

**Ведомственные строительные нормы ВСН 56-87**  
**"Геотермальное теплоснабжение жилых и общественных зданий и сооружений. Нормы проектирования"**  
**(утв. приказом Госкомархитектуры СССР от 27 октября 1987 г. N 328)**

Взамен ВСН 36-77  
Срок введения в действие 1 июля 1988 г.

- 1. Общие положения
- 2. Теплотехнические и экономические принципы использования геотермальных вод
- 3. Схемы и оборудование геотермальных систем теплоснабжения
- 4. Тепловой расчет геотермальных систем отопления и охлаждения
- 5. Регулирование геотермальных систем теплоснабжения
- Приложение 1. Термины и определения
- Приложение 2. Классификация и распространение геотермальных теплоносителей
- Приложение 3. Принципиальные схемы систем геотермального теплоснабжения
- Приложение 4. Примеры расчета коэффициента эффективности для различных систем геотермального теплоснабжения
- Приложение 5. Пример подбора отопительных приборов и построение графиков регулирования геотермальных систем отопления
- Приложение 6. Пример расчета комплексной системы геотермального теплоснабжения
- Приложение 7. Прикладные программы для расчетов элементов геотермальных систем теплоснабжения на микроЭВМ

## 1. Общие положения

1.1. Настоящие Нормы распространяются на проектирование вновь строящихся и реконструируемых систем теплоснабжения с использованием теплоты геотермальных вод.

Нормы не распространяются на использование геотермальных вод для выработки электрической энергии в бальнеологии, извлечения из них полезных химических веществ.

1.2. Геотермальные воды, отнесенные в установленном порядке к категории лечебных, должны использоваться прежде всего для лечебных и курортных целей. На нужды теплоснабжения они могут быть использованы только при разрешении органов по регулированию использования и охране водных ресурсов, а также при согласовании с органами здравоохранения и управления курортами.

1.3. С учетом требований [п.1.2](#) теплота геотермальных вод должна применяться для отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха жилых, общественных и производственных зданий и сооружений.

1.4. Разработка проектов геотермальных систем теплоснабжения должна производиться, как правило, на основе расчетной потребности в теплоте и балансовых запасов геотермальных вод, утвержденных в соответствии с "Классификацией эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод" и "Инструкцией по применению классификации эксплуатационных запасов подземных вод к месторождениям теплоэнергетических вод" Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР.

1.5. Проектирование и строительство геотермальных систем теплоснабжения допускается без утверждения запасов геотермальных вод, если капитальные вложения при этом не превышают 500 тыс. руб.

1.6. В регионах распространения геотермальных вод, указанных в справочном [прил.2](#), при проектировании вновь строящихся зданий и сооружений должен рассматриваться вопрос об их теплоснабжении за счет геотермального источника теплоты.

1.7. Разработка проектной документации систем геотермального теплоснабжения должна осуществляться в две стадии: проект и рабочая документация.

1.8. В случаях когда осуществление геотермальной системы теплоснабжения включает создание нового [термоводозабора](#), а также при использовании термоводозабора, который ранее не использовался в качестве источника теплоты, проектированию должно предшествовать технико-экономическое обоснование.

1.9. Новые геотермальные скважины, как правило, следует располагать в непосредственной близости от потенциальных потребителей геотермальной теплоты.

**2. Теплотехнические и экономические принципы использования геотермальных вод**

2.1. Технические решения геотермальных систем теплоснабжения должны обеспечивать возможно большую глубину срабатывания теплового потенциала геотермального теплоносителя и равномерность использования утвержденного максимального дебита термоводозабора в течение года.

2.2. За расчетный расход геотермального теплоносителя следует принимать суммарный дебит скважин термоводозабора, соответствующий утвержденному режиму его эксплуатации.

2.3. За расчетную температуру геотермального теплоносителя, изливаемого одной скважиной, должна приниматься его температура при дебите, определенном в соответствии с п.2.2.

2.4. За расчетную температуру геотермального теплоносителя,  $t'_T$  получаемого на термоводозаборе, имеющем две и более скважин, должна приниматься средневзвешенная температура термоводозабора, которую следует вычислять по формуле:

(1)

$$t'_T = \frac{t_{T1}G_{T1} + t_{T2}G_{T2} + \dots + t_{TK}G_{TK}}{G_{T1} + G_{T2} + \dots + G_{TK}},$$

где  $K$  — количество геотермальных скважин термоводозабора;  
 $t_{T1}, t_{T2}, \dots, t_{TK}$  — температуры на устьях скважин, °С;  $G_{T1}, G_{T2}, \dots, G_{TK}$  — дебиты геотермальных скважин, кг/с.

"Формула (1) Вычисление средневзвешенной температуры термоводозабора"

2.5. При разработке геотермальных систем теплоснабжения необходимо обеспечивать максимальное значение коэффициента их эффективности  $\eta_{геот}$  при одновременном минимальном удельном расходе геотермальной воды на единицу расчетной тепловой нагрузки.

2.6. Коэффициент эффективности геотермальной системы теплоснабжения  $\eta_{геот}$  должен определяться по формуле

(2)

$$\eta_{геот} = i Z \zeta (1 - d_{II}),$$

где  $i = \frac{t'_{TII} - t'_c}{t'_T - 5}$  — степень относительного срабатывания геотермальной системы теплоснабжения при расчетной температуре ратурного перепада;

"Формула (2) Определение коэффициента эффективности геотермальной системы теплоснабжения  $\eta_{геот}$ "

Обозначения в формулах [табл.1](#):

$T_{\text{сез.}}$  - продолжительность отопительного сезона, ч;  $\varphi_{\text{ср.от.}}$ ,  $\varphi_{\text{ср.вент.}}$  - средние за сезон коэффициенты отпуска теплоты для систем отопления и вентиляции, определяемые по формуле

$$\varphi_{\text{ср.}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н.ср.}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} \quad (3)$$

$t_{\text{в}}$  - температура воздуха в обслуживаемых помещениях, °С;  $t_{\text{н}}(')$  - расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления или вентиляции, °С;  $t_{\text{н.ср.}}$  - средняя за период работы систем отопления или вентиляции температура наружного воздуха, °С; среднее значение ( $\tau_{\text{скв}}$ ) - среднегодовой коэффициент использования скважин термоводозабора, представляющий отношение фактического годового отбора геотермальной воды к максимальному отбору, вычисляемому как произведение  $8500 \times G'_{\text{т}}$ , где  $G'_{\text{т}}$  - расчетный расход геотермального теплоносителя (см. п.2.2);  $T_{\text{п}}$  - продолжительность работы пикового догрева, ч.

Таблица 1

Т а б л и ц а 1

Потребители	Степень использования максимума нагрузки	Коэффициент использования термоводозабора
<p>Системы отопления:</p> <p>с зависимым присоединением к геотермальной тепловой сети</p> <p>с зависимым присоединением к сети и пиковым догревом</p>	$Z_{\text{от.}} = \frac{T_{\text{сез.}} \cdot \varphi_{\text{ср.от.}}}{8500}$ $Z_{\text{от.}} = \frac{T_{\text{сез.}} \cdot \varphi_{\text{ср.от.}}}{8500}$	$\bar{\tau}_{\text{скв.от.}} =$ $= Z_{\text{от.}} \cdot \frac{t'_{\text{т}} - t'_{\text{с}}}{(t'_{\text{т}} - t_{\text{н}} - 5) - \varphi_{\text{ср.от.}}(t'_{\text{с}} - t_{\text{в}} - 5)}$ $\bar{\tau}_{\text{скв.от.}} = \frac{T_{\text{п}}}{8500} + \frac{T_{\text{сез.}} - T_{\text{в}}}{8500} \times$ $\times \frac{\bar{\varphi}_{\text{от.}}(t'_{\text{т}} - t_{\text{сн.}})}{(t'_{\text{т}} - t_{\text{в}} - 5) - \bar{\varphi}_{\text{от.}}(t_{\text{оп.}} - t_{\text{в}} - 5)}$
<p>Системы вентиляции:</p> <p>с зависимым присоединением к геотермальной тепловой сети</p> <p>с зависимым присоединением к сети и пиковым догревом</p>	$Z_{\text{вент.}} = \frac{T_{\text{сез.}} \cdot \varphi_{\text{ср.вент.}}}{8500}$ $Z_{\text{вент.}} = \frac{T_{\text{сез.}} \cdot \varphi_{\text{ср.вент.}}}{8500}$	$\bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} =$ $= Z_{\text{вент.}} \cdot \frac{t'_{\text{т}} - t'_{\text{с}}}{(t'_{\text{т}} - t_{\text{в}}) - \varphi_{\text{ср.вент.}}(t'_{\text{с}} - t_{\text{в}})}$ $\bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} = \frac{T_{\text{п}}}{8500} + \frac{T_{\text{сез.}} - T_{\text{в}}}{8500} \times$ $\times \frac{\bar{\varphi}_{\text{вент.}}(t'_{\text{т}} - t_{\text{сн.}})}{(t'_{\text{т}} - t_{\text{в}}) - \bar{\varphi}_{\text{вент.}}(t_{\text{св.}} - t_{\text{в}})}$
Открытые системы горячего водоснабжения	$Z_{\text{ГВ}} = \frac{5500 + 0,35T_{\text{сез.}}}{8500}$	$\bar{\tau}_{\text{скв.ГВ}} = \frac{6800 + 0,2T_{\text{сез.}}}{8500}$

"Табл.1 Определение степени использования максимума нагрузки и коэффициента использования термоводозабора систем отопления"

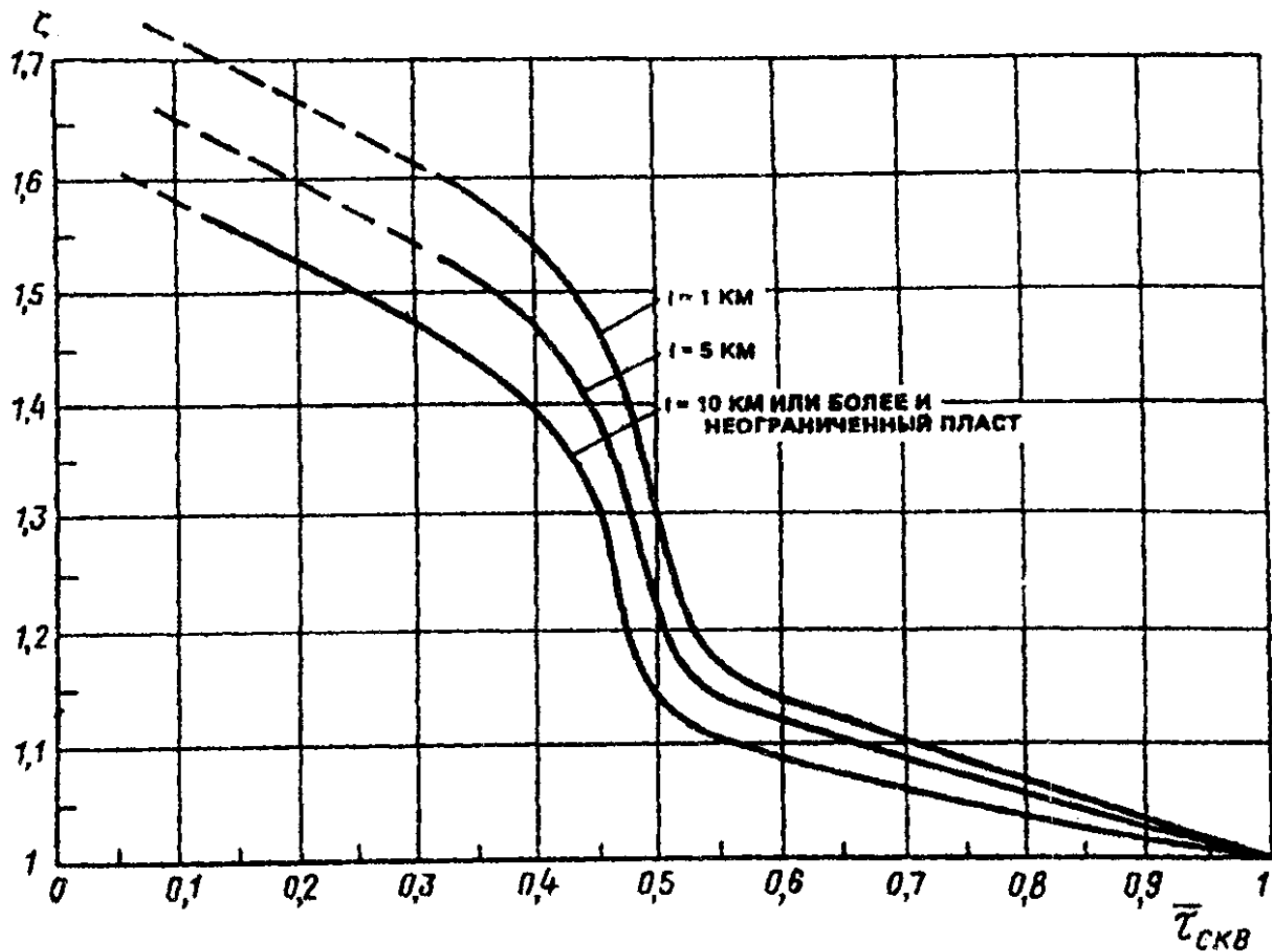


Рис. 1. Графики для определения степени относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора

"Рис.1. Графики для определения степени относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора"

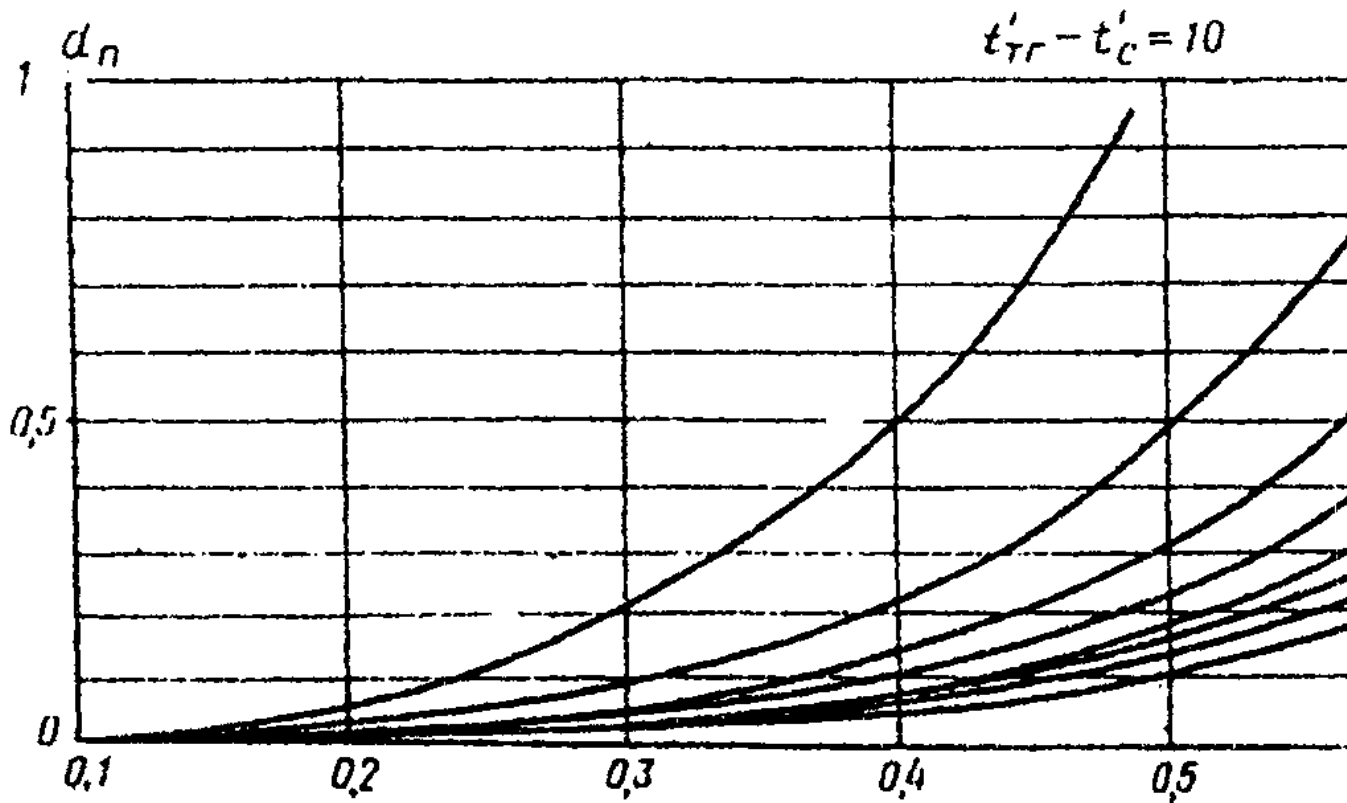


Рис. 2. Графики для определения доли пикового догрева

"Рис.2. Графики для определения доли пикового догрева при отоплении"

Величину  $T_p$ , сут., следует определять по климатологическим данным. В ориентировочных расчетах допускается использовать формулу

(4)

$$T_{\Pi} = \left( \frac{1 - \varphi_{\Pi}}{A} \right)^{1/B},$$

где  $A$  и  $B$  — эмпирические коэффициенты, определяемые соответственно по графикам на рис. 3 и 4;  $\bar{\varphi}_{\text{от.}}$  и  $\bar{\varphi}_{\text{вент.}}$  — относительные коэффициенты отпуска теплоты, средние за период работы с отключением пикового источника теплоты до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха, определяемые вы-

$$\bar{\varphi} = \varphi_{\text{н}} + \varphi_{\text{к}}/2\varphi_{\Pi},$$

$\varphi_{\text{н}}$ ,  $\varphi_{\text{к}}$  — коэффициенты отпуска теплоты, соответствующие отключению пикового догрева и окончания отопительного сезона. Центрировочные значения  $\varphi_{\Pi}$  допускается определять по форму-

для вентиляции  $\varphi_{\text{п.вент.}} = (t'_{\text{т}} - t_{\text{в}})/(t'_{\text{т.г}} - t_{\text{в}})$ ;  
 для отопления  $\varphi_{\text{п.от.}} = (t'_{\text{т}} - t_{\text{в}} - 5)/(t'_{\text{т.г}} - t_{\text{в}} - 5)$ ,  
 $t_{\text{сп.}}$  — температура сбросной геотермальной воды, соответ-

