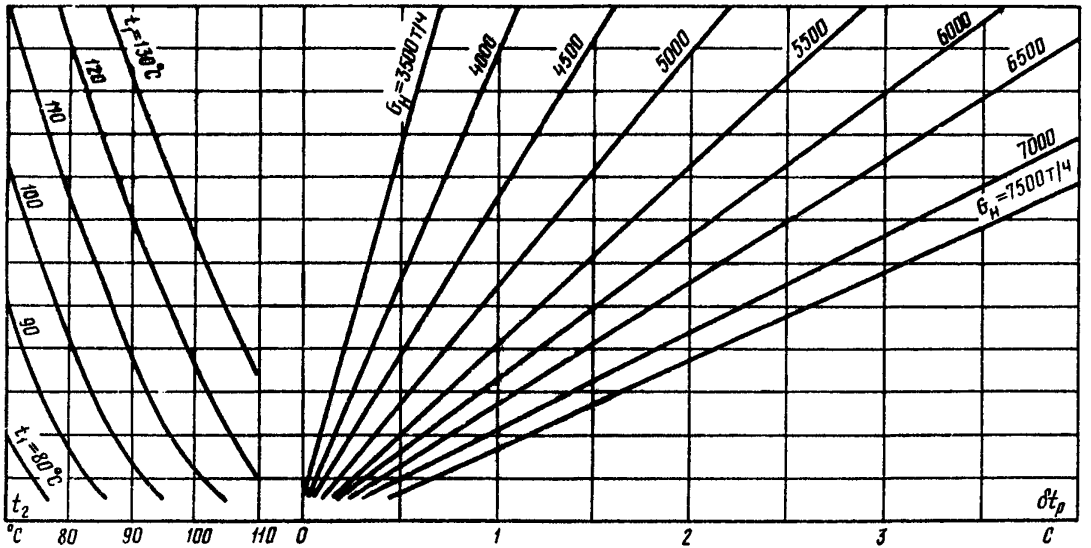


б)

Рис.П2.17. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСГ-2300-3-8 (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,950 м², $d_н$ /$d_{вн}$ = 24/22 мм):
а - t_2 = 30÷70°С; *б* - t_2 = 70÷110°С

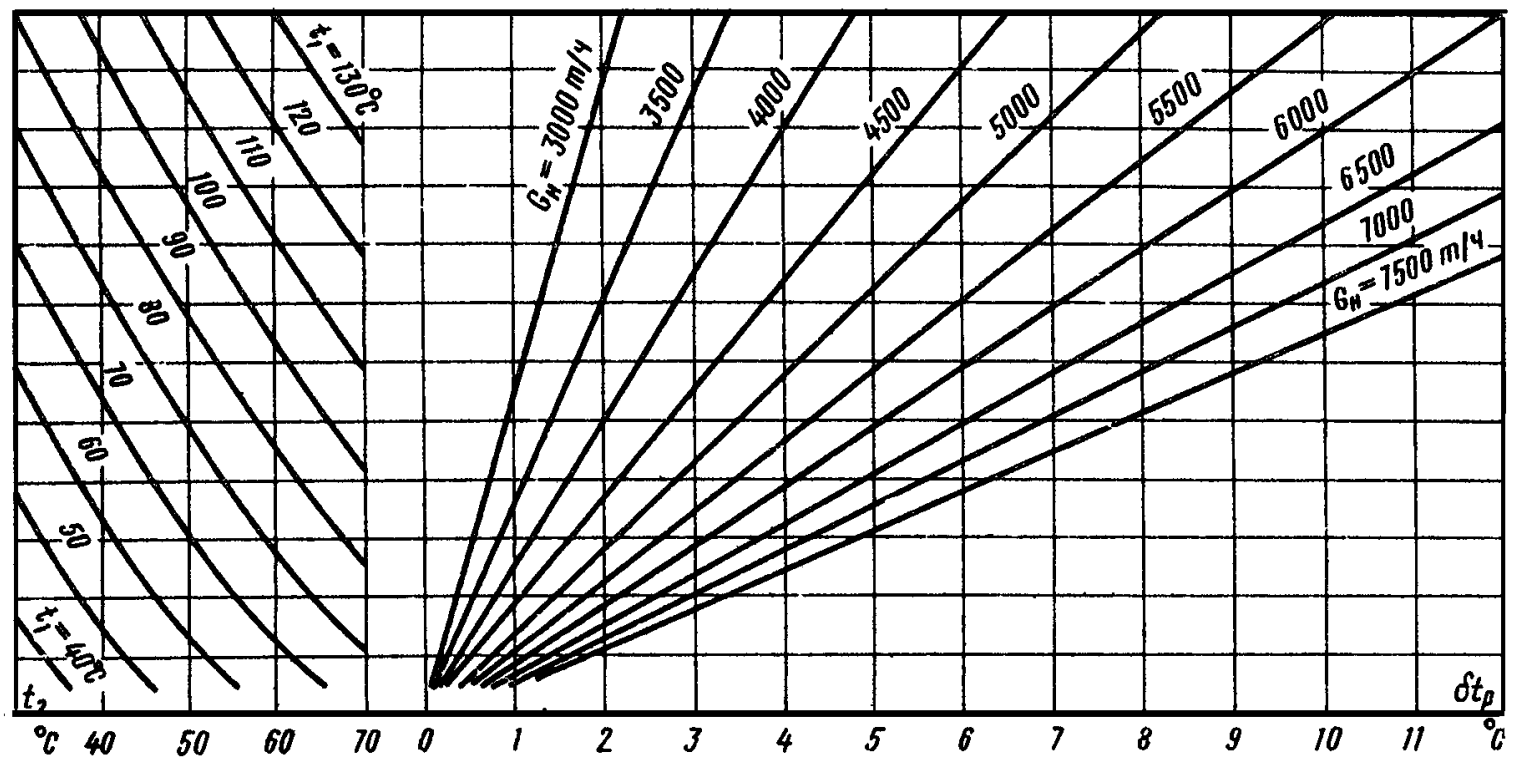

t_1=130°C
120
110
100
90
80
70
60
50
t_1=40°C
t_2
°C
40
50
60
70
G_H=3000т/ч
3500
4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
G_H=7500т/ч
0
1
2
3
4
5
6
7
δt_p
°C

а)

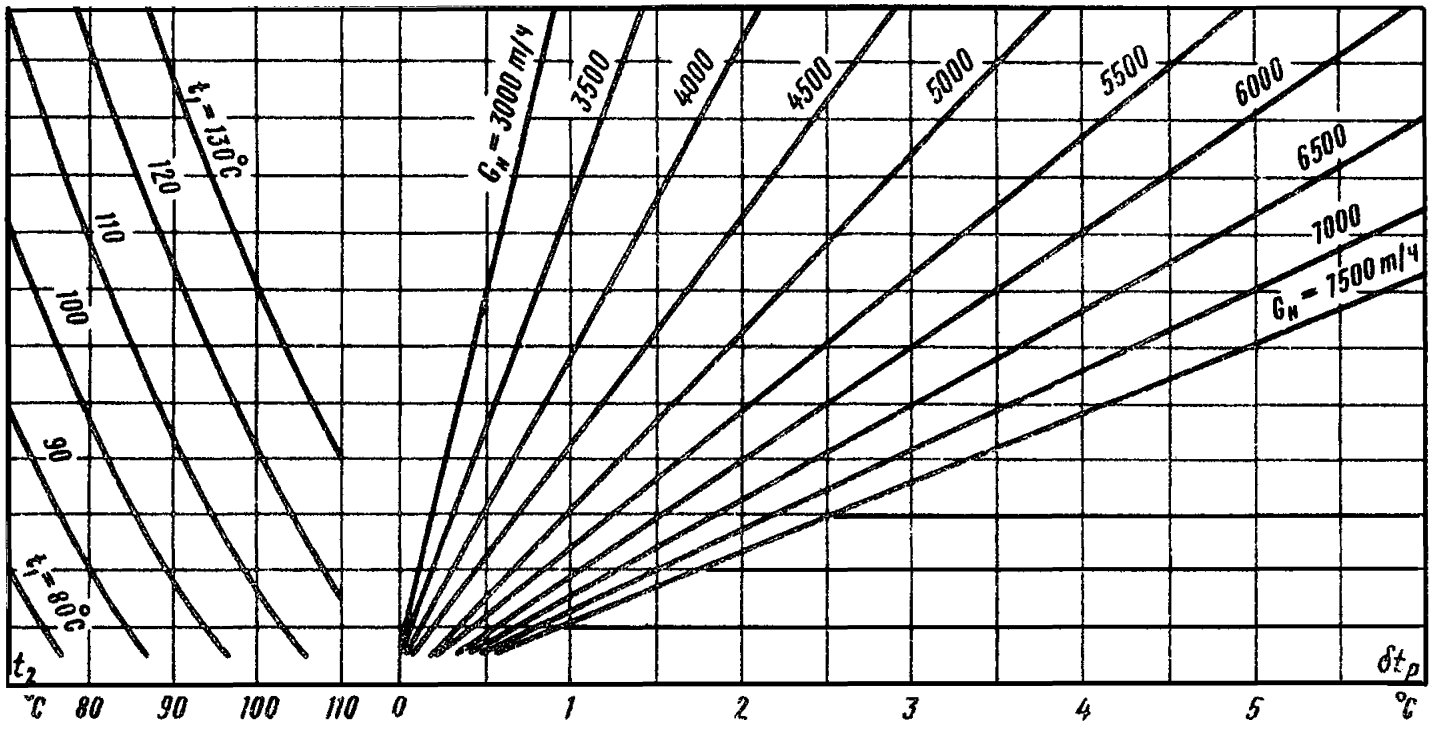


б)