"Формула (4) Определение продолжительности работы пикового догрева"

$$T_{\Pi} = \left( \frac{1 - \varphi_{\Pi}}{A} \right)^{1/B},$$

где  $A$  и  $B$  — эмпирические коэффициенты, определяемые соответственно по графикам на рис. 3 и 4;  $\bar{\varphi}_{\text{от.}}$  и  $\bar{\varphi}_{\text{вент.}}$  — относительные коэффициенты отпуска теплоты, средние за период работы с отключения пикового источника теплоты до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха, определяемые вы-

$$\bar{\varphi} = \varphi_{\text{н}} + \varphi_{\text{к}}/2\varphi_{\Pi},$$

$\varphi_{\text{н}}$ ,  $\varphi_{\text{к}}$  — коэффициенты отпуска теплоты, соответствующие моменту отключения пикового догрева и окончания отопительного сезона. Ориентировочные значения  $\varphi_{\Pi}$  допускается определять по формулам:

для вентиляции  $\varphi_{\text{п.вент.}} = (t'_{\text{т}} - t_{\text{в}})/(t'_{\text{т.г}} - t_{\text{в}})$ ;  
 для отопления  $\varphi_{\text{п.от.}} = (t'_{\text{т}} - t_{\text{в}} - 5)/(t'_{\text{т.г}} - t_{\text{в}} - 5)$ ,  
 $t_{\text{сп.}}$  — температура сбросной геотермальной воды, соответствующая моменту отключения пикового источника теплоты до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха"

"Формула (5) Определение относительных коэффициентов отпуска теплоты, средних за период с момента отключения пикового источника теплоты до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха"

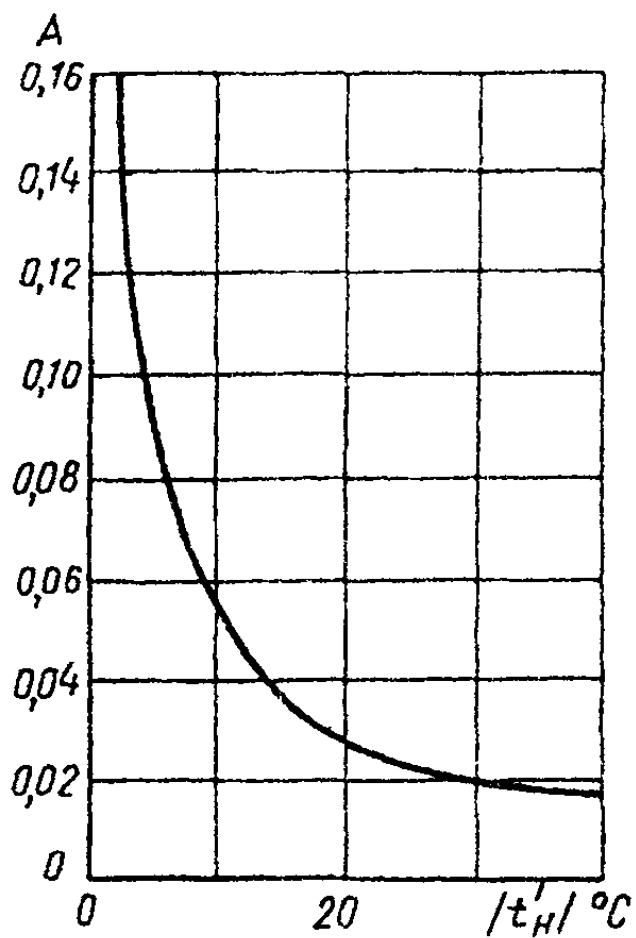


Рис. 3. Эмпирический коэффициент  $A$  для определения доли пикового догрева

"Рис.3. Эмпирический коэффициент  $A$  для определения доли пикового догрева"



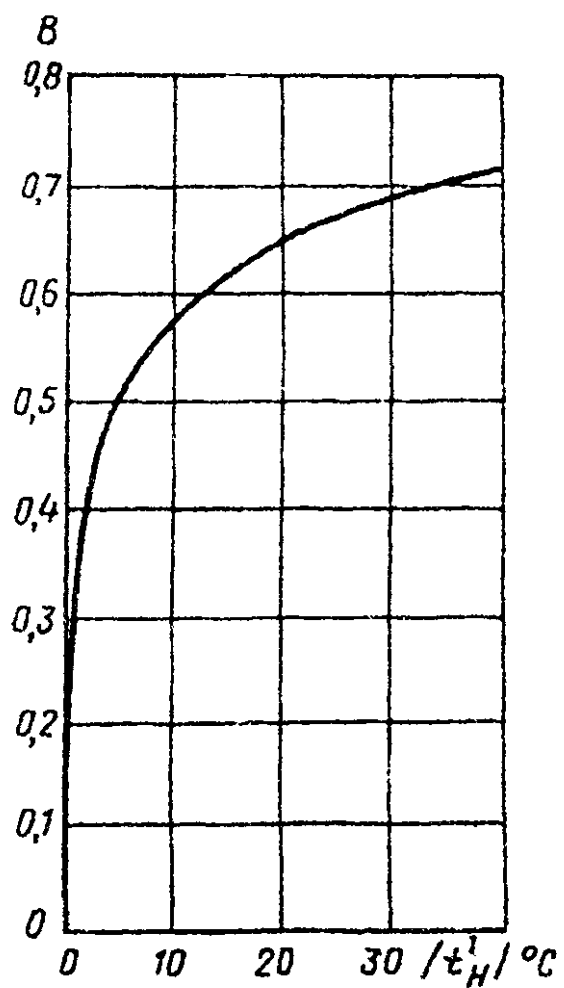


Рис. 4. Эмпирический коэффициент В для определения доли пикового догрева

"Рис.4. Эмпирический коэффициент В для определения доли пикового догрева"

$$T_{\Pi} = \left( \frac{1 - \varphi_{\Pi}}{A} \right)^{1/B},$$

где  $A$  и  $B$  — эмпирические коэффициенты, определяемые соответственно по графикам на рис. 3 и 4;  $\bar{\varphi}_{\text{от.}}$  и  $\bar{\varphi}_{\text{вент.}}$  — относительные коэффициенты отпуска теплоты, средние за период работы с отключением пикового источника теплоты до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха, определяемые вы-

$$\bar{\varphi} = \varphi_{\text{н}} + \varphi_{\text{к}}/2\varphi_{\Pi},$$

$\varphi_{\text{н}}$ ,  $\varphi_{\text{к}}$  — коэффициенты отпуска теплоты, соответствующие отключению пикового догрева и окончания отопительного сезона. Ориентировочные значения  $\varphi_{\Pi}$  допускается определять по формулам:

$$\begin{aligned} \text{для вентиляции } \varphi_{\Pi.\text{вент.}} &= (t'_{\text{т}} - t_{\text{в}})/(t'_{\text{т.г}} - t_{\text{в}}); \\ \text{для отопления } \varphi_{\Pi.\text{от.}} &= (t'_{\text{т}} - t_{\text{в}} - 5)/(t'_{\text{т.г}} - t_{\text{в}} - 5), \\ t_{\text{сп.}} &\text{ — температура сбросной геотермальной воды, соответствующая} \end{aligned}$$

"Формула (6) Определение ориентировочных значений коэффициента отпуска теплоты  $\varphi_{\Pi}$  для вентиляции"

$$T_{\Pi} = \left( \frac{1 - \varphi_{\Pi}}{A} \right)^{1/B},$$

где  $A$  и  $B$  — эмпирические коэффициенты, определяемые соответственно по графикам на рис. 3 и 4;  $\bar{\varphi}_{\text{от.}}$  и  $\bar{\varphi}_{\text{вент.}}$  — относительные коэффициенты отпуска теплоты, средние за период работы с отключением пикового источника теплоты до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха, определяемые вы-

$$\bar{\varphi} = \varphi_{\text{н}} + \varphi_{\text{к}}/2\varphi_{\Pi},$$

$\varphi_{\text{н}}$ ,  $\varphi_{\text{к}}$  — коэффициенты отпуска теплоты, соответствующие отключению пикового догрева и окончания отопительного сезона. Ориентировочные значения  $\varphi_{\Pi}$  допускается определять по формулам:

$$\begin{aligned} \text{для вентиляции } \varphi_{\Pi.\text{вент.}} &= (t'_{\text{Т}} - t_{\text{В}})/(t'_{\text{Т.Г}} - t_{\text{В}}); \\ \text{для отопления } \varphi_{\Pi.\text{от.}} &= (t'_{\text{Т}} - t_{\text{В}} - 5)/(t'_{\text{Т.Г}} - t_{\text{В}} - 5), \\ t_{\text{сп.}} &\text{ — температура сбросной геотермальной воды, соответствующая } \end{aligned}$$

"Формула (7) Определение ориентировочных значений коэффициента отпуска теплоты  $\varphi_{\Pi}$  для отопления"

**Примечания:**

1. В системах геотермального теплоснабжения с независимым присоединением систем отопления и вентиляции при определении величины  $i$  в числителе вместо  $t'_{\text{Т.Г}}$  следует подставлять разность  $(t'_{\text{Т.Г}} - \Delta t_{\text{т.о}})$ , где  $\Delta t_{\text{т.о}}$  - разность температур греющего и нагреваемого теплоносителя на "горячем конце" противоточного промежуточного теплообменника, принимаемая, как правило, 5 - 10°C.

2. Примеры определения величины  $\varphi_{\Pi}$  для различных геотермальных систем теплоснабжения приведены в рекомендуемом [прил.4](#).

2.7. Для объектов геотермального теплоснабжения, имеющих нагрузку отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, общий коэффициент  $\varphi_{\Pi(\text{об})}$  следует определять по формуле

$$\eta_{\text{геот}}^{\text{об}} = [\alpha i_{\text{от}} Z_{\text{от}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{от}}) + \beta i_{\text{вент.}} Z_{\text{вент.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{вент.}}) + \gamma i_{\text{г.в.}} Z_{\text{г.в.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{г.в.}})] \zeta_{\text{об}} \quad (8)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитываемые по формулам:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{от.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{от.}}}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{вент.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{вент.}}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{г.в.}}}, \quad (11)$$

где  $Q'_{\text{от.}}$ ,  $Q'_{\text{вент.}}$ ,  $Q'_{\text{г.в.}}$  — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг · °С);  $\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{вент.}}$ ,  $\delta t'_{\text{г.в.}}$  — расчетные перепады температур теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;  $G_{\text{т}}^{\text{уд}}$  — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, кг/Дж, который следует рассчитывать по формуле

$$G_{\text{т}}^{\text{уд}} = \frac{1}{c Q'_{\text{об.}}} \left( \frac{Q'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{от.}}} + \frac{Q'_{\text{вент.}}}{\delta t'_{\text{вент.}}} + \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{\delta t'_{\text{г.в.}}} \right), \quad (12)$$

$Q'_{\text{об.}} = Q'_{\text{от.}} + Q'_{\text{вент.}} + Q'_{\text{г.в.}}$  — общая тепловая нагрузка объекта геотермального теплоснабжения, Вт;  $\zeta_{\text{об.}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об.}})$  — степень относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора для объекта в целом, определяемая по графикам, изображенным на рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об.}} = \alpha \bar{\tau}_{\text{скв.от.}} + \beta \bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} + \gamma \bar{\tau}_{\text{скв.г.в.}}; \quad (13)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

"Формула (8) Определение общего коэффициента эта(об)\_геот. для объектов геотермального теплоснабжения, имеющих нагрузку отопления, вентиляции и горячего водоснабжения"

$$\eta_{\text{геот}}^{\text{об}} = [\alpha i_{\text{от}} Z_{\text{от}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{от}}) + \beta i_{\text{вент.}} Z_{\text{вент.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{вент.}}) + \gamma i_{\text{г.в.}} Z_{\text{г.в.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{гв}})] \zeta_{\text{об}} \quad (8)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитываемые по формулам:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{от.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{от.}}}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{вент.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{вент.}}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{г.в.}}}, \quad (11)$$

где  $Q'_{\text{от.}}$ ,  $Q'_{\text{вент.}}$ ,  $Q'_{\text{г.в.}}$  — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг · °С);  $\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{вент.}}$ ,  $\delta t'_{\text{г.в.}}$  — расчетные перепады температур теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;  $G_{\text{т}}^{\text{уд}}$  — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, кг/Дж, который следует рассчитывать по формуле

$$G_{\text{т}}^{\text{уд}} = \frac{1}{c Q'_{\text{об.}}} \left( \frac{Q'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{от.}}} + \frac{Q'_{\text{вент.}}}{\delta t'_{\text{вент.}}} + \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{\delta t'_{\text{г.в.}}} \right), \quad (12)$$

$Q'_{\text{об.}} = Q'_{\text{от.}} + Q'_{\text{вент.}} + Q'_{\text{г.в.}}$  — общая тепловая нагрузка объекта геотермального теплоснабжения, Вт;  $\zeta_{\text{об.}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об.}})$  — степень относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора для объекта в целом, определяемая по графикам, изображенным на рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об.}} = \alpha \bar{\tau}_{\text{скв.от.}} + \beta \bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} + \gamma \bar{\tau}_{\text{скв.г.в.}}; \quad (13)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

"Формула (9) Определение доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемой на отопление"

(10)

$$\eta_{\text{геот}}^{\text{об}} = [\alpha i_{\text{от}} Z_{\text{от}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{от}}) + \beta i_{\text{вент.}} Z_{\text{вент.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{вент.}}) + \gamma i_{\text{г.в.}} Z_{\text{г.в.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{г.в.}})] \zeta_{\text{об}} \quad (8)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитываемые по формулам:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{от.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{от.}}}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{вент.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{вент.}}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{г.в.}}}, \quad (11)$$

где  $Q'_{\text{от.}}$ ,  $Q'_{\text{вент.}}$ ,  $Q'_{\text{г.в.}}$  — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг · °С);  $\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{вент.}}$ ,  $\delta t'_{\text{г.в.}}$  — расчетные перепады температур теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;  $G_{\text{т}}^{\text{уд}}$  — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, кг/Дж, который следует рассчитывать по формуле

$$G_{\text{т}}^{\text{уд}} = \frac{1}{c Q'_{\text{об.}}} \left( \frac{Q'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{от.}}} + \frac{Q'_{\text{вент.}}}{\delta t'_{\text{вент.}}} + \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{\delta t'_{\text{г.в.}}} \right), \quad (12)$$

$Q'_{\text{об.}} = Q'_{\text{от.}} + Q'_{\text{вент.}} + Q'_{\text{г.в.}}$  — общая тепловая нагрузка объекта геотермального теплоснабжения, Вт;  $\zeta_{\text{об.}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об.}})$  — степень относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора для объекта в целом, определяемая по графикам, изображенным на рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об.}} = \alpha \bar{\tau}_{\text{скв.от.}} + \beta \bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} + \gamma \bar{\tau}_{\text{скв.г.в.}}; \quad (13)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

"Формула (10) Определение доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемой на вентиляцию"

(11)

$$\eta_{\text{геот}}^{\text{об}} = [\alpha i_{\text{от}} Z_{\text{от}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{от}}) + \beta i_{\text{вент.}} Z_{\text{вент.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{вент.}}) + \gamma i_{\text{г.в.}} Z_{\text{г.в.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{гв}})] \zeta_{\text{об}} \quad (8)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитываемые по формулам:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{от.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{от.}}}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{вент.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{вент.}}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{г.в.}}}, \quad (11)$$

где  $Q'_{\text{от.}}$ ,  $Q'_{\text{вент.}}$ ,  $Q'_{\text{г.в.}}$  — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг · °С);  $\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{вент.}}$ ,  $\delta t'_{\text{г.в.}}$  — расчетные перепады температур теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;  $G_{\text{т}}^{\text{уд}}$  — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, кг/Дж, который следует рассчитывать по формуле

$$G_{\text{т}}^{\text{уд}} = \frac{1}{c Q'_{\text{об.}}} \left( \frac{Q'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{от.}}} + \frac{Q'_{\text{вент.}}}{\delta t'_{\text{вент.}}} + \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{\delta t'_{\text{г.в.}}} \right), \quad (12)$$

$Q'_{\text{об.}} = Q'_{\text{от.}} + Q'_{\text{вент.}} + Q'_{\text{г.в.}}$  — общая тепловая нагрузка объекта геотермального теплоснабжения, Вт;  $\zeta_{\text{об.}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об.}})$  — степень относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора для объекта в целом, определяемая по графикам, изображенным на рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об.}} = \alpha \bar{\tau}_{\text{скв.от.}} + \beta \bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} + \gamma \bar{\tau}_{\text{скв.г.в.}}; \quad (13)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

"Формула (11) Определение доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемой на горячее водоснабжение"

$$\eta_{\text{геот}}^{\text{об}} = [\alpha i_{\text{от}} Z_{\text{от}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{от}}) + \beta i_{\text{вент.}} Z_{\text{вент.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{вент.}}) + \gamma i_{\text{г.в.}} Z_{\text{г.в.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{г.в.}})] \zeta_{\text{об}} \quad (8)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитываемые по формулам:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{от.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{от.}}}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{вент.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{вент.}}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{г.в.}}}, \quad (11)$$

где  $Q'_{\text{от.}}$ ,  $Q'_{\text{вент.}}$ ,  $Q'_{\text{г.в.}}$  — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг · °С);  $\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{вент.}}$ ,  $\delta t'_{\text{г.в.}}$  — расчетные перепады температур теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;  $G_{\text{т}}^{\text{уд}}$  — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, кг/Дж, который следует рассчитывать по формуле

$$G_{\text{т}}^{\text{уд}} = \frac{1}{c Q'_{\text{об.}}} \left( \frac{Q'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{от.}}} + \frac{Q'_{\text{вент.}}}{\delta t'_{\text{вент.}}} + \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{\delta t'_{\text{г.в.}}} \right), \quad (12)$$

$Q'_{\text{об.}} = Q'_{\text{от.}} + Q'_{\text{вент.}} + Q'_{\text{г.в.}}$  — общая тепловая нагрузка объекта геотермального теплоснабжения, Вт;  $\zeta_{\text{об.}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об.}})$  — степень относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора для объекта в целом, определяемая по графикам, изображенным на рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об.}} = \alpha \bar{\tau}_{\text{скв.от.}} + \beta \bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} + \gamma \bar{\tau}_{\text{скв.г.в.}}; \quad (13)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

"Формула (12) Определение удельного расхода геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта"

(13)



$$\eta_{\text{геот}}^{\text{об}} = [\alpha i_{\text{от}} Z_{\text{от}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{от}}) + \beta i_{\text{вент.}} Z_{\text{вент.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{вент.}}) + \gamma i_{\text{г.в.}} Z_{\text{г.в.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{гв}})] \zeta_{\text{об}} \quad (8)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитываемые по формулам:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{от.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{от.}}}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{вент.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{вент.}}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{г.в.}}}, \quad (11)$$

где  $Q'_{\text{от.}}$ ,  $Q'_{\text{вент.}}$ ,  $Q'_{\text{г.в.}}$  — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг · °С);  $\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{вент.}}$ ,  $\delta t'_{\text{г.в.}}$  — расчетные перепады температур теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;  $G_{\text{т}}^{\text{уд}}$  — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, кг/Дж, который следует рассчитывать по формуле

$$G_{\text{т}}^{\text{уд}} = \frac{1}{c Q'_{\text{об.}}} \left( \frac{Q'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{от.}}} + \frac{Q'_{\text{вент.}}}{\delta t'_{\text{вент.}}} + \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{\delta t'_{\text{г.в.}}} \right), \quad (12)$$

$Q'_{\text{об.}} = Q'_{\text{от.}} + Q'_{\text{вент.}} + Q'_{\text{г.в.}}$  — общая тепловая нагрузка объекта геотермального теплоснабжения, Вт;  $\zeta_{\text{об.}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об.}})$  — степень относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора для объекта в целом, определяемая по графикам, изображенным на рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об.}} = \alpha \bar{\tau}_{\text{скв.от.}} + \beta \bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} + \gamma \bar{\tau}_{\text{скв.г.в.}}; \quad (13)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

"Формула (13) Определение средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора"

(14)

$$\eta_{\text{геот}}^{\text{об}} = [\alpha i_{\text{от}} Z_{\text{от}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{от}}) + \beta i_{\text{вент.}} Z_{\text{вент.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{вент.}}) + \gamma i_{\text{г.в.}} Z_{\text{г.в.}} (1 - d_{\text{п}}^{\text{г.в.}})] \zeta_{\text{об}} \quad (8)$$

Здесь  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, рассчитываемые по формулам:

$$\alpha = \frac{Q'_{\text{от.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{от.}}}, \quad (9)$$

$$\beta = \frac{Q'_{\text{вент.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{вент.}}}, \quad (10)$$

$$\gamma = \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{c G_{\text{т}}^{\text{уд}} \delta t'_{\text{г.в.}}}, \quad (11)$$

где  $Q'_{\text{от.}}$ ,  $Q'_{\text{вент.}}$ ,  $Q'_{\text{г.в.}}$  — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, Вт;  $c$  — удельная теплоемкость теплоносителя, Дж/(кг · °С);  $\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{вент.}}$ ,  $\delta t'_{\text{г.в.}}$  — расчетные перепады температур теплоносителя в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С;  $G_{\text{т}}^{\text{уд}}$  — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на единицу расчетной тепловой нагрузки объекта, кг/Дж, который следует рассчитывать по формуле

$$G_{\text{т}}^{\text{уд}} = \frac{1}{c Q'_{\text{об.}}} \left( \frac{Q'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{от.}}} + \frac{Q'_{\text{вент.}}}{\delta t'_{\text{вент.}}} + \frac{Q'_{\text{г.в.}}}{\delta t'_{\text{г.в.}}} \right), \quad (12)$$

$Q'_{\text{об.}} = Q'_{\text{от.}} + Q'_{\text{вент.}} + Q'_{\text{г.в.}}$  — общая тепловая нагрузка объекта геотермального теплоснабжения, Вт;  $\zeta_{\text{об.}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об.}})$  — степень относительного увеличения расчетного дебита термоводозабора для объекта в целом, определяемая по графикам, изображенным на рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования термоводозабора:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об.}} = \alpha \bar{\tau}_{\text{скв.от.}} + \beta \bar{\tau}_{\text{скв.вент.}} + \gamma \bar{\tau}_{\text{скв.г.в.}}; \quad (13)$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \quad (14)$$

"Формула (14)"

**Примечание.** Графики на [рис.1](#) следует применять во всем диапазоне теплотехнических и гидрогеологических факторов для двух гидродинамических схем - неограниченного и полугограниченного пластов с нулевым расходом на контуре.

2.8. Повышенные значения коэффициента эффективности эта\_геот. и сокращение удельного расхода геотермальной воды следует обеспечивать путем использования систем отопления с увеличенным расчетным перепадом температур теплоносителя, пикового догрева, тепловых насосов, комплексного использования геотермального теплоносителя с последовательным присоединением разнородных потребителей, предпочтительным использованием геотермальной теплоты на горячее водоснабжение, систем воздушного отопления, сезонных потребителей геотермальных вод. Указанные способы могут комбинироваться.

2.9. В южных районах страны геотермальную воду, используемую зимой на отопление, в летний период допускается использовать для выработки холода.

2.10. С уменьшением тепловой нагрузки отопления, как правило, следует предусматривать использование высвобождающейся геотермальной теплоты в плавательных бассейнах, банях, прачечных и т.п.

2.11. При использовании в бальнеологических целях геотермальных вод, имеющих температуру выше 50°С, их охлаждение до необходимых в бальнеологии температур допускается производить в закрытых системах теплоснабжения зданий.

2.12. При технико-экономических расчетах в качестве базисного следует принимать вариант, обеспечивающий покрытие заданной тепловой нагрузки традиционной системой с учетом реальных условий и ближайших перспектив развития теплоснабжения данного населенного пункта.

2.13. Сравнение вариантов традиционной и геотермальной систем теплоснабжения, различающихся продолжительностью строительства (свыше 1 года) или распределением капитальных вложений по годам строительства, следует производить приведением капитальных вложений более поздних лет к базисному году.

2.14. Приведение капитальных вложений,  $K_{пр}$ , осуществляемых в разные сроки, и текущих затрат, изменяющихся во времени, следует производить по формуле

$$K_{пр. T} = K_T [1 / (1 + E_{н.п.})^T], \quad (15)$$

где  $K_T$  - затраты в T-м году; T - период времени приведения в годах, принимаемый равным разности между годом T и базисным годом, к которому производится приведение затрат. При этом затраты базисного года строительства приведению не подлежат;  $E_{н.п.} = 0,1$  - норматив для приведения разновременных затрат.

2.15. В геотермальных системах теплоснабжения с расчетным сроком службы 20 лет приведение затрат по вариантам согласно требованиям [п.2.14](#) настоящих Норм производится с учетом всего срока службы этих систем.

2.16. Сопоставимость базисного варианта с геотермальной системой теплоснабжения, обеспечивающей частичное покрытие расчетной тепловой нагрузки, производится введением экономических показателей традиционной системы, рассчитываемых с учетом разности тепловых нагрузок

$$\text{Дельта}Q = Q_{об.} - Q_{геот.}, \quad (16)$$

где  $Q_{об.}$  - общая расчетная тепловая нагрузка всех потребителей, МВт (см. [п.2.7](#));  $Q_{геот.}$  - расчетная нагрузка, обеспечиваемая геотермальной системой теплоснабжения, МВт.

Аналогично должно производиться сравнение вариантов геотермальных систем теплоснабжения с различными показателями тепловых нагрузок.

2.17. При наличии в сравниваемых вариантах систем элементов, имеющих равные показатели капитальных вложений и эксплуатационных расходов, расчет показателей приведенных затрат по этим вариантам допускается производить на "разность" (расчет "нетто"), т.е. с исключением из расчета указанных элементов.

2.18. Дополнительную экономию тепловой энергии при комплексном использовании [термоводозабора](#) (например, при наличии сезонных потребителей геотермальной воды) в технико-экономическом расчете следует учитывать соответствующим увеличением эксплуатационных затрат в базисном варианте.

2.19. При технико-экономическом сравнении геотермального и базисного вариантов системы теплоснабжения следует учитывать экономию водопроводной воды в случае использования геотермальной воды на соответствующие нужды.

2.20. Амортизационные отчисления на реновацию по тем элементам систем геотермального теплоснабжения, которые за пределами расчетного срока функционирования геотермальных скважин не могут быть использованы, следует определять с учетом этого срока.

2.21. В технико-экономических расчетах должна учитываться необходимость расширения или нового строительства сооружений для обработки отработанной геотермальной воды перед ее сбросом или обратной закачкой.

### 3. Схемы и оборудование геотермальных систем теплоснабжения

3.1. Принципиальные схемы геотермальных систем теплоснабжения должны выбираться с учетом температуры и химического состава геотермального теплоносителя, характера возможного потребления геотермальной теплоты, условий сброса отработанной геотермальной воды, наличия источника питьевой воды, взаимного расположения [термоводозабора](#), потребителя, места сброса и источника воды питьевого качества, а также расстояний между ними (см. обязательное [прил.1](#) и рекомендуемое [прил.3](#)).

3.2. Оборудование геотермальных систем теплоснабжения должно выбираться с учетом данных по химическому и газовому составам геотермального теплоносителя, а также испытаний его на агрессивность и склонность к отложению солей (см. рекомендуемое [прил.3](#)).

3.3. В качестве исходных данных по запасам, физическим и химическим свойствам геотермального теплоносителя следует принимать данные, полученные от организаций, эксплуатирующих термоводозабор или производивших разведку [месторождения геотермальных вод](#).

3.4. На термоводозаборе, как правило, следует предусматривать сборную емкость геотермальной воды, установку которой, а также прокладку сборных тепловых сетей следует производить с учетом рельефа местности и допустимой величины противодавления.

3.5. Избыточное давление скважин, как правило, следует использовать только для подачи геотермального теплоносителя в сборную емкость. Подача его потребителю должна производиться насосами.

При отсутствии гидрогеологических противопоказаний допускается использовать избыточное давление скважин для осуществления циркуляции геотермального теплоносителя в тепловой сети.

3.6. Объем сборной емкости следует, как правило, принимать в размере не менее 1 часового дебита термоводозабора.

3.7. При эксплуатации термоводозабора в режиме обратной закачки принципиальная схема системы геотермального теплоснабжения должна обеспечивать возврат, как правило, всего объема добытой геотермальной воды на [насосную станцию обратной закачки](#) после использования ее теплового потенциала.

3.8. Температура и качество геотермальной воды, поступающей на насосную станцию обратной закачки после использования, должны быть согласованы с организацией, эксплуатирующей термоводозабор.

3.9. Сброс отработанных геотермальных вод в открытые водоемы после использования их теплового потенциала должен производиться в соответствии с требованиями "Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами".

3.10. При проектировании сбросных трубопроводов следует обеспечивать предотвращение замерзания сбросной геотермальной воды при транспортировании.

3.11. При проектировании систем геотермального теплоснабжения необходимо учитывать охлаждение теплоносителя при транспортировании до потребителя.

3.12. При соответствии слаботермального и термального (см. справочное [прил.2](#)), геотермального теплоносителя требованиям действующих норм на воду питьевую допускается создание однотрубных открытых систем горячего водоснабжения зданий и обеспечением отопления их от другого источника теплоты (см. рекомендуемое [прил.3](#)).

3.13. Геотермальные системы теплоснабжения на базе месторождений высокотермальных и перегретых вод (см. справочное [прил.2](#)) питьевого качества должны, как правило, представлять собой однотрубную открытую систему теплоснабжения с зависимым присоединением отопления (см. рекомендуемое [прил.3](#)).

3.14. При использовании природных теплоносителей непитьевого качества следует, как правило, применять закрытые геотермальные системы теплоснабжения с зависимым или независимым присоединением систем отопления. При этом для размещения теплообменного оборудования системы теплоснабжения должны включать центральные геотермальные тепловые пункты (ЦТПГ).

3.15. Проектирование ЦТПГ должно производиться в соответствии с требованиями СНиП 2.04.07-86 "Тепловые сети. Нормы проектирования".

3.16. ЦТПГ следует размещать таким образом, чтобы до минимума сократить протяженность трубопроводов, по которым циркулирует геотермальный теплоноситель.

3.17. При сбросе отработанной геотермальной воды близ термоводозабора или эксплуатации последнего методом обратной закачки ЦТПГ следует размещать в непосредственной близости от термоводозабора. При этом распределительная тепловая сеть негеотермального теплоносителя должна быть, как правило, двухтрубной. При обосновании допускается применение четырехтрубных распределительных сетей.

3.18. При отсутствии обратной закачки и размещении места сброса отработанной геотермальной воды вблизи потребителя допускается размещать ЦТПГ в непосредственной близости от последнего. При этом транзитная (магистральная) тепловая сеть геотермального теплоносителя, как правило, должна быть однотрубной, а распределительная тепловая сеть - четырехтрубной.

3.19. Термоводозаборы открытых геотермальных систем теплоснабжения должны иметь обустройство и зону санитарной охраны в соответствии с требованиями СНиПа по проектированию наружных сетей и сооружений водоснабжения.

3.20. Не допускается проектирование открытых геотермальных систем теплоснабжения в том случае, когда геотермальная вода способна оставлять осадок, портящий эстетический вид поверхности ванн, раковин и другого санитарно-технического оборудования.

3.21. Технические решения открытых геотермальных систем теплоснабжения необходимо согласовывать с органами санитарного надзора. Этими же органами при необходимости должны определяться меры по улучшению качества геотермального теплоносителя, подаваемого на водоразбор, а также методы и периодичность контроля их качества.

3.22. В геотермальных системах горячего водоснабжения допускается пониженная температура теплоносителя в точках водоразбора (но не ниже 45°C) при условии соответствия показателей этого теплоносителя нормам питьевой воды.

3.23. При наличии (или проектировании) геотермальных систем теплоснабжения тепличных комбинатов, расположенных вблизи населенных мест, следует, как правило, использовать комплексную схему, обеспечивающую полностью или частично тепловые нагрузки коммунальных и промышленных потребителей (см. рекомендуемое [прил.3](#)).

3.24. При повышенной коррозионной активности и склонности к солеотложениям геотермального теплоносителя следует применять коррозионно-стойкое оборудование, а также реагентные и другие методы обработки геотермальной воды.

3.25. Применение коррозионно-стойких материалов, а также химических реагентов для антикоррозионной и антинакипной обработки геотермальной воды открытых систем теплоснабжения должно быть согласовано с органами санитарного надзора.

3.26. Выбор оборудования геотермальных систем теплоснабжения следует, как правило, производить в соответствии с рекомендациями, изложенными в справочном [прил.3](#).

3.27. Конструкции элементов геотермальных систем теплоснабжения, как правило, должны исключать контакт геотермальной воды с атмосферным воздухом. Такой контакт допускается при обосновании с учетом возможного повышения при этом коррозионной агрессивности геотермальной воды.

3.28. Опорожнение геотермальных систем теплоснабжения или их элементов должно производиться на минимально необходимое для производства ремонтных работ время.

3.29. На обратных трубопроводах геотермальной воды систем теплоснабжения следует предусматривать устройства, обеспечивающие поддержание статического давления во всех точках системы, исключающих ее непредусмотренное опорожнение.

3.30. Качество геотермального теплоносителя, поступающего на догрев в водогрейные котлы, должно соответствовать действующим нормам проектирования котельных установок.

3.31. Догрев геотермального теплоносителя, не соответствующего действующим нормам проектирования котельных установок, должен производиться в теплообменных аппаратах.

3.32. Допускается использовать теплонасосные установки, утилизирующие теплоту сбросной геотермальной воды, в качестве пиковых источников теплоты.

3.33. Срок службы систем геотермального теплоснабжения должен устанавливаться равным не менее 20 лет. При экономическом обосновании допускается предусматривать замену отдельных узлов и элементов геотермальных систем теплоснабжения по истечении срока службы менее 20 лет.

#### 4. Тепловой расчет геотермальных систем отопления и охлаждения

4.1. Технические решения геотермальных систем отопления должны обеспечивать возможно более глубокое срабатывание теплового потенциала геотермального теплоносителя, что достигается созданием повышенного расчетного перепада его температур, характеризующегося высоким (близким к 1) значением расчетного коэффициента степени срабатывания теплового потенциала теплоносителя  $\tau_{ay}'$ , который следует вычислять по формуле

$$\tau_{ay}' = (t''_{\Gamma} - t''_{\text{O}}) / (t''_{\Gamma} - t_{\text{B}}), \quad (17)$$

где  $t''_{\Gamma}$ ,  $t''_{\text{O}}$ ,  $t_{\text{B}}$  - расчетные температуры горячей, обратной воды отопительного прибора и внутреннего воздуха, °C.

4.2. При использовании радиаторов или конвекторов требования [п.4.1](#) следует выполнять путем максимально возможного по технико-экономическим, эстетическим и конструктивным соображениям увеличения поверхности этих приборов.

4.3. В геотермальных системах отопления следует, как правило, применять отопительные приборы повышенных теплоплотностей: "Универсал С", "Универсал О", радиаторы МС 140-108 и другие, имеющие такую же или большую теплоплотность. Применение приборов с меньшей теплоплотностью допускается при обосновании.

4.4. Подбор отопительных приборов, устанавливаемых в помещениях, следует выполнять по формуле

(18)

$$Q_H = Q / (\Delta t_{ст}^m \bar{G}_H^p), \quad (18)$$

где  $Q$  — расчетная тепловая мощность отопительного прибора, Вт;  
 $Q_H$  — требуемый номинальный тепловой поток отопительных приборов, устанавливаемых в данном помещении, Вт;

$$\Delta \bar{t}_{ст} = \Delta t_{ст} / 70 \quad (19)$$

относительный безразмерный среднестепенной температурный напор отопительного прибора;

$$\Delta t_{ст} = \left[ \frac{n(\theta_1 - \theta_2)}{\theta_2^{-n} - \theta_1^{-n}} \right]^{\frac{1}{n+1}} \quad (20)$$

расчетный среднестепенной температурный напор отопительного прибора, °С;

$\theta_1 = t''_r - t_b$  — расчетный температурный напор на входе в отопительный прибор, °С;

$\theta_2 = t''_o - t_b$  — расчетный температурный напор на выходе из отопительного прибора, °С;

$n = m - 1$  — показатель степени, характерный для каждого типа отопительных приборов;

$m$  — паспортный показатель степени для расчета данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем (выбирается по справочным данным);

$$\bar{G}_H = G_H / 0,1 \quad (21)$$

относительный безразмерный расход теплоносителя через отопительный прибор;

$G_H$  — расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/с;

$P$  — паспортный показатель степени для данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем при  $G_H \geq 0.025$  кг/с.