Рис.П2.I8. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСГ-5000-2,5-8 (трубки латунные, число ходов 4, $f_в$ = 0,7482 м², $d_н/d_{вн}$ = 25/23 мм):
а - t_2 = 30÷70°С; *б* - t_2 = 70÷II0°С

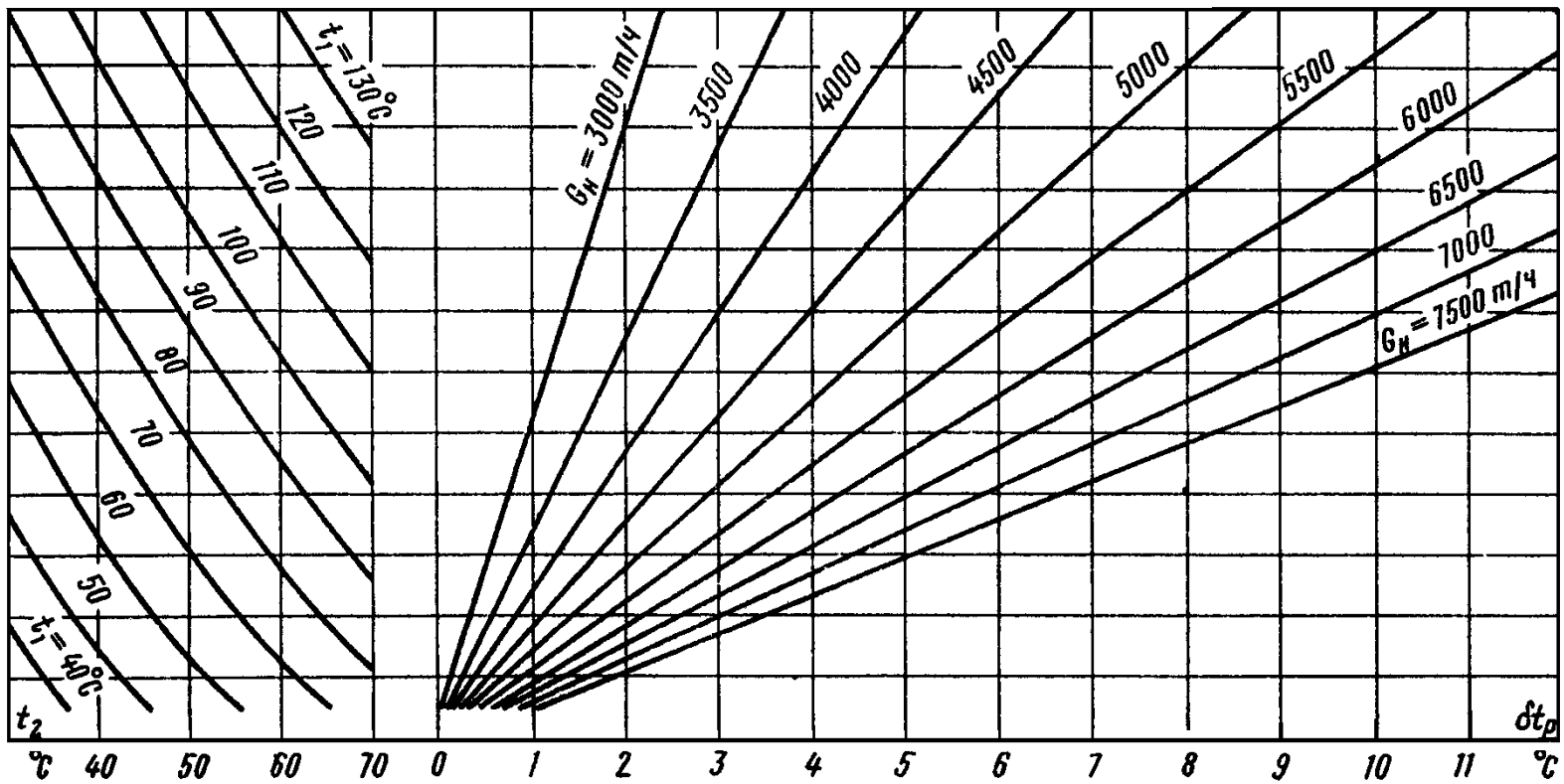

t_1 = 130°C
120
110
100
90
80
70
60
50
t_1 = 40°C
$G_н$ = 3000 м/ч
3500
4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
$G_н$ = 7500 м/ч
t_2
°C 40 50 60 70
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 °C
$\delta t_р$

а)

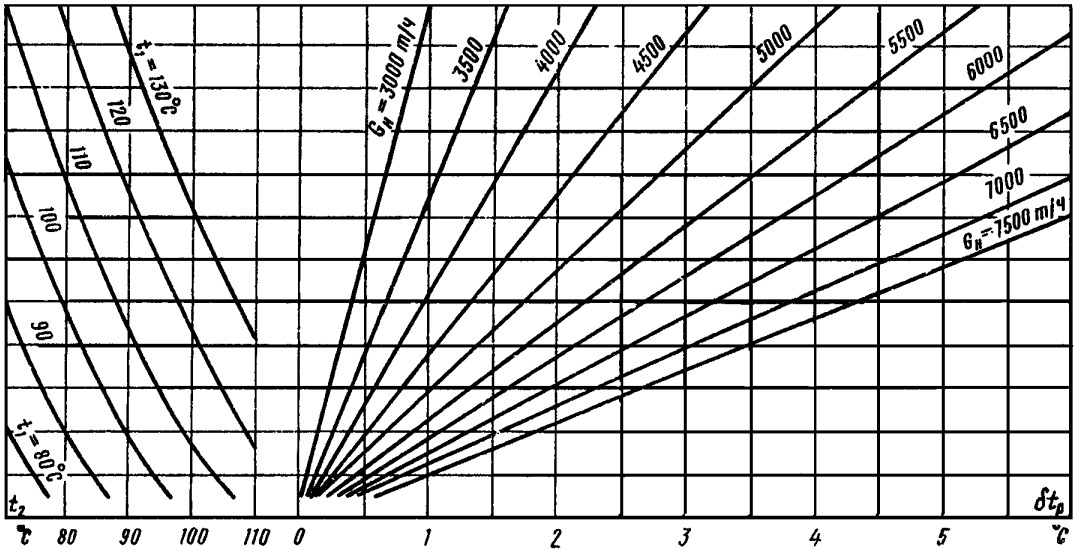


б)

Рис.П2.19. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСГ-5000-3-8 (трубки ст.12Х18Н10Т, число ходов 4, $f_б$ = 0,7482 м², $d_н / d_{вн}$ = 25/23 мм):
а - t_2 = 30÷70°С; *б* - t_2 = 70÷110°С


t_1=130°C
120
110
100
90
80
70
60
50
t_1=40°C
t_2
°C 40 50 60 70
$G_н$=3000 m/ч
3500
4000
4500
5000
5500
6000
6500
7000
$G_н$=7500 m/ч
$\delta t_р$
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 °C

а)



б)

Рис.П2.20. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСГ-5000-3-8 (трубки ст.I2XI8HI0T, число ходов 2, $f_в$ = 0,7243 м^2, $d_н$ /$d_{вн}$= 25/22,6 мм):
а - t_2 = 30÷70°C; *б* - t_2 = 70÷II0°C