"Формула (18) Подбор отопительных приборов, устанавливаемых в помещениях"

(19)

$$Q_n = Q / (\Delta \hat{t}_{ст}^m \bar{G}_n^p), \quad (18)$$

где  $Q$  — расчетная тепловая мощность отопительного прибора, Вт;  
 $Q_n$  — требуемый номинальный тепловой поток отопительных приборов, устанавливаемых в данном помещении, Вт;

$$\Delta \bar{t}_{ст} = \Delta \hat{t}_{ст} / 70 — \quad (19)$$

относительный безразмерный среднестепенной температурный напор отопительного прибора;

$$\Delta t_{ст} = \left[ \frac{n(\theta_1 - \theta_2)}{\theta_2^{-n} - \theta_1^{-n}} \right]^{\frac{1}{n+1}} — \quad (20)$$

расчетный среднестепенной температурный напор отопительного прибора, °С;

$\theta_1 = t''_r - t_b$  — расчетный температурный напор на входе в отопительный прибор, °С;

$\theta_2 = t''_o - t_b$  — расчетный температурный напор на выходе из отопительного прибора, °С;

$n = m - 1$  — показатель степени, характерный для каждого типа отопительных приборов;

$m$  — паспортный показатель степени для расчета данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем (выбирается по справочным данным);

$$\bar{G}_n = G_n / 0,1 — \quad (21)$$

относительный безразмерный расход теплоносителя через отопительный прибор;

$G_n$  — расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/с;

$P$  — паспортный показатель степени для данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем при  $G_n \geq 0.025$  кг/с.

"Формула (19) Относительный безразмерный среднестепенной температурный напор отопительного прибора"

(20)

$$Q_n = Q / (\Delta \hat{t}_{ct}^m \bar{G}_n^p), \quad (18)$$

где  $Q$  — расчетная тепловая мощность отопительного прибора, Вт;  
 $Q_n$  — требуемый номинальный тепловой поток отопительных приборов, устанавливаемых в данном помещении, Вт;

$$\Delta \bar{t}_{ct} = \Delta \hat{t}_{ct} / 70 \quad (19)$$

относительный безразмерный среднестепенной температурный напор отопительного прибора;

$$\Delta \hat{t}_{ct} = \left[ \frac{n(\theta_1 - \theta_2)}{\theta_2^{-n} - \theta_1^{-n}} \right]^{\frac{1}{n+1}} \quad (20)$$

расчетный среднестепенной температурный напор отопительного прибора, °С;

$\theta_1 = t_r'' - t_b$  — расчетный температурный напор на входе в отопительный прибор, °С;

$\theta_2 = t_o'' - t_b$  — расчетный температурный напор на выходе из отопительного прибора, °С;

$n = m - 1$  — показатель степени, характерный для каждого типа отопительных приборов;

$m$  — паспортный показатель степени для расчета данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем (выбирается по справочным данным);

$$\bar{G}_n = G_n / 0,1 \quad (21)$$

относительный безразмерный расход теплоносителя через отопительный прибор;

$G_n$  — расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/с;

$P$  — паспортный показатель степени для данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем при  $G_n \geq 0.025$  кг/с.

"Формула (20) Расчетный среднестепенной температурный напор отопительного прибора"



$$Q_n = Q / (\Delta \hat{t}_{ст}^m \bar{G}_n^p), \quad (18)$$

где  $Q$  — расчетная тепловая мощность отопительного прибора, Вт;  
 $Q_n$  — требуемый номинальный тепловой поток отопительных приборов, устанавливаемых в данном помещении, Вт;

$$\Delta \bar{t}_{ст} = \Delta \hat{t}_{ст} / 70 — \quad (19)$$

относительный безразмерный среднестепенной температурный напор отопительного прибора;

$$\Delta \hat{t}_{ст} = \left[ \frac{n(\theta_1 - \theta_2)}{\theta_2^{-n} - \theta_1^{-n}} \right]^{\frac{1}{n+1}} — \quad (20)$$

расчетный среднестепенной температурный напор отопительного прибора, °С;

$\theta_1 = t''_r - t_b$  — расчетный температурный напор на входе в отопительный прибор, °С;

$\theta_2 = t''_o - t_b$  — расчетный температурный напор на выходе из отопительного прибора, °С;

$n = m - 1$  — показатель степени, характерный для каждого типа отопительных приборов;

$m$  — паспортный показатель степени для расчета данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем (выбирается по справочным данным);

$$\bar{G}_n = G_n / 0,1 — \quad (21)$$

относительный безразмерный расход теплоносителя через отопительный прибор;

$G_n$  — расход теплоносителя через отопительный прибор, кг/с;

$P$  — паспортный показатель степени для данного типа отопительных приборов, определенный опытным путем при  $G_n \geq 0.025$  кг/с.

"Формула (21) Относительный безразмерный расход теплоносителя через отопительный прибор"

4.5. При  $\tau_{ay}' \leq 0,4$  допускается пользоваться расчетной формулой для традиционных систем отопления вида

(22)

$$Q_{\Pi} = Q / (\Delta \bar{t}_{\text{ар}}^m \bar{G}_{\Pi}^{\text{пр}}),$$

где  $\Delta \bar{t}_{\text{ар}}^m = \frac{1}{70} \left( \frac{t_{\Gamma}'' + t_0''}{2} - t_{\text{в}} \right)$  — относительный среднеарифметический температурный напор.

При этом когда  $G_{\Pi} < 0,025$  кг/с, номинальный тепловой поток выбранного типоразмера отопительного прибора  $Q_{\text{н}}^{\text{пр}}$  следует вычислять с помощью вычисления по формуле

$$Q_{\text{н}}^{\text{пр}} = Q_{\text{н}_1}^{\text{пр}} \cdot 0,25^{P_1 - P_2},$$

где  $Q_{\text{н}_1}^{\text{пр}}$  — паспортный номинальный тепловой поток данного типоразмера отопительного прибора при  $G_{\Pi} \geq 0,025$  кг/с;  $P_1$  и  $P_2$  — паспортные показатели степени при  $G \geq 0,025$  и  $G_{\Pi} < 0,025$  кг/с (табл. 5).

"Формула (22) Для традиционных систем отопления"

$$Q_{\Pi} = Q / (\Delta \bar{t}_{\text{ар}}^m \bar{G}_{\Pi}^{\text{пр}}),$$

где  $\Delta \bar{t}_{\text{ар}}^m = \frac{1}{70} \left( \frac{t_{\Gamma}'' + t_{\text{о}}''}{2} - t_{\text{в}} \right)$  — относительный среднеарифметический температурный напор.

При этом когда  $G_{\Pi} < 0,025$  кг/с, номинальный тепловой поток выбранного типоразмера отопительного прибора  $Q_{\text{н}}^{\text{пр}}$  следует вычислять с помощью вычисления по формуле

$$Q_{\text{н}}^{\text{пр}} = Q_{\text{н}_1}^{\text{пр}} \cdot 0,25^{P_1 - P_2},$$

где  $Q_{\text{н}_1}^{\text{пр}}$  — паспортный номинальный тепловой поток данного типоразмера отопительного прибора при  $G_{\Pi} \geq 0,025$  кг/с;  $P_1$  и  $P_2$  — паспортные показатели степени при  $G \geq 0,025$  и  $G_{\Pi} < 0,025$  кг/с (табл. 5).

"Формула (23) Относительный среднетемпературный напор"

$$Q_{\Pi} = Q / (\Delta \bar{t}_{\text{ар}}^m \bar{G}_{\Pi}^p),$$

где  $\Delta \bar{t}_{\text{ар}}^m = \frac{1}{70} \left( \frac{t_r'' + t_o''}{2} - t_{\text{в}} \right)$  — относительный среднеарифметический температурный напор.

При этом когда  $G_{\Pi} < 0,025$  кг/с, номинальный тепловой поток выбранного типоразмера отопительного прибора  $Q_{\text{н}}^{\text{пр}}$  следует вычислять с помощью вычисления по формуле

$$Q_{\text{н}}^{\text{пр}} = Q_{\text{н}_1}^{\text{пр}} \cdot 0,25^{P_1 - P_2},$$

где  $Q_{\text{н}_1}^{\text{пр}}$  — паспортный номинальный тепловой поток выбранного типоразмера отопительного прибора при  $G_{\Pi} \geq 0,025$  кг/с;  $P_1$  и  $P_2$  — паспортные показатели степени при  $G \geq 0,025$  и  $G_{\Pi} < 0,025$  кг/с, мер см. в обязательном прил. 5).

"Формула (24) Вычисление номинального теплового потока выбранного типоразмера отопительного прибора"

4.6. В геотермальных системах отопления, имеющих зависимое присоединение к тепловой сети, на расчетный размер устанавливаемых отопительных приборов допускается вводить коэффициенты, равные: для радиаторов - 1,02 - 1,03, для конвекторов - 1,05 - 1,1, учитывающие возможное ухудшение теплопередачи из-за солеотложения. При отсутствии данных для обоснованного выбора величины этих коэффициентов следует принимать их максимальные значения.

4.7. При гидравлическом расчете трубопроводов систем отопления, имеющих зависимое присоединение к геотермальной тепловой сети, значение коэффициента эквивалентной шероховатости следует принимать равным 0,5 мм.

На расчетные потери давления в таких системах допускается вводить коэффициент 1,1 - 1,5, учитывающий возможное зарастание трубопроводов. При отсутствии данных для обоснованного выбора величины этого коэффициента следует принимать его максимальную величину (1,5), а на вводе системы предусматривать установку арматуры для гашения избыточного давления.

4.8. При проектировании систем отопления, присоединяемых к геотермальным тепловым сетям по зависимой схеме, следует предусматривать:

возможность отдельной продувки каждого участка (стояка, ветви);  
минимальное количество резьбовых соединений.

4.9. В зависимых геотермальных системах отопления при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применение труб и отопительных приборов из цветных металлов, коррозионно-стойких сплавов с антикоррозионными покрытиями, а также неметаллических труб и отопительных приборов.

4.10. Геотермальные системы отопления, как правило, следует проектировать однотрубными по бифилярной схеме или двухтрубными.

4.11. При температурах геотермального теплоносителя ниже 60°C следует, как правило, применять потолочно-напольные радиационные системы отопления.

4.12. Перевод существующих систем отопления на геотермальный источник теплоты должен производиться с перерасчетом и конструктивным изменением элементов этих систем в соответствии с требованиями [пунктов 4.1 - 4.11](#) настоящих Норм.

4.13. Для охлаждения помещений жилых и общественных зданий в теплый период года в районах с сухим жарким климатом допускается применять комбинированные потолочно-напольные системы радиационного отопления - охлаждения, присоединяемые к системам геотермального теплоснабжения с тепловыми насосами.

4.14. Выбор минимальных температур хладоносителя для радиационных систем охлаждения производится по графику [рис.5](#).

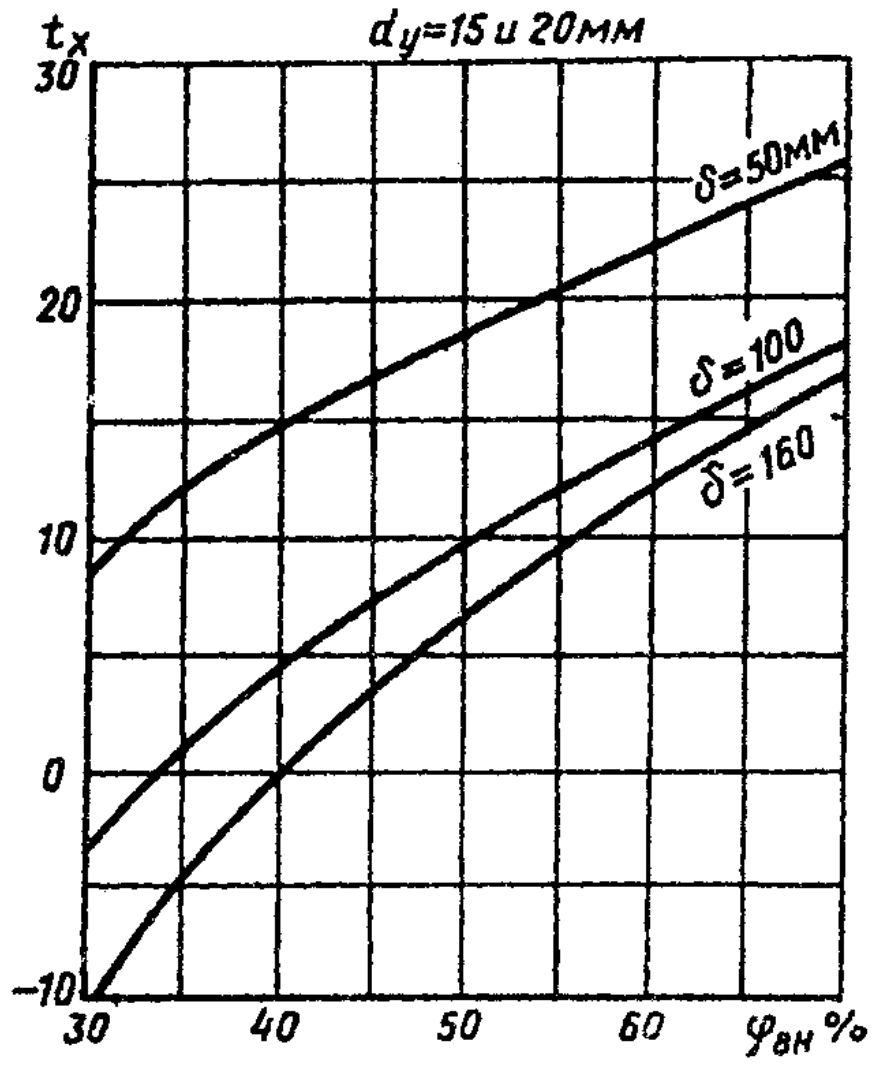


Рис. 5. Зависимость температуры хладоносителя от относительной влажности внутреннего воздуха φ<sub>вн</sub>.  
 $d_y$  — условный диаметр по нейтральной оси  
 $\delta$  — толщина слоя  
 перечислены трубы, м

"Рис. 5. Зависимость температуры хладоносителя от относительной влажности внутреннего воздуха"

4.15. Допустимая по гигиеническим требованиям средняя температура охлаждающей поверхности потолка  $t_{пов.}$  должна определяться по формуле

$$t_{пов.} \geq 23 - \frac{5}{\phi_{обл.}}, \tag{25}$$

где  $\phi_{обл.}$  - коэффициент облученности панели со стороны человека.

4.16. Значение коэффициента облучения панели со стороны человека  $\phi_{обл.}$  следует определять по формуле:

$$\phi_{обл.} = 1 - 0,8 \left( \frac{\Delta t_{пав}}{1} \right), \tag{26}$$

где  $\Delta h = (h_{\text{пом.}} - 1,7)$ , м;  $h_{\text{пом.}}$  - высота помещения от пола до потолка, м;  $l_{\text{ср.}}$  - средний размер охлаждающей панели, равный корню квадратному из ее площади, м.

4.17. Определение средней температуры охлаждающей поверхности потолка следует производить по графику на [рис.6](#).

4.18. Выбор расчетной температуры теплоносителя для радиационных систем потолочно-напольного отопления - охлаждения в зависимости от температуры хладоносителя и тепловых нагрузок следует производить по графику на [рис.7](#).

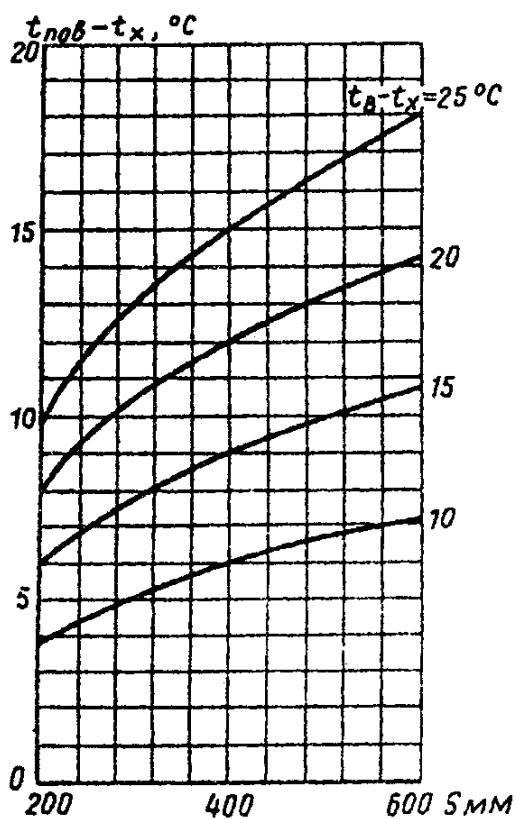


Рис. 6. Температура охлажденной поверхности

$S$  — шаг замоноличенных труб, мм;  $t_{\text{в}}$ ,  $t_{\text{х}}$  — температуры внутреннего воздуха и хладоносителя соответственно;  $t_{\text{пов}}$  — температура поверхности

"Рис.6. Температура охлажденной поверхности"

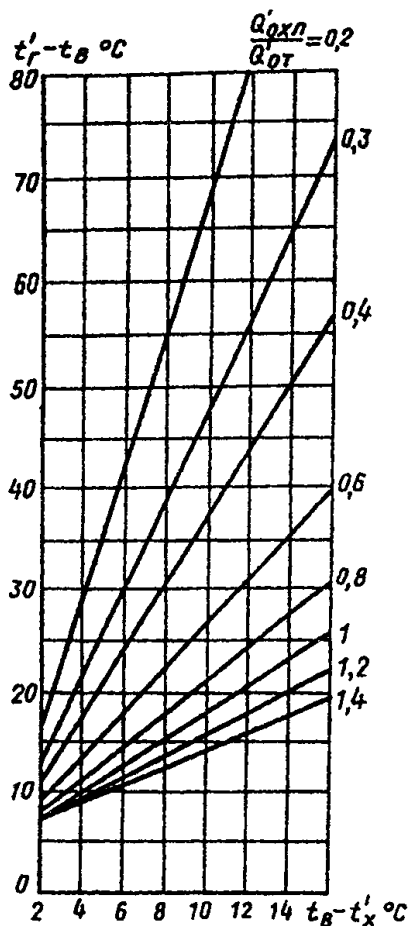


Рис. 7. Зависимость температуры теплоносителя от температуры хладоносителя и соотношения холодо- и теплонагрузок для радиационных систем отопления

"Рис.7. Зависимость температуры теплоносителя от температуры хладоносителя и соотношения холодо- и теплонагрузок для радиационных систем отопления"

4.19. Относительное увеличение расчетных потерь давления  $\psi_{\text{л}}$  в радиационных системах отопления - охлаждения при работе их в режиме охлаждения следует определять по формуле

$$\psi_{\text{л}} = \left( \frac{Q'_{\text{охл.}}}{Q'_{\text{от.}}} \frac{\delta t'_{\text{от.}}}{\delta t'_{\text{охл.}}} \right)^2,$$

где  $Q'_{\text{от.}}$  и  $Q'_{\text{охл.}}$  — тепловые нагрузки в режиме отопления, Вт;

$\delta t'_{\text{от.}}$ ,  $\delta t'_{\text{охл.}}$  — расчетные перепады температур в системе отопления и охлаждения соответственно, °С.

"Формула (27) Определение относительного увеличения расчетных потерь давления  $\psi_{\text{л}}$  в радиационных системах отопления - охлаждения при работе их в режиме охлаждения"

4.20. При необходимости уменьшения потерь давления в радиационных системах отопления - охлаждения следует применять схему с дополнительными стояками, изображенную на [рис.8](#).

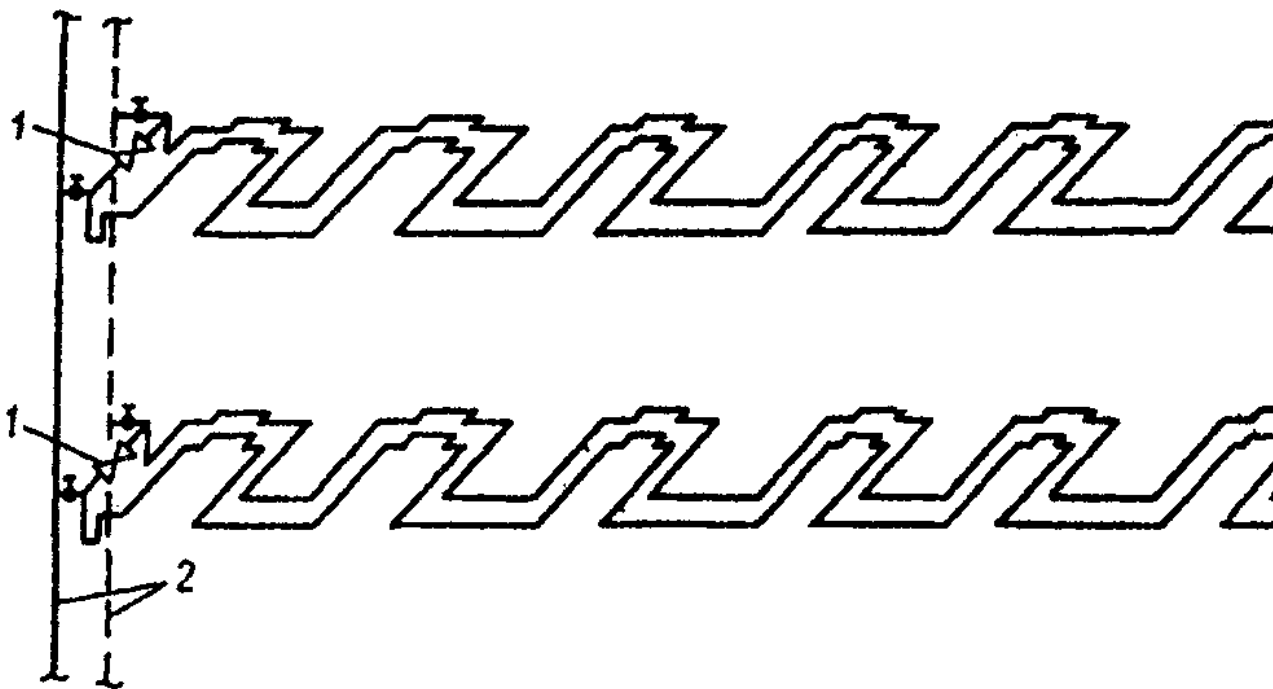


Рис. 8. Система отопления — охлаждения с дополнительными стояками  
1 — задвижка на перемычке, открытая зимой и закрытая летом; 2 — стояки для режима охлаждения

"Рис.8. Система отопления - охлаждения с дополнительными стояками"



5.1. Регулирование отопительной нагрузки геотермальных систем теплоснабжения с независимым присоединением отопления, имеющих четырехтрубную распределительную сеть, следует производить на ЦТПГ путем изменения расхода геотермального теплоносителя через отопительный теплообменник (количественное регулирование).

5.2. Регулирование отопительной нагрузки двухтрубных открытых геотермальных систем теплоснабжения с зависимым присоединением отопления, а также закрытых систем с двухтрубной распределительной сетью следует, как правило, производить на индивидуальных тепловых пунктах путем подмешивания обратной воды (качественное регулирование).

5.3. При бифилярных системах отопления, присоединенных к тепловым сетям по зависимой схеме, может предусматриваться количественное регулирование отопительной нагрузки.

5.4. При построении графиков количественного регулирования по п.5.3. следует пользоваться расчетными зависимостями вида:

$$\bar{G} = \frac{G}{G'} = \varphi \frac{t'_Г - t'_О}{(t'_Г - t'_В) - (t'_О - t'_В)\varphi^\chi} \quad (28)$$

где  $\varphi$  — коэффициент отпуска теплоты на отопление;  
 $G$  и  $G'$  — текущий и расчетный расходы теплоносителя;

"Формула (28) Расчетные зависимости при построении графиков количественного регулирования отопительной нагрузки при бифилярных системах отопления, присоединенных к тепловым сетям по зависимой схеме"

Показатель степени  $\chi$  должен вычисляться по формуле

$$\chi = \ln 0,5 \left[ \ln \frac{t'_Г - 0,5(t'_О + t'_В)}{t'_Г - t'_О} + \frac{1}{1 - P} \ln \frac{(t'_О - t'_В)^{-n} - (t'_Г - t'_В)^{-n}}{0,5^{-n}(t'_О - t'_В)^{-n} - (t'_Г - t'_В)^{-n}} \right]^{-1}; \quad (29)$$

текущая температура обратной воды равна:

$$t'_О = t'_В + (t'_Г - t'_В) \varphi^\chi,$$

где  $t'_Г, t'_О$  — расчетные температуры горячей и обратной воды в тепловой сети, °С (пример расчета см. в прил. 5).

"Формула (29) Вычисление показателя степени хи"

(30)

$$\chi = \ln 0,5 \left[ \ln \frac{t'_Г - 0,5(t'_О + t'_В)}{t'_Г - t'_О} + \frac{1}{1 - P} \ln \frac{(t'_О - t'_В)^{-n} - (t'_Г - t'_В)^{-n}}{0,5^{-n}(t'_О - t'_В)^{-n} - (t'_Г - t'_В)^{-n}} \right]^{-1};$$

текущая температура обратной воды равна:

$$t'_О = t'_В + (t'_Г - t'_В) \varphi^\chi,$$

где  $t'_Г, t'_О$  — расчетные температуры горячей и обратной воды сети, °С (пример расчета см. в прил. 5).

"Формула (30) Текущая температура обратной воды"

Построение графиков качественного регулирования специфики не имеет.

Приложение 1  
Обязательное

### Термины и определения

1. **Месторождение геотермальных вод** - часть водоносной системы, в пределах которой имеются благоприятные условия для отбора геотермальных вод в количестве, достаточном для их теплоэнергетического использования.

2. **Термоводозабор** - одна или несколько объединенных между собой трубопроводами скважин, пробуренных на месторождении геотермальных вод, специально обустроенных и предназначенных для подачи геотермального теплоносителя на нужды теплоснабжения зданий и сооружений.

3. **Открытая система геотермального теплоснабжения** - система, в которой геотермальная вода непосредственно подается на водозабор горячего водоснабжения.

4. **Закрытая система геотермального теплоснабжения** - система, в которой на водоразбор горячего водоснабжения подается негеотермальная вода, нагретая за счет геотермальной теплоты.

5. **Геотермальная система теплоснабжения с зависимым присоединением систем отопления** - система, в которой геотермальная вода подается непосредственно в отопительные приборы отопительных установок.

6. **Геотермальная система теплоснабжения с независимым присоединением систем отопления** - система, в которой в отопительные приборы подается негеотермальный теплоноситель, нагретый в теплообменнике за счет геотермальной теплоты.

7. **Транзитные геотермальные тепловые сети** - трубопроводы от термоводозаборов до устройств перехода на другой температурный график, а при едином температурном графике - до первого ответвления к потребителям.

8. **Магистральные геотермальные тепловые сети** - трубопроводы от границы транзитных сетей, а при их отсутствии или протяженности менее 1 км - от термоводозаборов до ответвлений к жилым микрорайонам (кварталам), промышленным или сельскохозяйственным предприятиям.

9. **Распределительные геотермальные тепловые сети** - трубопроводы от границ магистральных сетей до узлов присоединения зданий.

10. **Сборные сбросные трубопроводы (сети)** - трубопроводы от узлов присоединения зданий до мест врезки в магистральные сбросные сети.

11. **Магистральные сбросные сети** - трубопроводы от узлов границы сбросных трубопроводов до места сброса или обратной закачки, а при расстоянии до этих мест более 1 км - до места врезки последнего трубопровода.

12. **Транзитные сбросные сети** - трубопроводы от границы магистральных сбросных трубопроводов (сетей) до мест сброса или обратной закачки.

13. **Сбросный пункт (СП)** - пункт водоподготовки сбросной геотермальной воды для обеспечения сброса без ущерба для окружающей среды с соответствующим набором оборудования.

14. **Насосная станция обратной закачки (НСОЗ)** - насосная станция для закачки отработанной геотермальной воды в водоносный пласт.

## Приложение 2 Справочное

### Классификация и распространение геотермальных теплоносителей

В зависимости от температуры на устье скважины, химического и газового состава геотермальные воды условно классифицируются:

по температуре $t'_{\text{т}}$ , °С:	
слаботермальные . . . . .	$t'_{\text{т}} \leq 40$
. . . . .	
термальные . . . . .	$40 < t'_{\text{т}} \leq 60$
. . . . .	
высокотермальные . . . . .	$60 < t'_{\text{т}} \leq 100$
. . . . .	
перегретые . . . . .	$t'_{\text{т}} > 100$
. . . . .	
по минерализации, °С, г/л:	сухой остаток
ультрапресные . . . . .	$C \leq 0,1$
. . . . .	
пресные . . . . .	$0,1 < C \leq 1$
слабосоленые . . . . .	$1 < C \leq 3$
. . . . .	
сильносоленые . . . . .	$3 < C \leq 10$
. . . . .	
солёные . . . . .	$10 < C \leq 35$
. . . . .	
рассольные . . . . .	$C > 35$
. . . . .	
по общей жесткости, $Ж_{\text{о}}$ , мг-экв/л:	
очень мягкие . . . . .	$Ж_{\text{о}} \leq 1,2$
. . . . .	
мягкие . . . . .	$1,2 < Ж_{\text{о}} \leq 2,8$
. . . . .	
средние . . . . .	$2,8 < Ж_{\text{о}} \leq 5,7$
. . . . .	
жесткие . . . . .	$5,7 < Ж_{\text{о}} \leq 11,7$
. . . . .	
очень жесткие . . . . .	$Ж_{\text{о}} > 11,7$
. . . . .	
по кислотности, pH:	
сильнокислые . . . . .	$\text{pH} \leq 3,5$
. . . . .	

кислые . . . . . 3,5 < pH ≤ 5,5  
. . . . .  
слабокислые . . . . . 5,5 < pH ≤ 6,8  
. . . . .  
нейтральные . . . . . 6,8 < pH ≤ 7,2  
. . . . .  
слабощелочные . . . . . 7,2 < pH ≤ 8,5  
. . . . .  
щелочные . . . . . pH > 8,5  
. . . . .  
по газовому составу:  
сероводородные  
сероводородно-углекислые  
углекислые  
азотно-углекислые  
метановые  
азотно-метановые  
азотные  
по газонасыщенности, Г, мг/л  
слабая . . . . . Г ≤ 100  
. . . . .  
средняя . . . . . 100 < Г ≤ 1000  
. . . . .  
высокая . . . . . Г > 1000  
. . . . .

**Распространение геотермальных вод на территории СССР  
(данные по некоторым месторождениям)**

Регионы	Месторождение геотермальной воды	Температура на устье скважины, °С	Минерализация, г/л	Примечание
<b>Краснодарский край</b>	Майкопское	74-80	До 10	
	Вознесенское	98-107	1,5-3	
	Южно-Вознесенское	81-97	1,4	
	Мостовское	70-78	1-2	
	Лабинское	29	13,0	
	Ново-Ярославское	88	2,3	Фенолы - 1,28 мг/л
	Абдзехское	64	5,4	Фенолы - 0,77 мг/л
	Ульяновское	75	1,9	Фенолы - 0,057 мг/л
	Советское	86	28	
	Южно-Советское	87	4-30	
Бесскорбненское	87	1,5		

	Победа	63	36	
	Самурское	60-70	37-50	
	Ставропольское	78	9/11	
	Кучугурское	86-100	6,5-8	
	Кукуловское	70-36	10-13	
	Некрасовское	73	21	
<b>Крымский полуостров</b>	Новоселовское	60	5-10	
<b>Чечено-Ингушская АССР</b>	Ханкальское	90	1,5	
	Гойтинское	85	2,5	
<b>Дагестанская АССР</b>	Махачкалинское	60	2-10	
<b>Грузинская ССР</b>	Зугдидское	90	1	
<b>Узбекская ССР</b>	Ташкентское	60	1	
<b>Таджикская ССР</b>	Душанбинское	60	5	
	Джиладинское	70	1	
	Иссык-Атинское	41-55	0,3	
<b>Казахская ССР</b>	Панфиловское	95	1-2	
<b>Ханты-Мансийский национальный округ</b>	Тобольское	70	17	
<b>Омская область</b>	Омское	70	25	
<b>Томская область</b>	Колпашевское	60-70	1-3	
<b>Бурятская АССР</b>	Ирканинское	50	0,5	
	Могойское	80	0,5	
	Сейюйское	55-60	0,5	
	Горячинское	55	0,6	
	Аллинское	75	0,5	
	Селенгинское	60-70	1-2	
	Питателевское	60-70	1-2	
<b>Полуостров Чукотка</b>	Чаплинское	80-85	18	

<b>Магаданская область</b>	Таватумское	60	15	
	Тальское	90	0,5	
<b>Полуостров Камчатка</b>	Таланское	95	1	
	Киреунское	100	1-3	
	Семлячинское	150-200	2-3	
	Малкинское	80-85	1	
	Малычевское	75-80	4-5	
	Больше-Банное	130-270	2-3	
	Паратунское	85	1-2	
	Жировское	150	2-5	
	Паужетское	150-200	3-5	
	<b>Остров Сахалин</b>	Северо-Сахалинское	50-70	10-15
Паропайское		50-70	10	
Сусунайское		50-70	10	
<b>Остров Кунашир</b>	Горячий пляж	150-200	2-5	

### Приложение 3 Рекомендуемое

#### Принципиальные схемы систем геотермального теплоснабжения

##### А. Принципиальные схемы простейших систем геотермального теплоснабжения

1. Открытые системы геотермального теплоснабжения

2. Закрытые системы геотермального теплоснабжения

##### Б. Принципиальные схемы геотермальных систем теплоснабжения с повышенной эффективностью использования геотермальной теплоты

1. Бессливная система геотермального теплоснабжения

2. Геотермальная система теплоснабжения с тепловыми насосами

3. Открытая геотермальная система с комбинацией водяного и воздушного отопления

4. Комплексные геотермальные системы теплоснабжения

#### **А. Принципиальные схемы простейших систем геотермального теплоснабжения**

##### **1. Открытые системы геотермального теплоснабжения**

1.1. Открытые системы теплоснабжения, обеспечивающие только горячее водоснабжение.

Схема 1а (рис.1). В соответствии со схемой геотермальная вода по однострунной тепловой сети подается непосредственно на водоразбор. Суточная неравномерность потребления горячей воды компенсируется с помощью бака-аккумулятора.

## Рис. 1. Открытая однострунная геотермальная система горячего водоснабжения

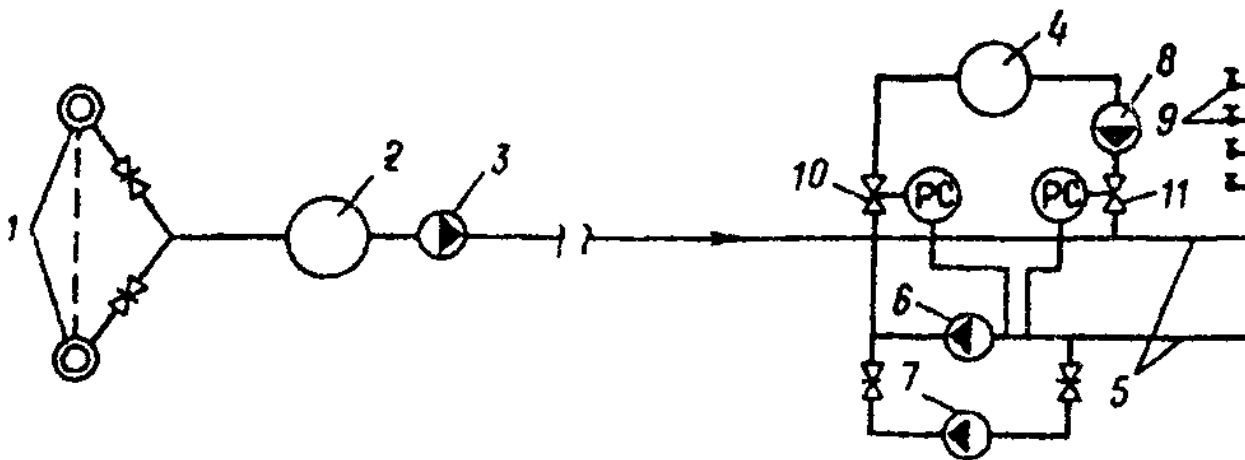
1 — геотермальная скважина; 2 — бак-аккумулятор; 3 — сетевой насос; 4 — водоразборный кран ГВ



"Рис.1. Открытая однострунная геотермальная система горячего водоснабжения"

Недостатком схемы 1а является отсутствие циркуляции теплоносителя в распределительной сети ГВ, в результате чего неизбежно остывание теплоносителя в период отсутствия водоразбора горячей воды (например, ночью). По причине этого недостатка схема может быть рекомендована к применению только при малых расстояниях между термоводозабором и потребителем геотермальной теплоты.