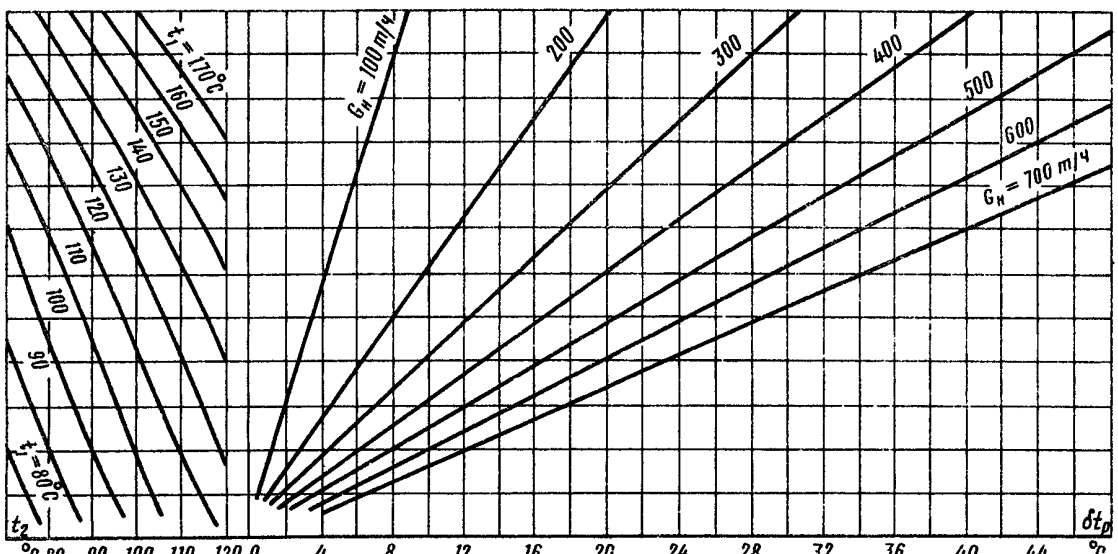


Рис.П2.21. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БП-90м (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,0594 м^2; $d_н$ /$d_{вн}$ = 19/17,5 мм)

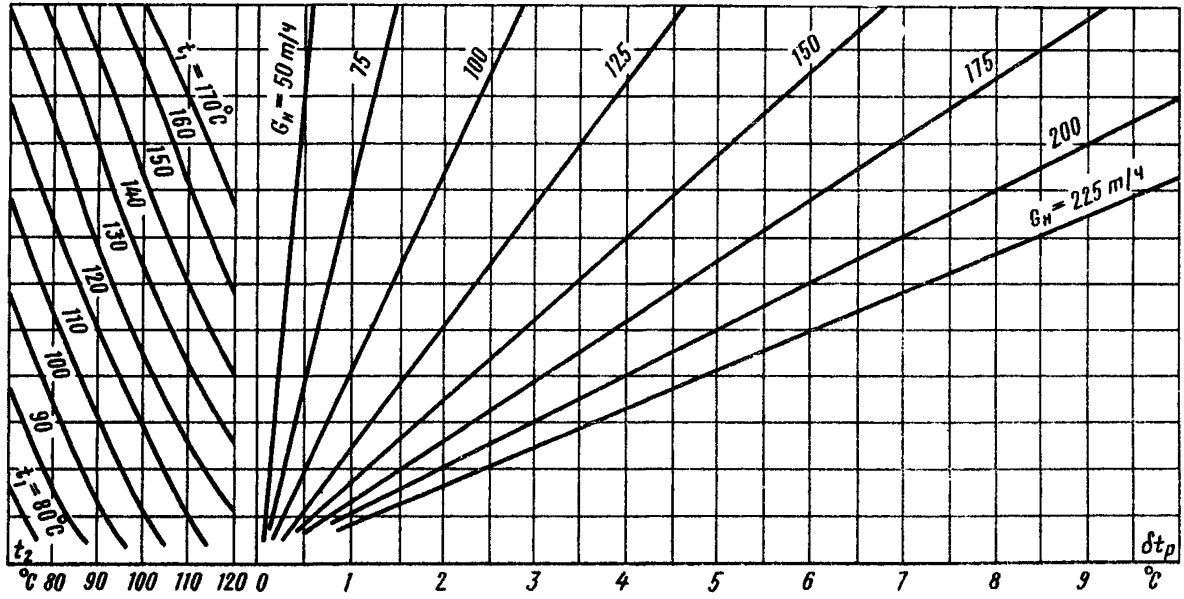


Рис.П2.22. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-90-7-I5 (трубки латунные, число ходов 4, $f_б$ = 0,0259 м²; $d_н$ /$d_{вн}$= I9/I7 мм, H = I,3I м)

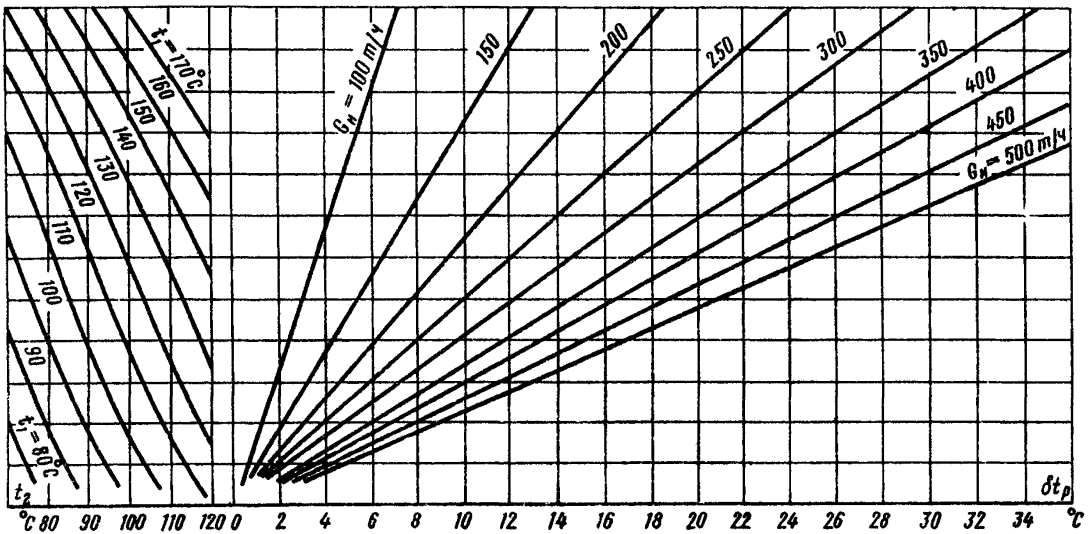


Рис.II2.23. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-90-7-I5 (трубки латунные, число ходов 2, $f_б$ = 0,05I8 м², $d_н$ / $d_{вн}$ = I9/I7 мм, H = I,3I м)

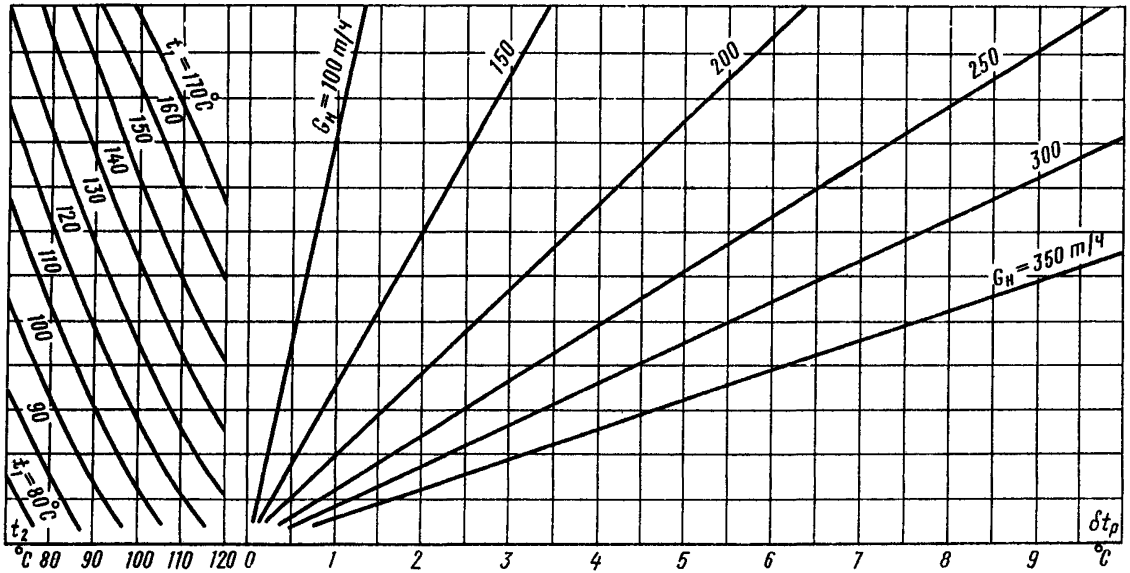


Рис.П2.24. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-I25-7-I5 (трубки латунные, число ходов 4, $f_в$ = 0,0362 м²; $d_н$ /$d_{вн}$ = I9/I7 мм, H = I,3I м)