Схема 1б (рис.2). Схема отличается от [схемы 1а](#) наличием двухтрубной распределительной сети, в которой циркулирует геотермальная вода. Подпитка по мере водопотребления осуществляется из однострунной [транзитной тепловой сети](#). Суточная неравномерность водопотребления уравнивается бак-аккумулятором. Схема может быть рекомендована при сравнительно большом удалении термоводозабора от потребителя геотермальной теплоты.



## Рис. 2. Открытая однострунная геотермальная система горячего водоснабжения с двухтрубной распределительной сетью

1 — геотермальные скважины термоводозабора; 2 — сборный бак-аккумулятор геотермальной воды; 3 — сетевой насос; 4 — бак-аккумулятор распределительной сети; 5 — двухтрубная распределительная сеть; 6, 7, 8 — сетевые циркуляционные насосы распределительной сети; 9 — водоразборный кран ГВ; 10 — водоразборный кран ГВ; 11 — регулятор подпитки

"Рис.2. Открытая однотрубная геотермальная система горячего водоснабжения с двухтрубной распределительной сетью"

1.2. Открытые геотермальные системы теплоснабжения с зависимым присоединением отопления. В зависимости от расположения места сброса схема имеет две модификации.

Схема 2а (рис.3). Геотермальная вода параллельно подается на отопление и горячее водоснабжение. После отопительных систем вода сбрасывается вблизи термоводозабора. Транзитная тепловая сеть имеет двухтрубную прокладку.

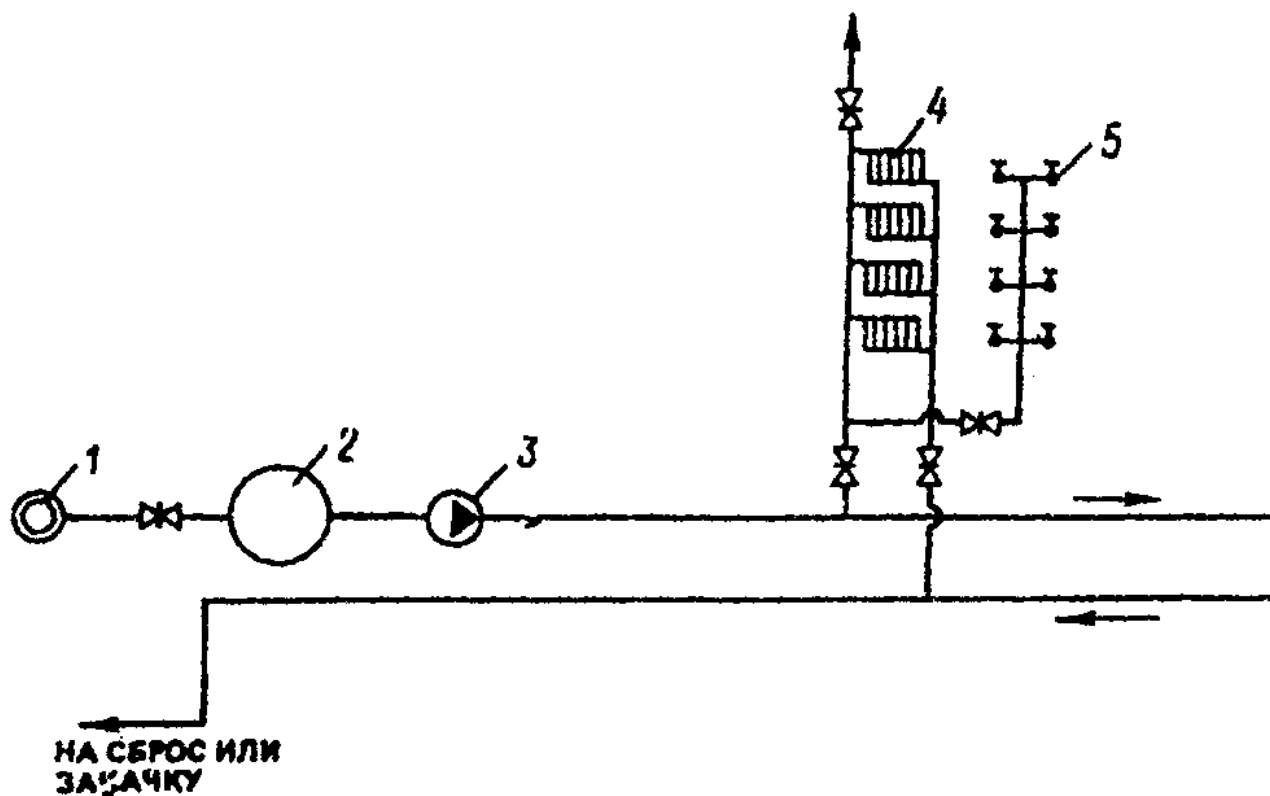


Рис. 3. Открытая двухтрубная геотермальная система теплоснабжения  
 1 — геотермальная скважина; 2 — бак-аккумулятор; 3 — сетевые насосные приборы; 5 — водоразборный кран

"Рис.3. Открытая двухтрубная геотермальная система теплоснабжения"

Схема 2б аналогична работе схемы 2а, но сброс отработанного геотермального теплоносителя производится вблизи потребителя. Транзитные подающая и сбросная тепловые сети имеют однотрубную прокладку.

Приведенные схемы не могут быть применены при несоответствии геотермальной воды нормативным требованиям на воду питьевую и при ее температуре

$$t'_{\text{Т}} < t'_{\text{Г.В}} + \text{дельта } t_{\text{тр}}$$



где  $t'_t$  - температура термальной воды на устье скважин, °С; дельта  $t_{tr}$  - снижение температуры воды за счет охлаждения при транспортировании, °С;  $t'_{г.в}$  нормируемая температура воды в системах горячего водоснабжения, °С.

## 2. Закрытые системы геотермального теплоснабжения

### 2.1. Закрытые геотермальные системы, обеспечивающие только горячее водоснабжение.

В зависимости от расположения места сброса и источника питьевой воды могут быть использованы три вида схемного решения:

Схема 3а (рис.4). Геотермальная вода подается на теплообменник ЦТПГ, расположенный вблизи термоводозабора, после чего сбрасывается или закачивается в пласт через скважину обратной закачки. Вода из источника питьевой воды (например, холодной артезианской скважины) нагревается в теплообменнике, транспортируется до потребителя и там разбирается на горячее водоснабжение. Суточная неравномерность водопотребления уравнивается с помощью бака-аккумулятора. Распределительная сеть выполняется однотрубной. Недостатком здесь также, как и у схемы 2а, является отсутствие циркуляции теплоносителя в период отсутствия водоразбора.

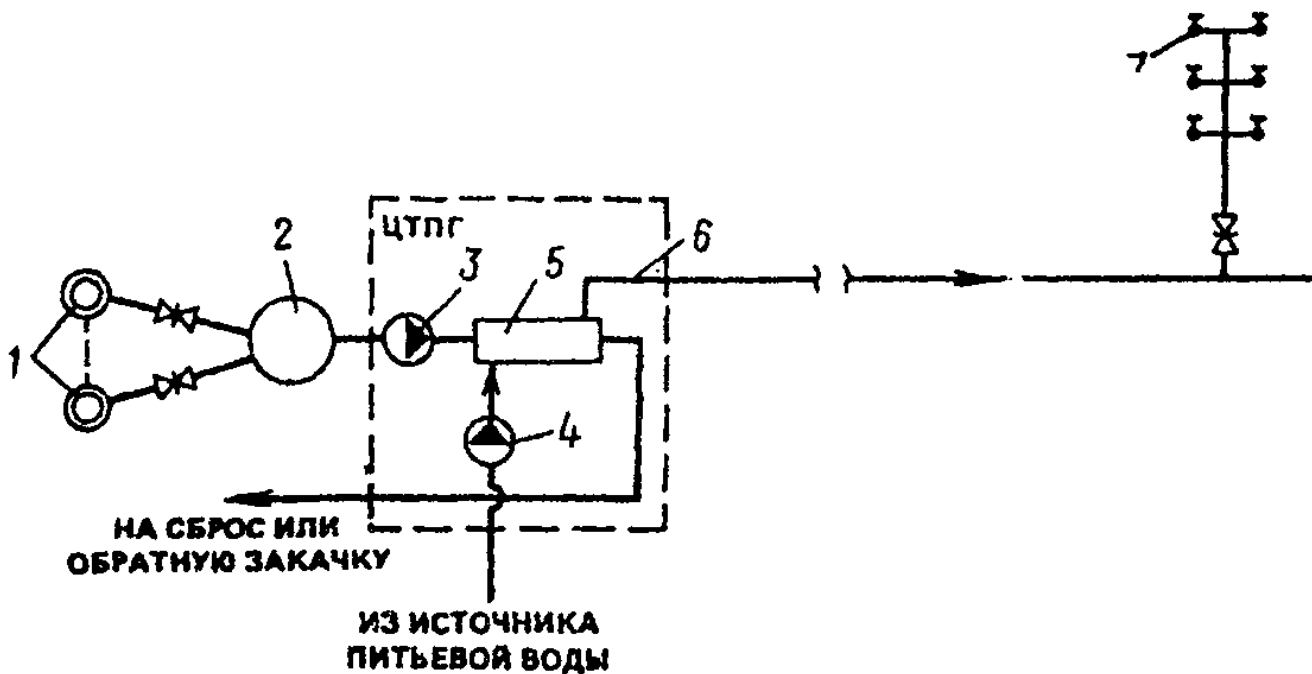


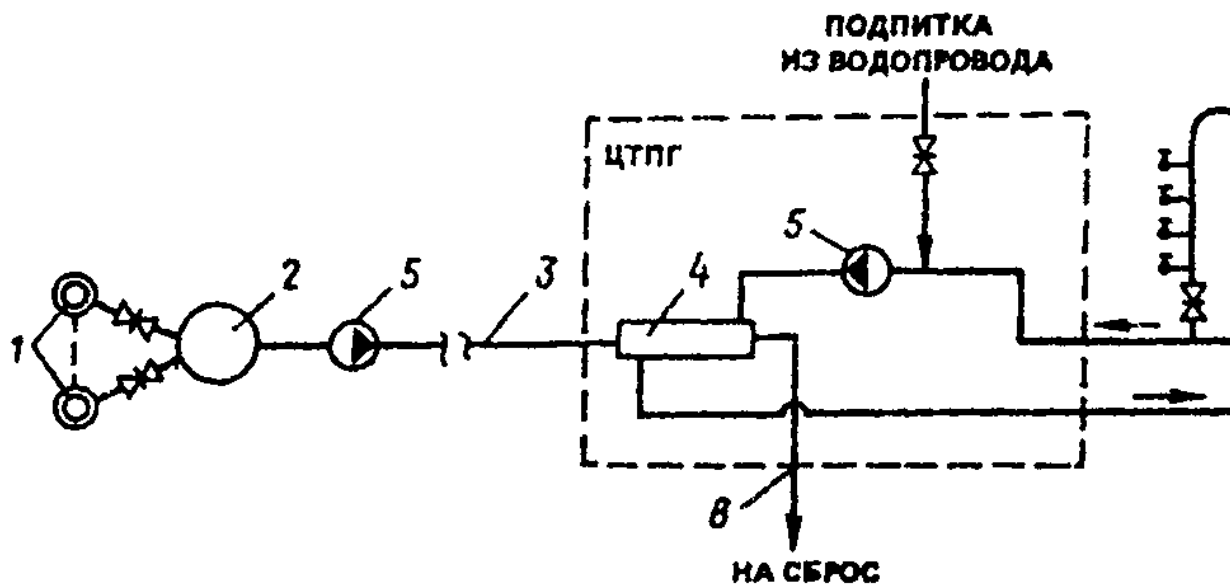
Рис. 4. Однотрубная закрытая геотермальная система горячего водоснабжения с источником питьевой воды, расположенным на термоводозаборе  
 1 — геотермальные скважины термоводозабора; 2 — сборный бак-аккумулятор геотермальной воды; 3 — сетевой насос геотермальной воды; 4 — сетевой насос питьевой воды; 5 — сетевой теплообменник; 6 — однотрубная транзитная теплотрасса; 7 — водоразборный кран

"Рис.4. Однотрубная закрытая геотермальная система горячего водоснабжения с источником питьевой воды, расположенным на термоводозаборе"

При сравнительно большом удалении термоводозабора от потребителя целесообразна схема 3б. Она отличается от схемы 3а наличием двухтрубной распределительной сети с баком-аккумулятором,

которая полностью аналогична такой же распределительной сети, примененной в схеме 1б (см. [рис.2](#)). Преимуществом схемы 3б по сравнению со схемой 3а является возможность осуществления циркуляции в распределительной сети в период отсутствия водоразбора.

Схема 3в ([рис.5](#)). Применение этой схемы целесообразно при расположении места сброса отработанной геотермальной воды вблизи потребителя геотермальной теплоты. В соответствии со схемой геотермальный теплоноситель по однострунной [транзитной тепловой сети](#) подается в теплообменник ЦТПГ (который расположен вблизи потребителя), после чего сбрасывается. Негеотермальный теплоноситель питьевого качества, циркулируя по двухтрубной распределительной сети, нагревается в теплообменнике ЦТПГ и подается на водоразбор. Подпитка осуществляется из водопровода. Ввиду сравнительно большой протяженности тепловой сети, по которой транспортируется геотермальная вода, схема 3в может быть рекомендована при отсутствии опасности интенсивной коррозии и солеотложения.



**Рис. 5. Однотрубная закрытая геотермальная система горячего водоснабжения**

**1** — геотермальные скважины термоводозабора; **2** — сборный бак геотермальной воды; **3** — однострунная транзитная теплотрасса; **4** — теплообменник; **5** — сетевые насосы; **6** — водоразборный кран; **7** — двухтрубная теплосеть; **8** — сбросная теплосеть; **9** — расширительный бак

"Рис.5. Однотрубная закрытая геотермальная система горячего водоснабжения"

При эксплуатации термоводозабора методом обратной закачки или расположении места сброса вблизи продуктивной скважины целесообразна схема 3г. Эта схема в основном аналогична [схеме 3в](#). Различие их заключается в том, что ЦТПГ в схеме 3г расположен вблизи термоводозабора, а распределительная сеть (так же, как и в 3в - двухтрубная) имеет транзитный участок, связывающий термоводозабор с потребителем. Преимуществом данной схемы является малая протяженность трубопроводов геотермальной воды, что делает систему менее уязвимой в части коррозии и солеотложения.

2.2. [Закрытые геотермальные системы](#) теплоснабжения, обеспечивающие отопление и горячее водоснабжение.

Расположение места сброса вблизи потребителя, а также отсутствие повышенной коррозионной активности и солеотложения делает возможным создание системы с однострунной транзитной тепловой сетью для транспортирования геотермальной воды до ЦТПГ, расположенного рядом с потребителем. После ЦТПГ геотермальная вода сбрасывается. Распределительная сеть после ЦТПГ, в зависимости от качества и температуры геотермального теплоносителя, может быть четырехтрубной с зависимым присоединением

отопления [схема 4а (рис.6)] четырехтрубной с независимым присоединением отопления [схема 4б (рис.7)] либо с двухтрубной распределительной сетью и независимым присоединением отопления (схема 4в).

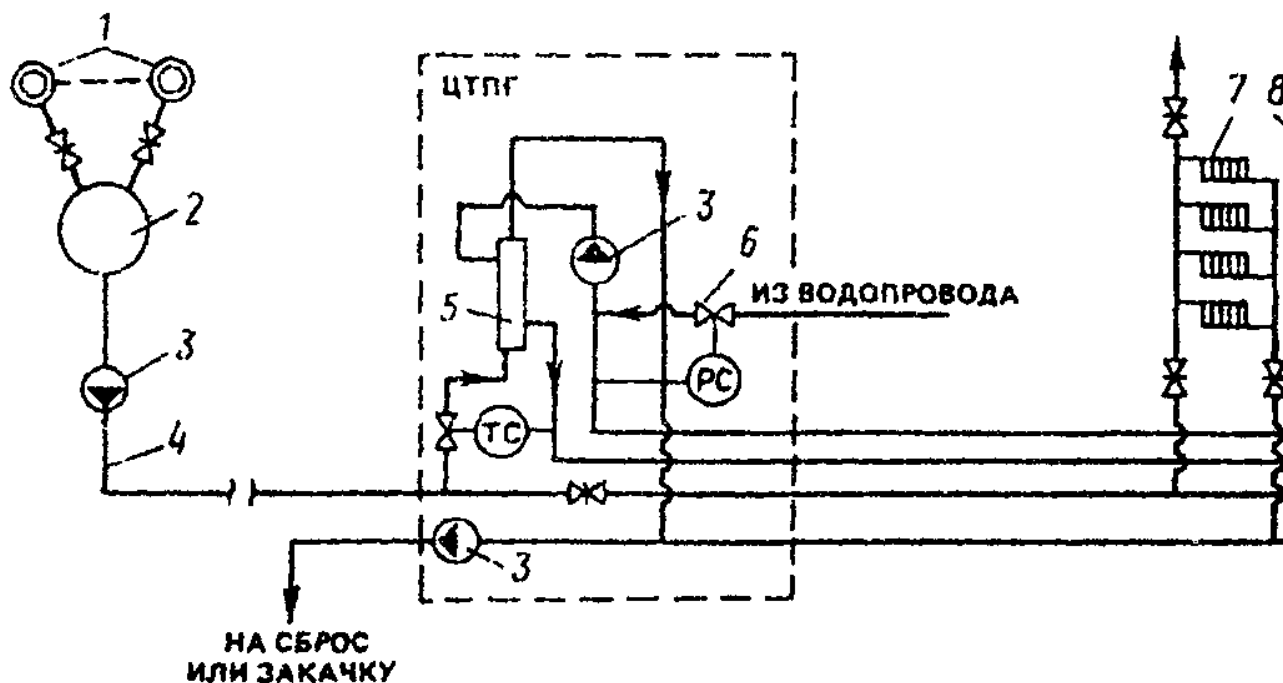


Рис. 6. Закрытая однотрубная геотермальная система теплоснабжения с независимым присоединением отопления (распределительная сеть четырехтрубная)

1 — геотермальные скважины; 2 — сборный бак-аккумулятор геотермальной сети; 3 — сетевой насос; 4 — однотрубная транзитная теплотрасса; 5 — теплоноситель из водоснабжения; 6 — регулятор подпитки; 7 — отопительный прибор; 8 — расширительный бак