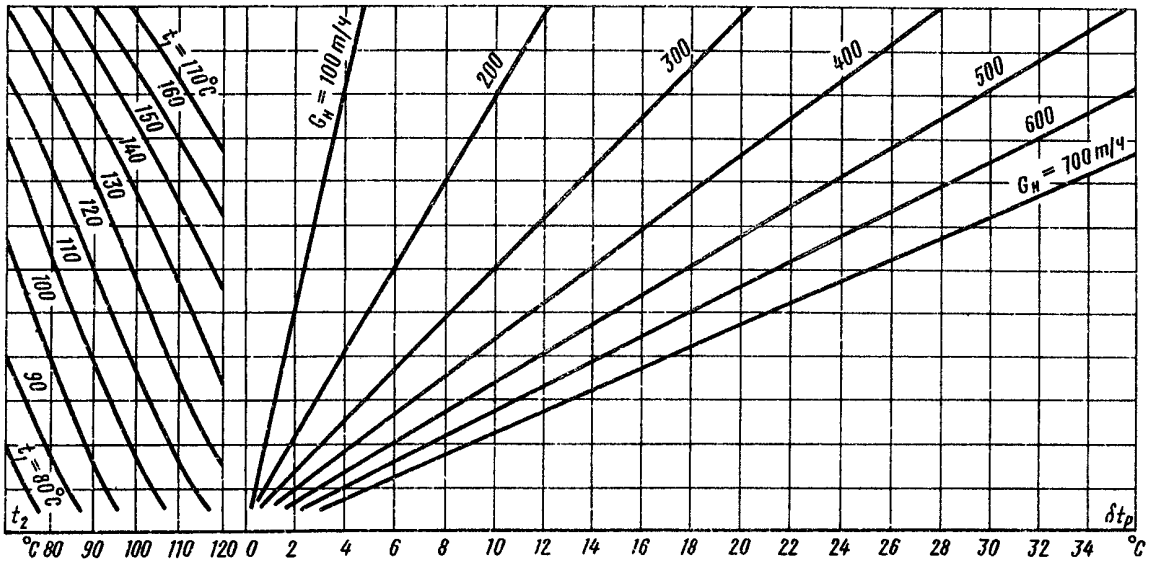


Рис.П2.25. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-I25-7-I5 (трубки латунные, число ходов 2, $f_б$ = 0,0724 м²; $d_н$ /$d_{вн}$ = I9/I7 мм, H = I,3I м)

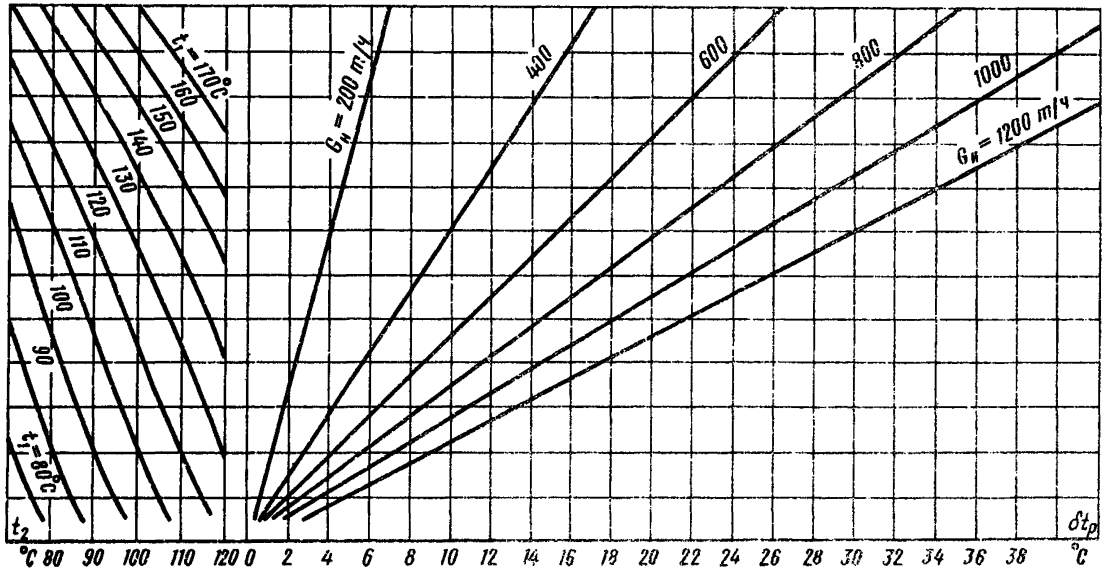


Рис.П2.26. График расчетных температурных напоров сетевых подогревателей БП-200м, БП-200у (трубки латунные, число ходов 2, $f_{тр}$ = 0,1225 м²; $d_н / d_{вн}$ = 19/17,5 мм, H = 1,67 м)

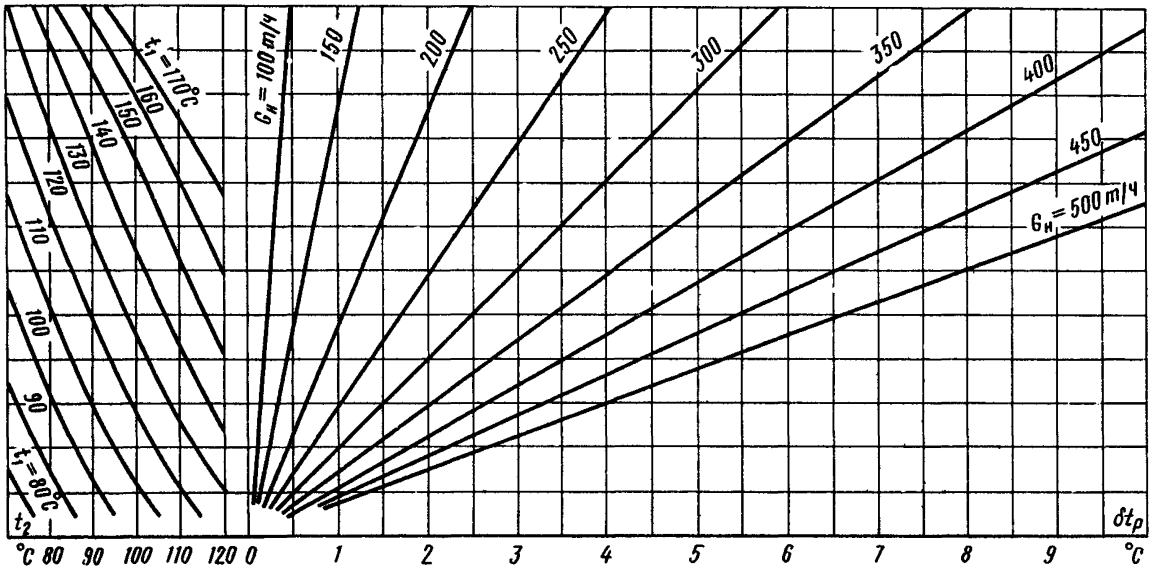


Рис.П2.27. График расчетных температурных напоров сетевых подогревателей ПСВ-200-7-I5 ПСВ-200-I4-23 (трубки латунные, число ходов 4, $f_б$ = 0,0577 м^2; $d_н / d_{бн}$ = I9/I7 мм, H = I,33м)

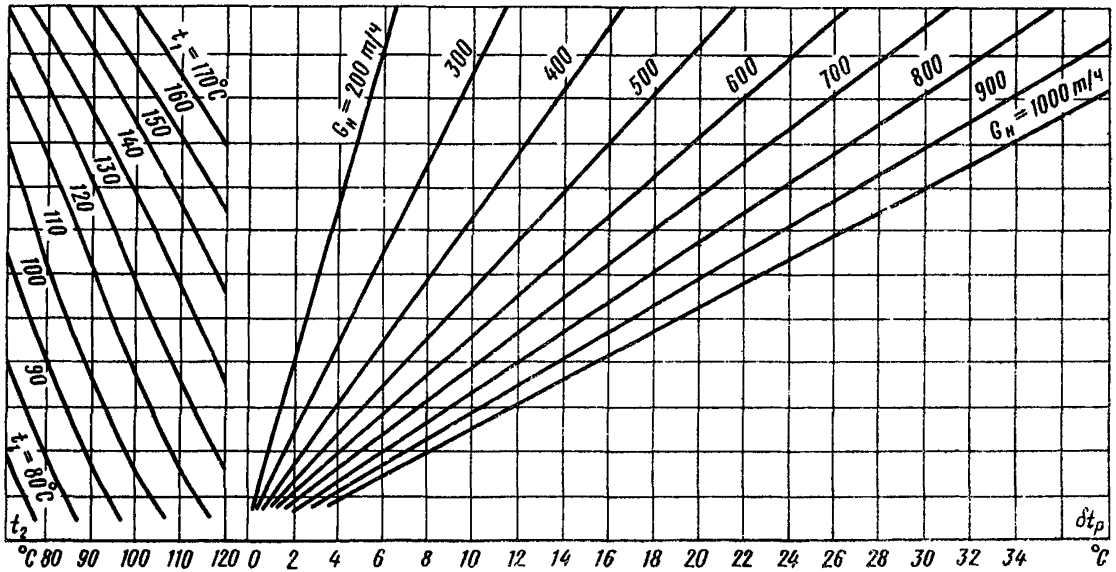


Рис.П2.28. График расчетных температурных напоров сетевых подогревателей ПСВ-200-7-15, ПСВ-200-14-23 (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,1154 м²; $d_н$ /$d_{вн}$ = 19/17 мм, H = 1,33 м)

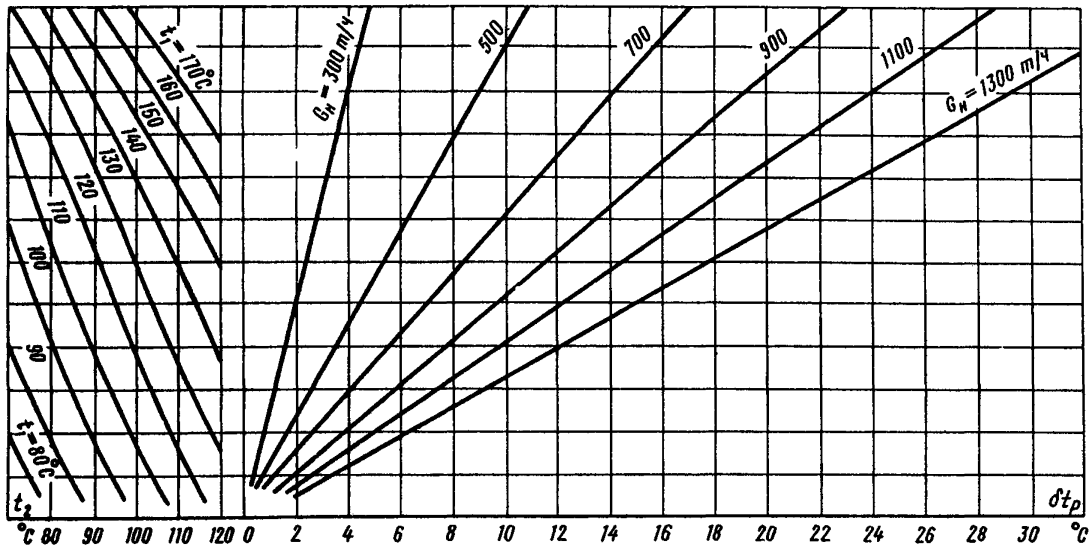


Рис.П2.29. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БП-300-2м (трубки латунные, число ходов 2, $f_б$ = 0,1355 м², $d_н$ /$d_{бн}$ = 19/17 мм, H = 1,61 м)

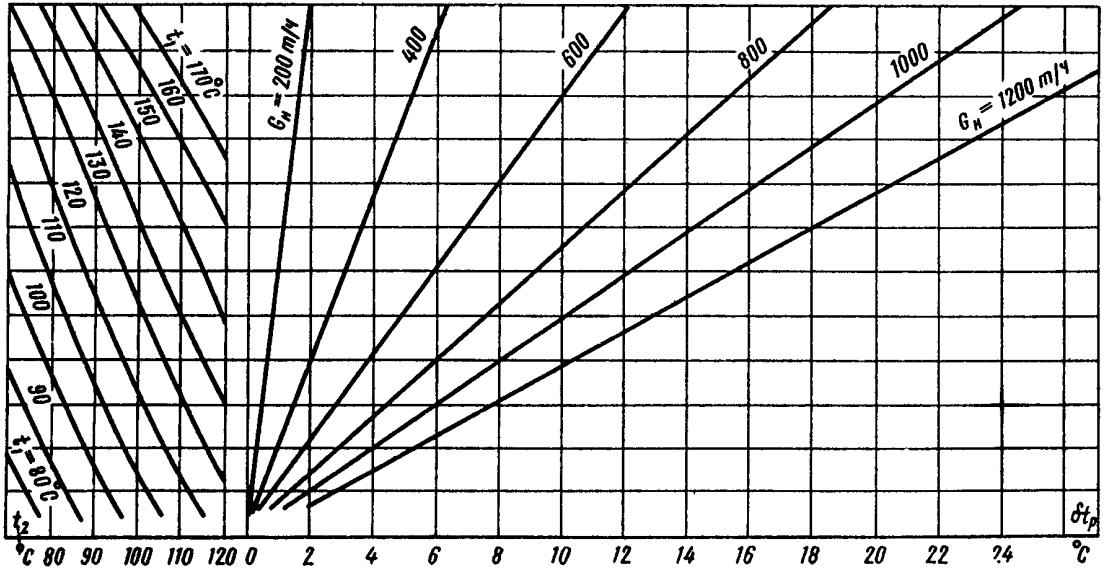


Рис.П2.30. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-315-14-23 (трубки латунные, число ходов 2, $f_б$ = 0,1380 м²; $d_н / d_{вн}$ = 19/17 мм, H = 1,25 м)

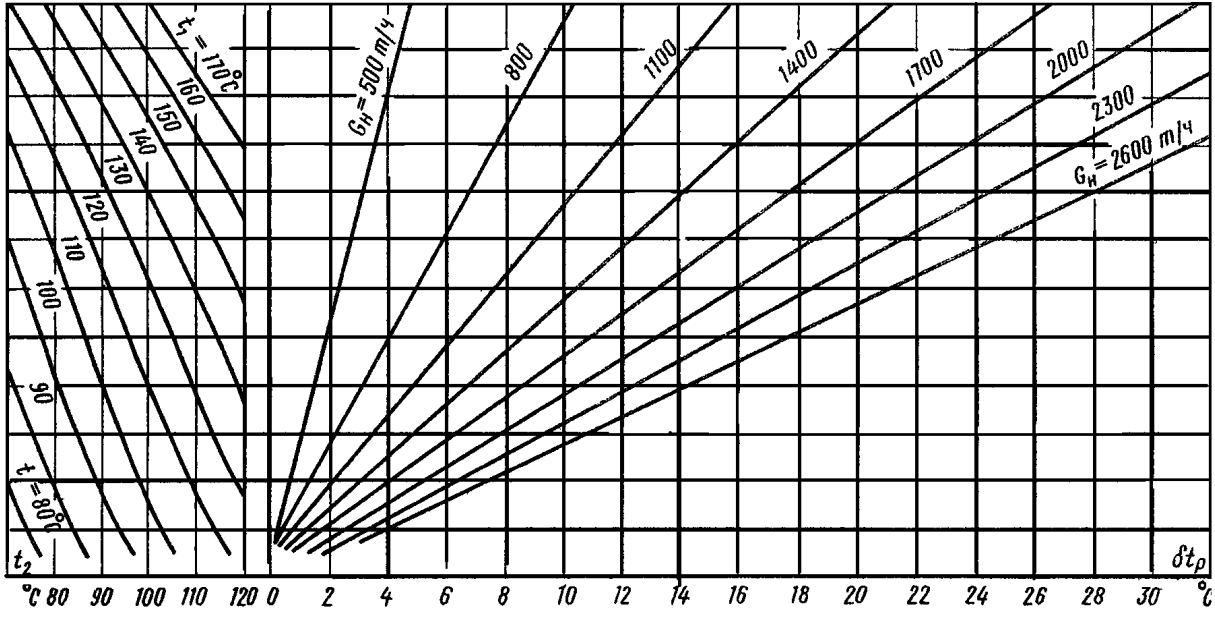


Рис.П2.31. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя БП-500м (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,2260 м²; $d_н$ /$d_{вн}$ = 19/17,5 мм, H = 1,62 м)