"Рис.6. Закрытая однотрубная геотермальная система теплоснабжения с зависимым присоединением отопления (распределительная сеть четырехтрубная)"

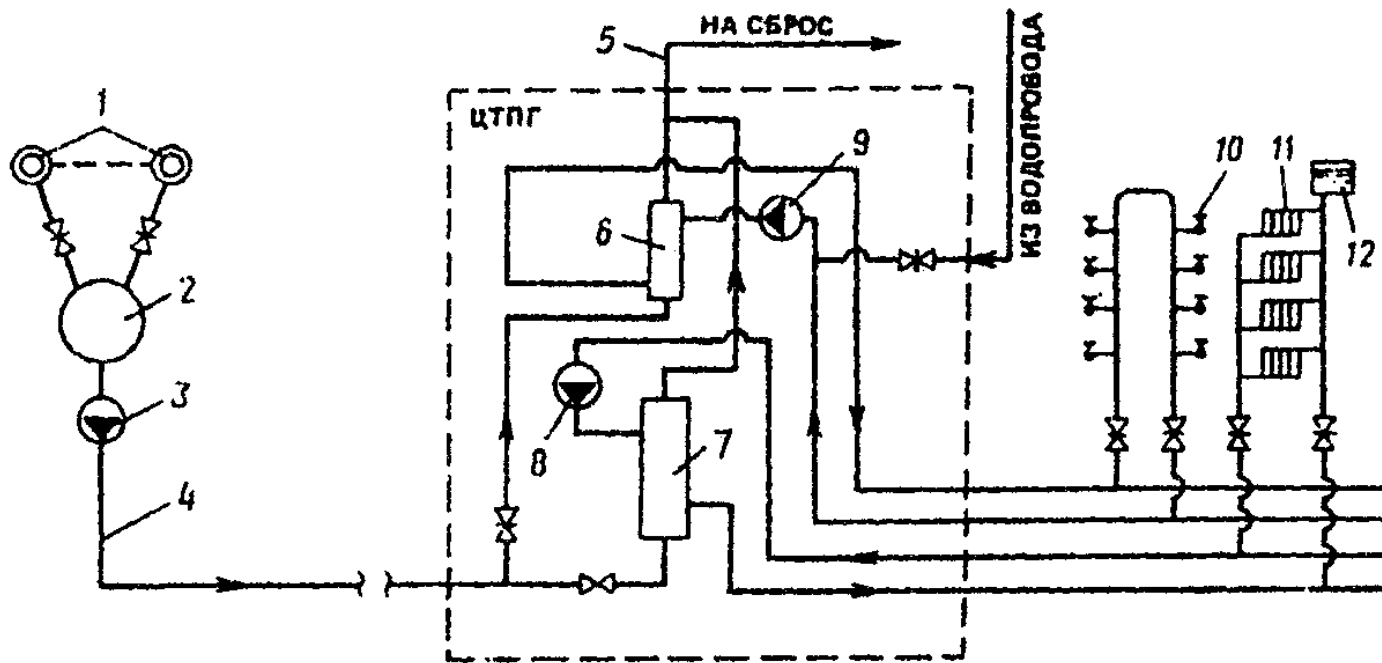


Рис. 7. Закрытая геотермальная система теплоснабжения с независимым присоединением отопления

1 — геотермальные скважины; 2 — сборный бак-аккумулятор; 3 — сетевой насос геотермальной воды; 4 — транзитная однотрубная теплосеть; 5 — транзитная теплосеть; 6 — водоподогреватель горячего водоснабжения; 7 — отопительный теплообменник; 8 — сетевой насос распределительной сети отопления; 9 — насос горячего водоснабжения; 10 — водоразборный кран; 11 — отопительный прибор; 12 — расширительный бак

"Рис.7. Закрытая геотермальная система теплоснабжения с независимым присоединением отопления"

В случае обратной закачки или возможности сброса вблизи термоводозабора применима схема 4г (рис.8). Здесь геотермальная вода поступает в ЦТПГ, расположенный вблизи термоводозабора, где отдает свою теплоту негеотермальному теплоносителю в теплообменных аппаратах, после чего закачивается в пласт или сбрасывается. Подготовленный негеотермальный теплоноситель транспортируется от потребителя до ЦТПГ и обратно по двухтрубной распределительной сети, имеющей транзитный участок. В данной схеме (как и у всех схем с расположением ЦТПГ вблизи термоводозабора) положительной является малая протяженность трубопроводов тепловой сети, соприкасающихся с геотермальной водой.

### 2.3. Закрытые геотермальные системы теплоснабжения, обеспечивающие только отопление.

При непитьевом качестве геотермального теплоносителя и отсутствии воды питьевого качества возможно применение систем теплоснабжения, обеспечивающих только отопление зданий и сооружений.

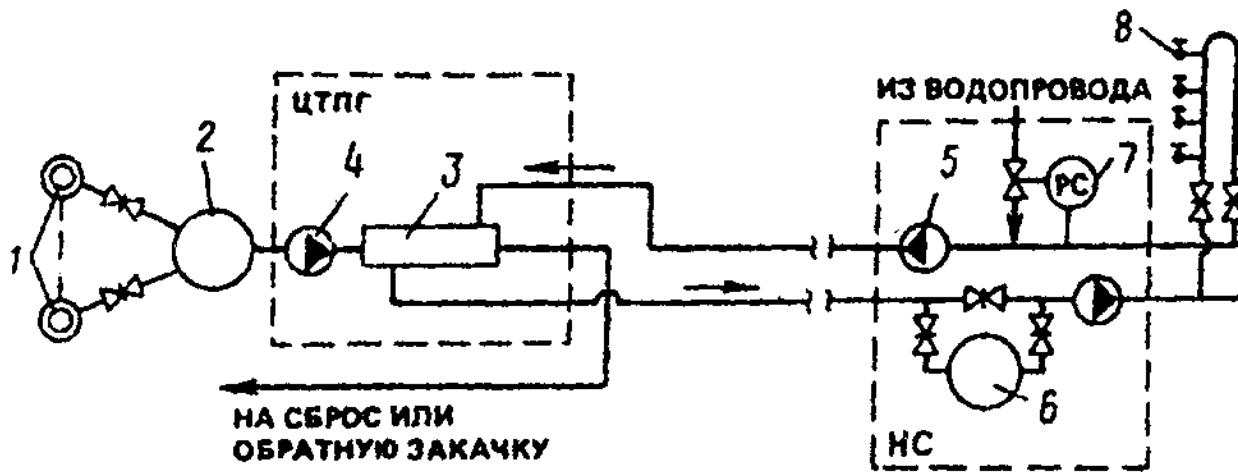
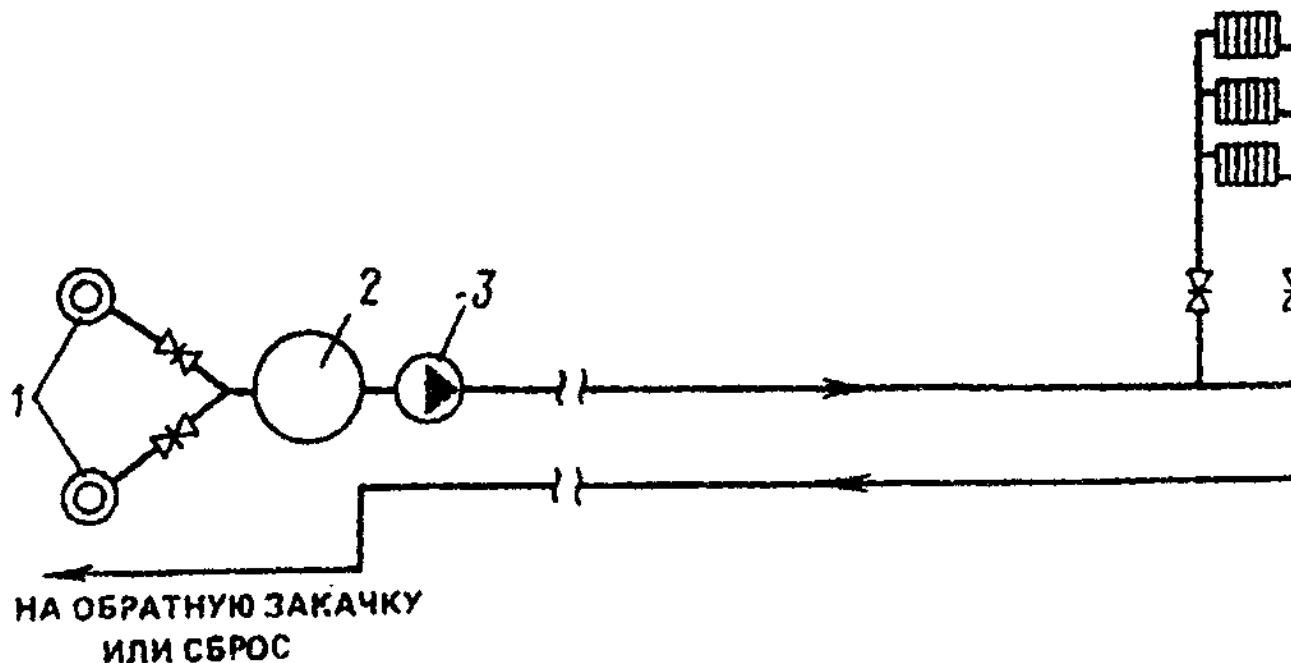


Рис. 8. Закрытая двухтрубная геотермальная система теплоснабжения. 1 — геотермальные скважины термоводозабора; 2 — сборный бак геотермальной воды; 3 — сетевой теплообменник; 4 — сетевой насос геотермальной воды; 5 — сетевой насос водопроводной воды; 6 — бак-аккумулятор водопроводной воды; 7 — регулятор подпитки; 8 — водоразборный кран ГВ; прибор

"Рис.8. Закрытая двухтрубная геотермальная система теплоснабжения"

Схема 5а (рис.9). Эта схема двухтрубной системы с зависимым присоединением отопления применима при отсутствии угрозы интенсивной коррозии и солеотложения. Система обеспечивает только отопление.



**Рис. 9. Геотермальная система теплоснабжения с зависимым отоплением (ГВ отсутствует)**

**1 — геотермальные скважины; 2 — промежуточный бак-аккумулятор воды; 3 — сетевой насос; 4 — отопительные приборы**

"Рис.9. Геотермальная система теплоснабжения с зависимым присоединением отопления (ГВ отсутствует)"

При расположении места сброса в отдалении от термоводозабора применима схема 5б. Эта схема отличается от [5а](#) наличием однострунных подающей и сбросной [транзитных тепловых сетей](#). Распределительная сеть двухтрубная. Система обеспечивает только отопление.

Предварительный выбор принципиальной схемы с учетом перечисленных факторов может быть произведен с помощью [табл.1](#). Оборудование этих систем может быть подобрано с помощью [табл.2](#).

## **Б. Принципиальные схемы геотермальных систем теплоснабжения с повышенной эффективностью использования геотермальной теплоты**

### **1. Бессливная система геотермального теплоснабжения**

При соответствии качества геотермального теплоносителя требованиям на питьевую воду может быть применена бессливная система геотермального теплоснабжения ([рис.10](#)), обеспечивающая минимальный расход геотермальной воды на единицу расчетной отопительной нагрузки, равный среднечасовому расходу горячего водоснабжения. В этой системе при наименьшем удельном расходе воды (по сравнению со всеми другими схемами) имеют место наибольшая мощность пикового источника теплоты и наибольший расход топлива. Регулирование отопительной нагрузки системы производится путем постепенного сокращения доли пикового догрева, работающего большую часть отопительного сезона с последующим переходом на пропуски. Эффективность такой системы тем выше, чем больше доля ГВ в суммарной тепловой нагрузке.

Таблица 1

Исходные данные проектирования

Исходные данные проектирования										
термоводозабор		Сброс вблизи объекта				Обратная закачка или сброс вблизи теплоснабжения				
воды		Источник питьевой воды в населенном пункте				Расположение источника питьевой водопровод в населенном пункте				
Характеристика геотермального термоводозабора теплоносителя										
Характер теплопотребления										
отопление		ГВ	ГВ и	отопление	ГВ и	отопление	ГВ и	отопление	ГВ и	отопление
Вода:										
питьевого 5а	качества	1а	2а	5б	1а	2а	5а	1а	2а	
		1б	2б		1б	2б		1б	2б	
5а	непитьевого качества	3б	4а	5б	3в	4г	5а	3а	4г	
			4б							
			4в							

Таблица 2

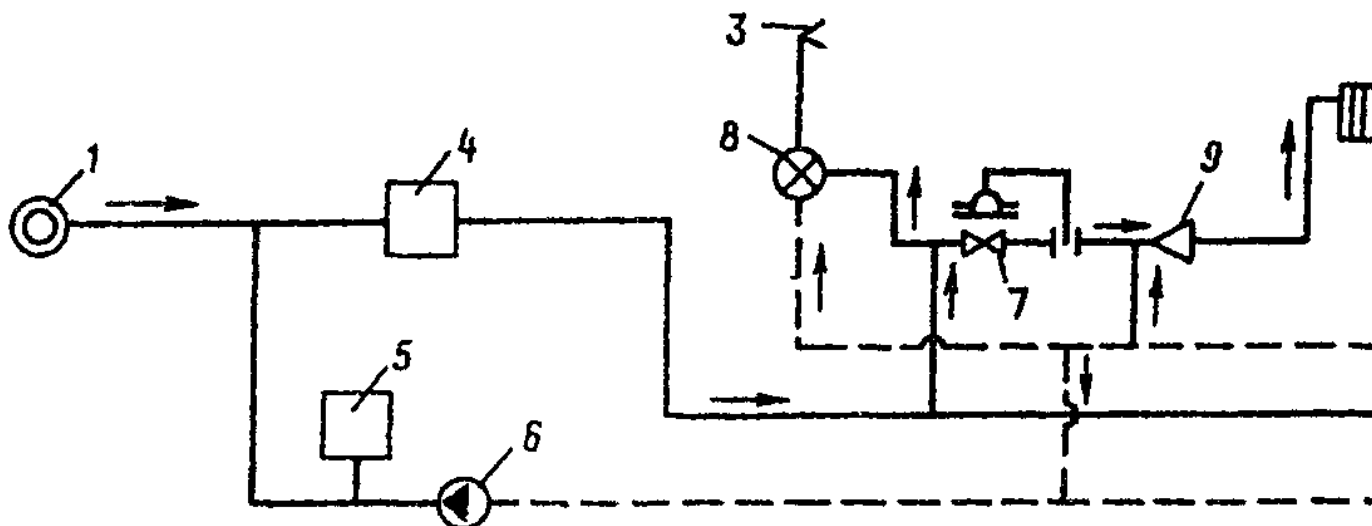


Рис. 10. Принципиальная схема бессливной системы геотермального водоснабжения

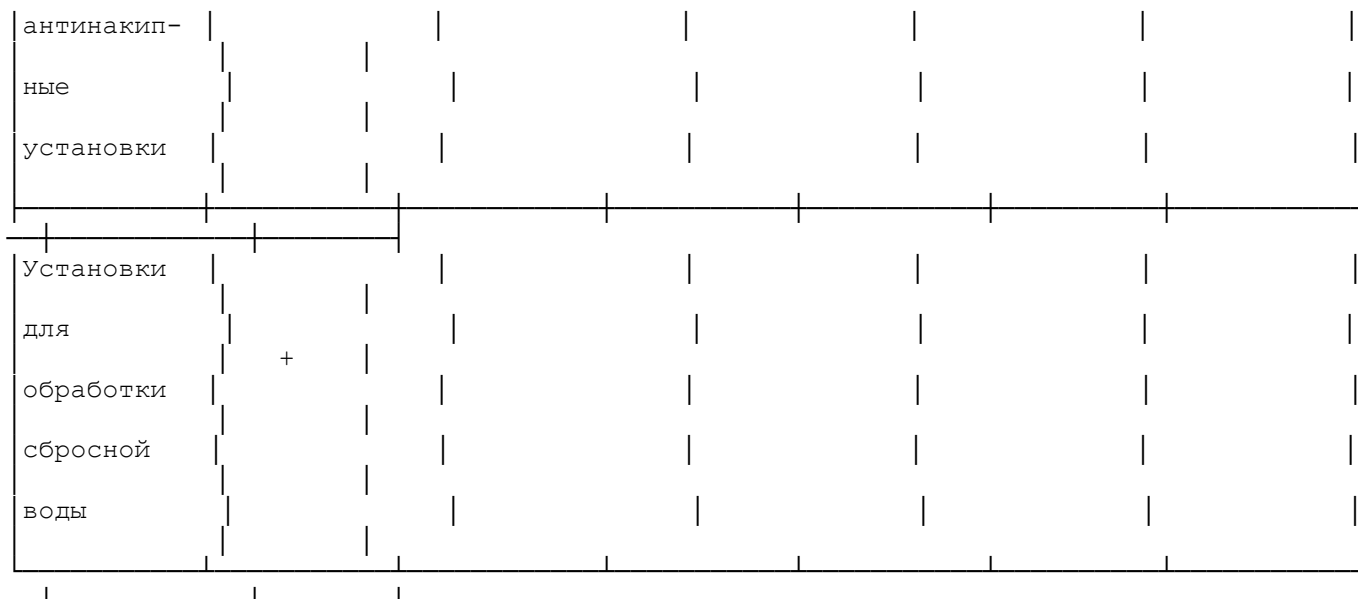
1 — скважина; 2 — система отопления; 3 — система горячего водоснабжения; 4 — пиковая котельная; 5 — бак-аккумулятор; 6 — насос; 7 — регулятор расхода; 8 — регулятор постоянства температуры; 9 — элеватор

Оборудование	Свойства геотермального теплоносителя					
	общие			частные		
интенсивное	случайная наличие	малое	сравнитель-	наличие	высокое	высокая
коррозионная	исходная температура солеотложе- веществ	вредных давление и	устьевое температура	но низкая частиц	взвешенных жание	газосодер- активность
трубопрово-	выше	недостаточ-			горных	
дах и	однократное ПДК	ный дебит			пород	
оборудовании	использова-	скважин				



	ние и необходи- мость сброса							
Отопитель- ные приборы повышенной теплоплот- ности	+							
Водовоздуш- ные теплообмен- ники	+							
Теплонасос- ные установки (ТНУ)	+							
Промежуточ- ные баки-акку- муляторы геотермаль- ной воды			+				+	
Погружные скважинные			+					





"Рис.10. Принципиальная схема бесливной системы геотермального теплоснабжения"

Система работает следующим образом. Геотермальная вода по однетрубной магистрали от скважины 1 подается к пиковой котельной. Расход этой воды равен среднечасовому расходу на горячее водоснабжение  $G_{г.в.}$ , а в подающем трубопроводе двухтрубной распределительной сети среднечасовой расход составляет

$$G_{д.г.} = G_{г.в.} + G_{доб.}, \quad (1)$$

где  $G_{доб.}$  - добавочный расход теплоносителя, равный расходу в обратном трубопроводе распределительной сети и определяемый по формуле

(2)

$$G_{доб.} = \frac{Q'_{об.} - G_{г.в.} c(t'_{т.г} - 5)}{c(t'_{т.г} - t'_o)}. \quad (2)$$

"Формула (2) Определение добавочного расхода теплоносителя"

В пиковой котельной 4 суммарный расход воды  $G_{д.г.}$  догревается до  $t'_{т.г.}$  и подается в системы отопления 2 через регулятор постоянства расхода 7 и элеватор 9, а также в системы ГВ 3. Суточная неравномерность водопотребления ГВ уравнивается баком-аккумулятором 5, установленным на обратном трубопроводе распределительной сети, циркуляция в этой сети создается насосом 6.