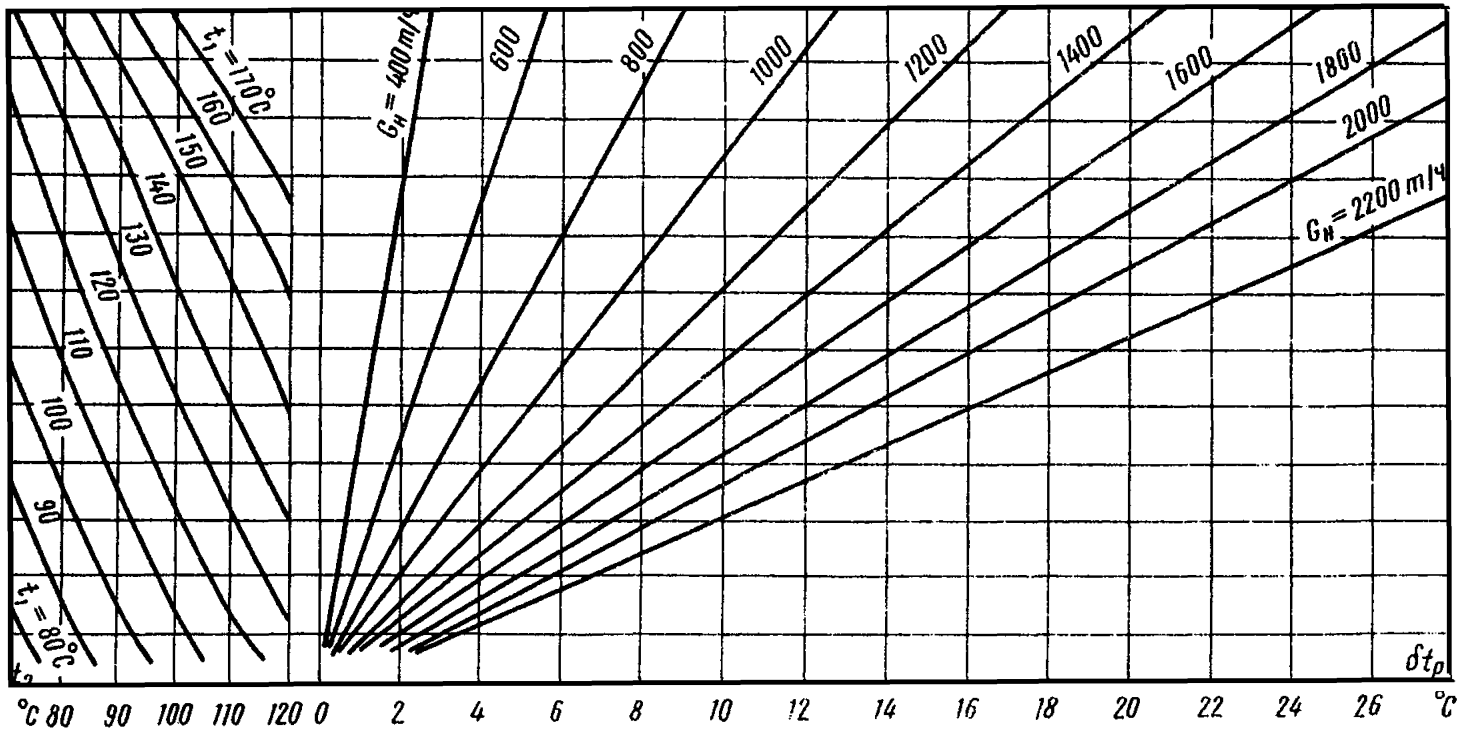


Рис.П2.32. График расчетных температурных напоров сетевого подогревателя ПСВ-500-I4-23 (трубки латунные, число ходов 2, $f_в$ = 0,2I90 м^2; $d_н / d_{вн}$ = I9/I7 мм, H = I,I9 м)

Приложение 3
Справочное

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕТЕВЫХ ПАРОВОДЯНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

Тип	Количество х длина трубок, мм	Наружный диаметр х толщина стенки трубок, мм	Число ходов по воде	Площадь сечения по воде, $м^2$	Длина пленки конденсата, м	Расчетные параметры						
						Расход воды, т/ч	Давление, МПа(кгс/$см^2$)		Температура, °С		Тепловая производительность, Гкал/ч	Гидравлические потери напора, м
							в трубках	в корпусе	на входе	на выходе		
Основные												
БО-90м	488х3170	19х0,75	4	0,0297	1,45	250	1,5(15)	3,5	70	110	10,0	8,8
БО-130м	708х3166	19х0,75	4	0,0426	1,45	380	1,5(15)	3,5	70	110	15,2	9,9
БО-200м	1018х3410	19х0,75	4	0,0613	1,67	550	1,5(15)	3,5	70	110	22,0	10,2
ПСВ-200-3-23	1020х3410	19х1,0	4	0,0577	1,33	400	2,4(24)	4,0	70	115	18,0	6,3
ПСВ-200-3-23	1020х3410	19х1,0	2	0,1154	1,33	800	2,4(24)	4,0	70	100	24,0	3,2
ПСВ-315-3-23	1212х4545	19х1,0	2	0,1380	1,20	1130	2,4(24)	4,0	70	105	39,5	5,0
БО-350м	1320х4545	19х0,75	4	0,0792	1,61	700	1,5(15)	3,5	70	115	31,5	11,3
БО-350м	1320х4545	19х0,75	2	0,1580	1,61	1400	1,5(15)	3,5	70	100	42,0	5,7
ПСВ-500-3-23	1930х4545	19х1,0	2	0,2190	1,23	1500	2,4(24)	4,0	70	110	60,0	3,6
БО-550-3м	2092х4545	19х0,75	4	0,1251	1,80	1100	1,5(15)	3,5	70	115	49,5	11,1
БО-550-3м	2092х4545	19х0,75	2	0,2502	1,80	2200	1,5(15)	3,5	70	100	66,0	5,6
ПСГ-800-3-8	2300х4600	24х1,0	4	0,2185	-	1250	0,9(9)	4,0	70	115	56,2	4,4
ПСГ-1300-3-8	3440х5000	24х1,0	4	0,3270	-	2000	0,9(9)	4,0	70	115	90,0	5,1
БГ-1300	2220х8000	24х1,0	2	0,4220	-	3000	1,5(15)	3,5	70	105	105,0	4,4
БВ-1350	3142х6000	24х1,0	2	0,5980	-	3000	1,5(15)	3,5	70	110	120,0	2,1
ПСГ-2300-3-8	4999х6080	24х1,0	4	0,4750	-	3500	0,9(9)	4,0	70	115	157,5	8,0

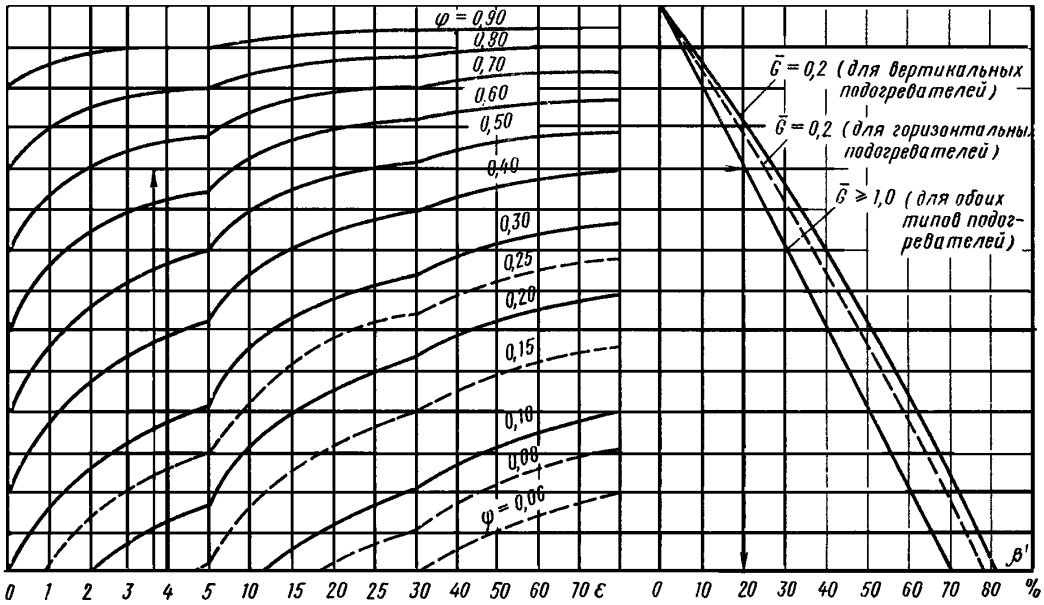
ПСГ-2300-3-8	4999x6080	24xI,0	2	0,9500	-	5000	0,9(9)	4,0	70	I05	I75,0	2,2
ПСГ-5000-2,5-8	7208x9000	25xI,0	4	0,7482	-	6000	0,9(9)	3,5	70	I20	300,0	II,3

Пиковые

БП-90м	488x3I70	I9x0,75	2	0,0594	I,45	500	I,5(I5)	6,0	I00	I25	I2,5	4,5
ПСВ-90-7-I5	456x34I0	I9xI,0	4	0,0259	I,3I	I75	I,6(I6)	8,0	70	I50	I4,0	5,8
ПСВ-90-7-I5	456x34I0	I9xI,0	2	0,05I8	I,3I	350	I,6(I6)	8,0	70	I30	2I,0	3,0
ПСВ-I25-7-I5	640x34I0	I9xI,0	4	0,0362	I,3I	250	I,6(I6)	8,0	70	I50	20,0	6,I
ПСВ-I25-7-I5	640x34I0	I9xI,0	2	0,0724	I,3I	500	I,6(I6)	8,0	70	I30	30,0	3,I
БП-200м	I0I8x34I0	I9x0,75	2	0,I225	I,67	II00	I,5(I5)	8,0	I00	I30	33,0	5,I
БП-200у	I0I8x34I0	I9x0,75	2	0,I225	I,67	II00	I,5(I5)	I4,0	I00	I50	55,0	5,I
ПСВ-200-7-I5	I020x34I0	I9xI,0	4	0,0577	I,33	400	I,6(I6)	8,0	70	I50	32,0	6,I
ПСВ-200-7-I5	I020x34I0	I9xI,0	2	0,II54	I,33	800	I,6(I6)	8,0	70	I25	44,0	3,I
ПСВ-200-I4-23	I020x34I0	I9xI,0	4	0,0577	I,33	400	2,4(24)	I5,0	I00	I70	28,0	6,I
ПСВ-200-I4-23	I020x34I0	I9xI,0	2	0,II54	I,33	800	2,4(24)	I5,0	I00	I55	44,0	3,I
БП-300-2м	II44x4545	I9x0,75	2	I,I355	I,6I	I200	I,5(I5)	I4,0	I00	I60	72,0	5,7
ПСВ-3I5-I4-23	I2I2x4545	I9xI,0	2	0,I380	I,25	II30	2,4(24)	I5,0	I00	I60	67,8	5,0
БП-500м	I880x4545	I9x0,75	2	0,2260	I,62	2000	I,5(I5)	I4,0	I00	I60	I20,0	5,7
ПСВ-500-I4-23	I930x4545	I9xI,0	2	0,2I90	I,I9	I500	2,4(24)	I5,0	I00	I65	97,5	3,6

Приложение 4
Обязательное

ПОКАЗАТЕЛЬ β'



Показатель β'

Приложение 5

Рекомендуемое

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Действительное абсолютное давление пара p (кгс/см^2) у заборного отверстия, измеренное пружинным манометром (мановакуумметром), с учетом поправок определяется по формуле

$$p = p_м + p_п + p_{уст} + p_б ,$$

где $p_м$ - показание пружинного манометра, кгс/см^2;

$p_п$ - поправка по протоколу тарировки, определяемая по графикам тарировки для соответствующего показания манометра, кгс/см^2;

$p_{уст}$ - поправка на высоту установки манометра - столба воды в соединительной трубке от места присоединения до манометра, кгс/см^2:

$$p_{уст} = \frac{H_{уст} - H_п}{10}$$

(здесь $H_{уст}$, $H_п$ - соответственно отметки установки манометра (по присоединительному штуцеру) и заборного устройства, м);

$p_б$ - барометрическое давление в месте проведения измерений, кгс/см^2:

$$p_б = \frac{B_0}{735,6}$$

(здесь B_0 - приведенное к 0°С показание барометра с учетом поправок по паспорту, мм рт.ст.

Если при измерении расхода сетевой воды ее температура отличается от расчетной для используемой измерительной диафрагмы, усредненное значение измеренного массового расхода корректируется по формуле

$$G = G_и \sqrt{\rho_и / \rho_р} ,$$

где G - скорректированное значение массового расхода сетевой воды, т/ч;

$G_и$ - усредненное значение измеренного массового расхода сетевой воды, т/ч;

$\rho_и$ - плотность сетевой воды в месте установки сужающего устройства (диафрагмы) во время проведения измерений, кг/м^3;

$\rho_р$ - расчетная плотность сетевой воды для используемой измерительной диафрагмы, кг/м^3.

В отдельных схемах водоподогревательных установок (ВПУ) (типовые схемы ВПУ приведены на рис.П5.1 и П5.2) имеет место параллельное включение

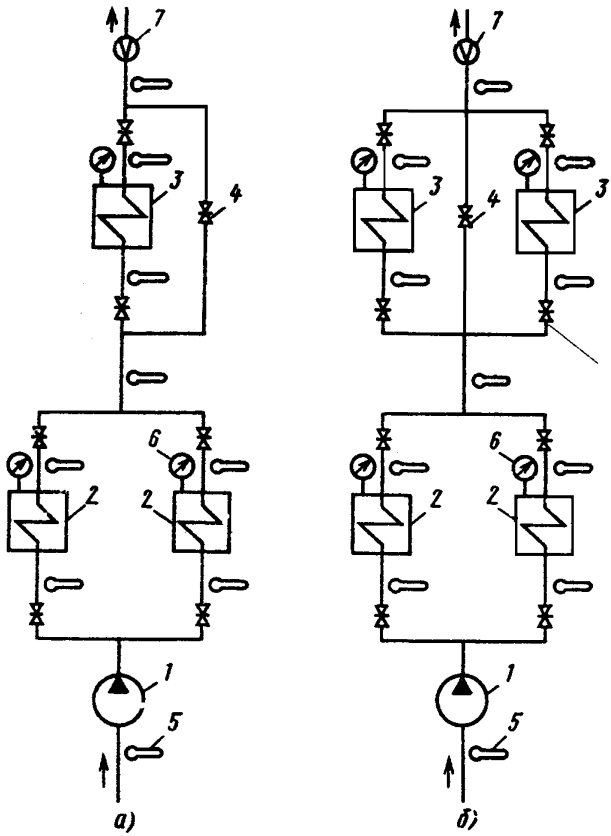


Рис.П5.I. Схемы водоподогревательных установок с двумя параллельными основными подогревателями:

а - с одним пиковым подогревателем; *б* - с двумя пиковыми подогревателями;

I - сетевой насос; 2 - основной подогреватель; 3 - пиковый подогреватель; 4 - задвижка; 5 - гильза для термометра; 6 - манометр; - измерительная диафрагма

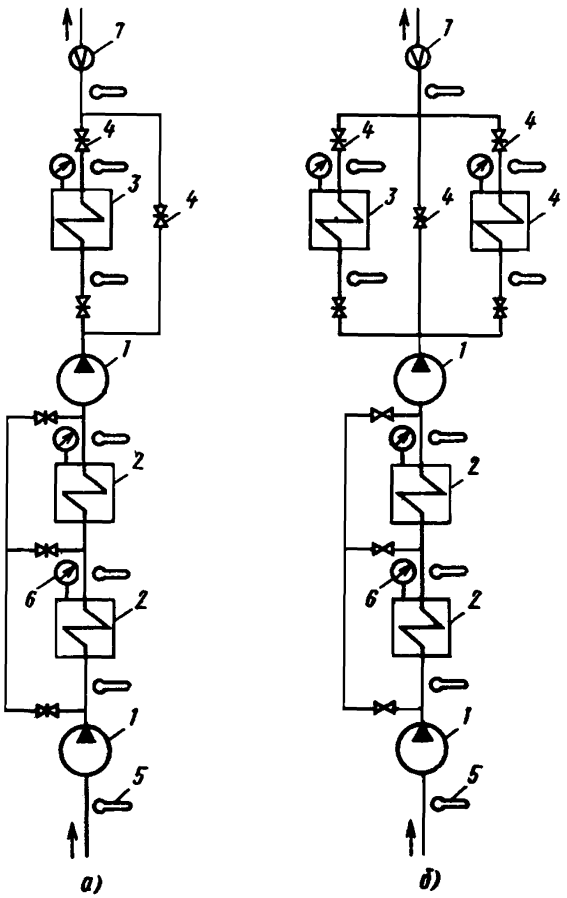


Рис.П5.2. Схемы водоподогревательных установок с двумя последовательными основными подогревателями

(Обозначения см.рис.П5.I)

основных или пиковых подогревателей по сетевой воде. При этом расходомер, как правило, установлен на общем участке трубопровода от обоих подогревателей.

При невозможности или нецелесообразности в условиях эксплуатации производства переключений в целях измерения расхода через каждый подогреватель в отдельности распределение расходов сетевой воды по двум параллельным ветвям определяется расчетным путем.

Расходы сетевой воды по двум параллельно включенным основным (см.рис. П5.1,*а* и *б*) или пиковым (см.рис.П5.1,*б* и П5.2,*б*) подогревателям определяются по формулам:

$$G_1 = G_c \frac{t_{см} - t_1''}{t_1' - t_1''} ;$$

$$G_2 = G_c - G_1 ,$$

где G_1 - расход сетевой воды через первый подогреватель, т/ч;
G_c - суммарный расход сетевой воды через оба подогревателя, т/ч;
$t_{см}$ - температура смешанной воды после обоих подогревателей, °С;
t_1'' - температура сетевой воды на выходе из второго подогревателя, °С;
t_1' - температура сетевой воды на выходе из первого подогревателя, °С;
G_2 - расход сетевой воды через второй подогреватель, т/ч.

Расход сетевой воды через пиковый подогреватель (см.рис.П5.1,*а* и рис.П5.2,*а*) с включенной обводной линией определяется по формуле

$$G_п = G_c \frac{t_{см} - t_2}{t_1 - t_2} ,$$

где $G_п$ - расход сетевой воды через пиковый подогреватель, т/ч;
G_c - суммарный расход сетевой воды, т/ч;
$t_{см}$ - температура смешанной воды после врезки обводной линии, °С;
t_2 - температура сетевой воды на входе в подогреватель, °С;
t_1 - температура сетевой воды на выходе из подогревателя, °С.

Определить распределение сетевой воды по трем и более параллельным ветвям при известном суммарном расходе невозможно.

Приложение 6

Справочное

ПРИМЕРЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА СЕТЕВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ

Пример I. Для основного подогревателя БО-200м, работающего на сетевой воде, в результате измерений получены следующие усредненные значения измеренных величин:

$G_и$ = 500 т/ч, $t_2^и$ = 60°С, $t_1^и$ = 90°С, $p_п^и$ = I,I2 кгс/см^2 ($t_н^и$ = I02,3°С).

Определяем:

$$\bar{G} = G_и/G_н = 500 : 500 = I,0;$$

$$\delta t_ф = t_н^и - t_1^и = I02,3 - 90 = I2,3°С;$$

$$\Delta t = t_1^и - t_2^и = 90 - 60 = 30°С$$

- по рис.П2.3,$б$ находим расчетное значение температурного напора, которое для условий измерений составит $\delta t_р$ = 8,3°С;

$$\varepsilon = \Delta t/\delta t_р = 30 : 8,3 = 3,60;$$

$$\varphi = \delta t_р/\delta t_ф = 8,3 : I2,3 = 0,66;$$

- по графику приложения 4 при ε = 3,60, φ = 0,66 и $\bar{G}$ = I,0 определяем степень загрязнения подогревателя, которая составит β' = 20%.

В соответствии с приведенной градацией состояние подогревателя оценивается удовлетворительным.

Пример 2. Для основных подогревателей ПСГ-2300, работающих на сетевой воде, в результате измерений получены усредненные значения измеренных величин.

Для ПСГ-2300-I: $G_и$ = 3500 т/ч; $t_2^и$ = 70°С; $t_1^и$ = 90°С;
$p_п^и$ = 0,85 кгс/см^2 ($t_н^и$ = 94,6°С).

Для ПСГ-2300-II: $G_и$ = 3500 т/ч, $t_2^и$ = 90°С, $t_1^и$ = II0°С,
$p_п^и$ = I,65 кгс/см^2 ($t_н^и$ = II3,7°С).

Определяем для ПСГ-2300-I:

$$G = G_и/G_н = 3500 : 3500 = I;$$

$$\delta t_ф = t_н^и - t_1^и = 94,6 - 90 = 4,6°С;$$

$$\Delta t = t_1^и - t_2^и = 90 - 70 = 20°С;$$

- по рис.П2.16, δ находим расчетный температурный напор, который для условий измерений составит $\delta t_p = 2{,}9^{\circ}C$;

$$\mathcal{E} = \Delta t / \delta t_p = 20 : 2{,}9 = 6{,}9;$$

$$\varphi = \delta t_p / \delta t_\phi = 2{,}9 : 4{,}6 = 0{,}63;$$

- по графику приложения 4 при $\mathcal{E} = 6{,}9$, $\varphi = 0{,}63$ и $\bar{G} = 1{,}0$ определяем степень загрязнения подогревателя, которая составит $\beta' = 19\%$.

Для ПСГ-2300-П:

$$\bar{G} = 3500 : 3500 = 1{,}0;$$

$$\delta t_\phi = 113{,}7 - 110 = 3{,}7^{\circ}C;$$

$$\Delta t = 110 - 90 = 20^{\circ}C;$$

$$\delta t_p = 2{,}4^{\circ}C;$$

$$\mathcal{E} = 20 : 2{,}4 = 8{,}3;$$

$$\varphi = 2{,}4 : 3{,}7 = 0{,}65;$$

$$\beta' = 17\%.$$

В соответствии с приведенной градацией состояние обоих подогревателей оценивается удовлетворительным.

П р и м е р 3. Для пикового подогревателя ПСВ-500-14-23, работающего на сетевой воде, в результате измерений получены следующие усредненные значения:

$G_в = 1400$ т/ч, $t_2'' = 110^{\circ}C$, $t_1'' = 150^{\circ}C$, $p_п'' = 9{,}0$ кгс/см^2 ($t_н'' = 174{,}5^{\circ}C$).

Определяем:

$\bar{G} = 1400 : 1600 = 0{,}88$;

$\delta t_\phi = 174{,}5 - 150 = 24{,}5^{\circ}C$;

$\Delta t = 150 - 110 = 40^{\circ}C$;

$\delta t_p = 12{,}5^{\circ}C$ (по рис.П2.32);

$\mathcal{E} = 40 : 12{,}5 = 3{,}2$;

$\varphi = 12{,}5 : 24{,}5 = 0{,}51$;

$\beta' = 34\%$ (по графику приложения 4).

Состояние подогревателя оценивается неудовлетворительным.

Результаты данных измерений и оценки состояния поверхности нагрева приведенных примеров сведены в прилагаемую таблицу.

Результаты оценки состояния поверхности нагрева подогревателя типа _____ ст. № _____

Дата проведения измерений	Температура воды на входе $t_2^и$, °С	Температура воды на выходе $t_1^и$, °С	Расход сетевой воды, т/ч: измеренный $G_и$	Расход сетевой воды, т/ч: относительный $\bar{G}$	Давление пара $p_п^и$ кгс/см^2	Температура насыщенного пара $t_н^и$, °С	Фактический температурный напор $\delta t_ф$, °С	Расчетный температурный напор $\delta t_р$, °С	Нагрев сетевой воды Δt, °С	Отношение $\varepsilon = \frac{\Delta t}{\delta t_р}$	Отношение $\varphi = \frac{\delta t_р}{\delta t_ф}$	Степень загрязнения β' %	Вывод о состоянии подогревателя
	60	90	500	I,0	I,I2	I02,3	I2,3	8,3	30,0	3,60	0,66	20	Удовлетворительное
	70	90	3500	I,0	0,85	94,6	4,6	2,9	20,0	6,90	0,63	I9	Удовлетворительное
	90	II0	3500	I,0	I,65	II3,7	3,7	2,4	20,0	8,30	0,65	I7	Удовлетворительное
	II0	I50	I400	0,9	9,00	I74,5	24,5	I2,5	40,0	3,20	0,5I	34	Неудовлетворительное

Рот. ВНИПИэнергопром Зак.№ .....
Тир. 47 Дата .....

Ответственный редактор Т.П.Леонова
Литературный редактор З.И.Игнаткова
Технический редактор Н.Д.Архипова
Корректор К.И.Миронова

Подписано к печати 22.10.85 Формат 60x84 1/16
Печать офсетная Усл.печ.л. 4,2 Уч.-изд.л. 4,8 Тираж 1200 экз.
Заказ №337/85 Издат. № 128/85 Цена 72 коп.

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

Участок оперативной полиграфии СПО Союзтехэнерго
109432, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д.29, строение 6

gost.e-ecolog.ru