Возможны три варианта соотношений между температурой геотермальной воды и нормируемой температурой теплоносителя в системах ГВ:

a)  $t'_{т.г.} < t'_{г.в.}$ .

Вся отопительная нагрузка и часть нагрузки ГВ при этом покрывается пиковой котельной. Доля нагрузки горячего водоснабжения  $\gamma_{п.}$ , покрываемая пиковой котельной в расчетном режиме, подсчитывается по формуле

$$\gamma_{п.} = (t'_{т.г.} - t'_{г.в.}) / (t'_{т.г.} - 5). \quad (3)$$

Расчетная теплопроизводительность пиковой котельной равна

$$Q'_{\text{п}} = Q'_{\text{об}} (\alpha + \gamma_{\text{г.в}}) \quad (4)$$

где  $Q'_{\text{об}}$  - расчетная тепловая нагрузка объекта;  $\alpha$ ,  $\gamma$  - доли отопления и горячего водоснабжения в расчетный период.

Пиковая котельная работает круглый год. Величина  $d(\text{от})_{\text{п}} = 1$ , значение  $d(\text{г.в})_{\text{п}}$  определяется по уравнению

(5)

$$d_{\text{п}}^{\text{г.в}} = \frac{\gamma_{\text{п}} T_{\text{сез.}} + 0,65 \gamma_{\text{п}}^{\text{л}} (8500 - T_{\text{сез.}})}{5500 + 0,35 T_{\text{сез.}}},$$

где  $\gamma_{\text{п}}^{\text{л}}$  — доля нагрузки горячего водоснабжения, пиковой котельной в летнем режиме:

$$\gamma_{\text{п}}^{\text{л}} = (t'_{\text{г.в}} - t'_{\text{т}}) / (t'_{\text{г.в}} - t_{\text{л}}),$$

где  $t_{\text{л}}$  — температура водопроводной воды летом;

б)  $t'_{\text{г}} = t'_{\text{г.в}}$ .

Пиковая котельная подбирается на расчетную относительную нагрузку, т.е.  $Q'_{\text{п}} = Q'_{\text{об}} \alpha$  и работает в течение всего отопительного периода.

Величина  $d_{\text{п}}^{\text{от}} = 1$ , величина  $d_{\text{п}}^{\text{г.в}} = 0$ ;

в)  $t'_{\text{т}} > t'_{\text{г.в}}$ .

В этом случае пиковый догрев обеспечивает часть от общей нагрузки

$$Q'_{\text{в}} = Q'_{\text{об}} \alpha - c G_{\text{г.в}} (t'_{\text{т}} - t'_{\text{г.в}}).$$

"Формула (5) Определение значения  $d(\text{г.в})_{\text{п}}$ "

(6)

$$d_{\Pi}^{\Gamma.В} = \frac{\gamma_{\Pi} T_{\text{сез.}} + 0,65 \gamma_{\Pi}^{\text{л}} (8500 - T_{\text{сез.}})}{5500 + 0,35 T_{\text{сез.}}},$$

где  $\gamma_{\Pi}^{\text{л}}$  — доля нагрузки горячего водоснабжения, покрываемая пиковой котельной в летнем режиме:

$$\gamma_{\Pi}^{\text{л}} = (t'_{\Gamma.В} - t'_{\Gamma}) / (t'_{\Gamma.В} - t_{\text{л}}),$$

где  $t_{\text{л}}$  — температура водопроводной воды летом;

б)  $t'_{\Gamma} = t'_{\Gamma.В}$ .

Пиковая котельная подбирается на расчетную относительную нагрузку, т.е.  $Q'_{\Pi} = Q'_{\text{об.}} = \alpha$  и работает в течение всего отопительного периода;

Величина  $d_{\Pi}^{\text{от.}} = 1$ , величина  $d_{\Pi}^{\Gamma.В} = 0$ ;

в)  $t'_{\Gamma} > t'_{\Gamma.В}$ .

В этом случае пиковый догрев обеспечивает часть от общей нагрузки

$$Q'_{\text{в}} = Q'_{\text{об.}} \alpha - c G_{\Gamma.В} (t'_{\Gamma} - t'_{\Gamma.В}).$$

"Формула (6) Доля нагрузки горячего водоснабжения, покрываемая пиковой котельной в летнем режиме"

$$d_{\Pi}^{\Gamma.В} = \frac{\gamma_{\Pi} T_{\text{сез.}} + 0,65 \gamma_{\Pi}^{\text{л}} (8500 - T_{\text{сез.}})}{5500 + 0,35 T_{\text{сез.}}},$$

где  $\gamma_{\Pi}^{\text{л}}$  — доля нагрузки горячего водоснабжения, пиковой котельной в летнем режиме:

$$\gamma_{\Pi}^{\text{л}} = (t'_{\Gamma.В} - t'_{\Gamma}) / (t'_{\Gamma.В} - t_{\text{л}}),$$

где  $t_{\text{л}}$  — температура водопроводной воды летом;

б)  $t'_{\Gamma} = t'_{\Gamma.В}$ .

Пиковая котельная подбирается на расчетную относительную нагрузку, т.е.  $Q'_{\Pi} = Q'_{\text{об.}} = \alpha$  и работает в течение всего отопительного периода;

Величина  $d_{\Pi}^{\text{от.}} = 1$ , величина  $d_{\Pi}^{\Gamma.В} = 0$ ;

в)  $t'_{\Gamma} > t'_{\Gamma.В}$ .

В этом случае пиковый догрев обеспечивает часть отопительной нагрузки

$$Q'_{\text{в}} = Q'_{\text{об.}} \alpha - c G_{\Gamma.В} (t'_{\Gamma} - t'_{\Gamma.В}).$$

"Формула (7) Часть отопительной нагрузки, обеспечиваемая пиковым догревом"

Доля пикового догрева для отопления  $d(\text{от})_{\Pi}$  определяется по формуле

$$d_{\Pi}^{\text{от.}} = 1 - \frac{c G_{\Gamma.В} (t'_{\Gamma} - t'_{\Gamma.В})}{Q'_{\text{об.}} \alpha \varphi_{\text{ср.}}} \quad (8)$$

Величина  $d_{\Pi}^{\Gamma.В} = 0$ .

"Формула (8) Определение доли пикового догрева для отопления  $d(\text{от})_{\Pi}$ "

Работа пиковой котельной продолжается до тех пор, пока вносимое геотермальное водоемкое количество теплоты не станет равным необходимой теплопроизводительности отопительной системы, т.е.

$$\varphi_{\Pi} = \frac{c G_{\Gamma.В} (t'_{\Gamma} - t'_{\Gamma.В})}{Q'_{\text{об.}} \alpha} \quad (9)$$

(9)

"Формула (9) Вносимое геотермальной водой количество теплоты, равное необходимой теплопроизводительности отопительной системы"

## 2. Геотермальная система теплоснабжения с тепловыми насосами

При технико-экономическом обосновании экономии геотермальной теплоты рекомендуется геотермальная система теплоснабжения с применением теплонасосных установок (ТНУ). В летний период такая система может работать в режиме хладоснабжения.

Теплонасосные установки следует размещать на обратной линии геотермальных систем. На [рис.11](#) показана упрощенная схема с пиковой котельной и ТНУ.

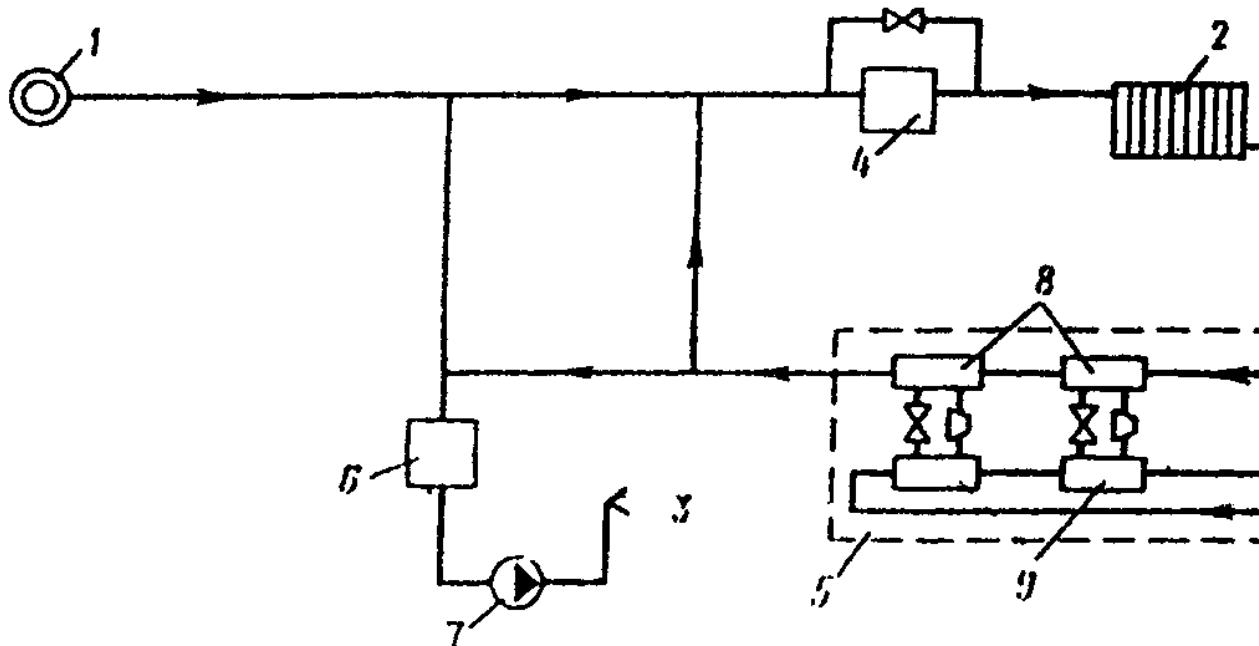


Рис. 11. Принципиальная схема системы геотермального теплоснабжения с применением пикового догрева и тепловых насосов  
1 — скважина; 2 — система отопления; 3 — система горячего водоснабжения; 4 — пиковая котельная; 5 — теплонасосная установка; 6 — бак-аккумулятор; 7 — насос; 8 — конденсаторы; 9 — испарители

"Рис.11. Принципиальная схема системы геотермального теплоснабжения с применением пикового догрева и тепловых насосов"

Системы геотермального теплоснабжения могут выполняться централизованными или децентрализованными.

2.1. Система централизованного теплоснабжения с компрессионными тепловыми насосами. Принципиальная схема системы изображена на [рис.12](#).

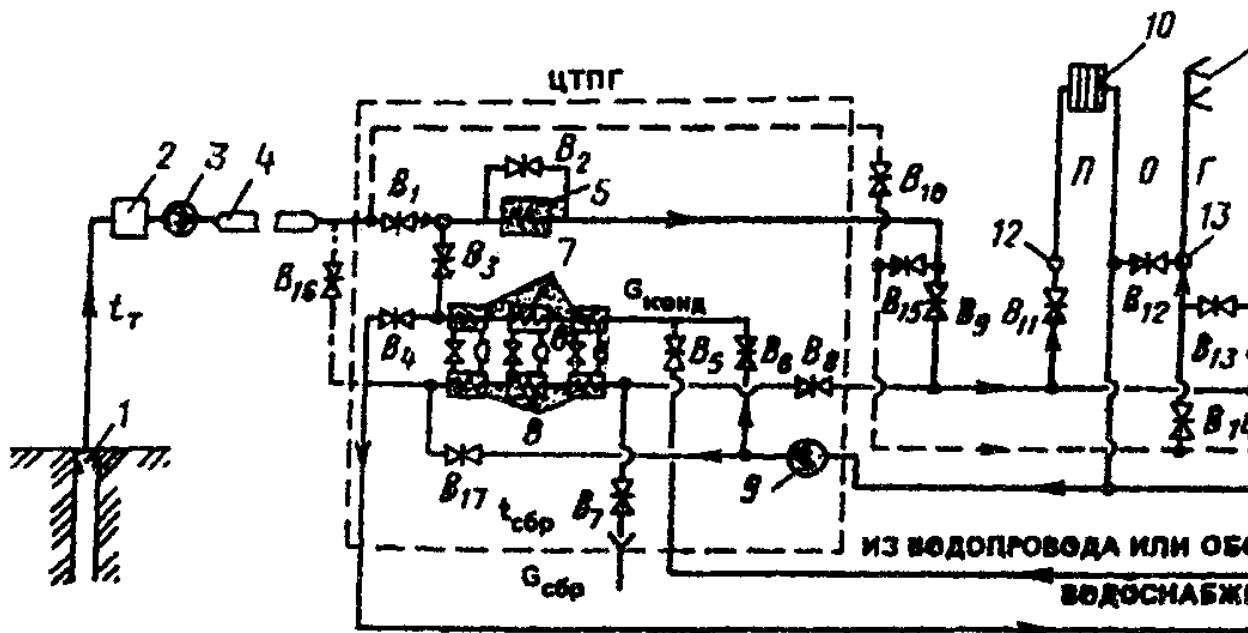


Рис. 12. Система централизованного теплохладоснабжения насосами

1 — источник; 2 — дегазация; 3 — насосная станция; 4 — транзитная пиковая котельная; 6 — агрегаты теплового насоса; 7 — конденсатор; 9 — циркуляционный насос; 10 — абоненты системы отопления горячего водоснабжения; 12 — смеситель системы отопления горячего водоснабжения; П, О — прямая и обратная вода системы горячего водоснабжения; В — вентили (здвижки)

"Рис.12. Система централизованного теплохладоснабжения с тепловыми насосами"

В этой системе при работе в режиме теплоснабжения:

а) трехтрубная тепловая сеть - открыты вентили В1, В9, В11, В12, В6, В3, В14, В7, В10, В17; закрыты вентили В4, В5, В8, В13, В15, В16. Вентиль В2 закрыт в период работы пиковой котельной;

б) двухтрубная тепловая сеть - открыты вентили В1, В9, В11, В12, В6, В3, В7, В13, В17; закрыты вентили В4, В5, В8, В10, В14, В15, В16.

При работе в режиме хладоснабжения открыты вентили В4, В5, В17, В8, В11, В14, В10 (или В14, В15); закрыты вентили В1, В15 (или В10), В12, В13, В6, В3, В7, В9, В16.

При работе в режиме теплоснабжения с низкотемпературными источниками теплоты ( $t'_{\text{т}} < t_{\text{о}}$ ) открыты вентили В1, В9, В11, В12, В13, В16, В6, В3, В17, В7; закрыты вентили В10, В15, В14, В4, В5, В8.

**Примечание:** При достаточном дебите термоводозабора возможен режим работы с закрытым вентилем В12.

2.2. Система децентрализованного теплохладоснабжения с компрессионными тепловыми насосами.

Принципиальная схема этой системы изображена на рис.13. При работе в режиме теплоснабжения открыты вентили В1, В11, В12, В6, В3, В10, В7; закрыты вентили В8, В4, В5, В9; вентиль В2 закрыт в период работы пиковой котельной. При работе в режиме хладоснабжения открыты вентили В1, В8, В5, В9, В4; закрыты вентили В6, В3, В7, В10, В11, В12.





где  $t'_k$   $t'_c$  расчетные температуры воды на выходе из конденсаторов и испарителей (сброс), °С; величина  $t'_c$  принимается 5 - 25°С;  $t'_o$  - расчетная температура обратной воды в тепловой сети после систем отопления, °С;  $\mu_o$  - отопительный коэффициент ТНУ, при ориентировочных расчетах принимается  $\mu_o = 3 - 4$ .

Ориентировочная установленная мощность ТНУ  $N_{Т.Н}$  и годовой расход электроэнергии  $P_{Т.Н}$  определяются по формулам:

$$N_{Т.Н} = (\mu_{Т.Н} \cdot Q'_{от}) / \mu_o \quad (11)$$

и

$$P_{Т.Н} = \mu_{Т.Н}^{ср} \cdot Q'_{от.сез.} \cdot T_{сез.} \cdot \phi_{и.ср.} / \mu_o^{ср.} \quad (12)$$

где  $\mu_{Т.Н}$  и  $\mu_{Т.Н}^{ср.}$  доля расчетной и среднегодовой тепловой мощности теплового насоса соответственно;  $\mu_o^{ср.}$  - среднегодовой отопительный коэффициент ТНУ;  $T_{сез.}$  - продолжительность отопительного сезона;  $\phi_{и.ср.}$  - среднегодовой коэффициент отпуска теплоты, который можно вычислить по [формуле \(3\)](#) п.2.6. Норм.

### 3. Открытая геотермальная система с комбинацией водяного и воздушного отопления

При исходных условиях проектирования аналогичных предыдущему пункту и высоком качестве геотермальной воды может быть рекомендована открытая геотермальная система теплоснабжения с последовательным включением водяного и воздушного отопления ([рис.14](#)).

В соответствии со схемой геотермальная вода из скважины 1 направляется параллельно в системы ГВ 7 и отопления. Вода, поступающая на отопление, проходит пиковый догрев 2 и затем подается в системы водяного отопления 3 и параллельно в калориферы второго подогрева 6 системы воздушного отопления 4. Обратная вода после калориферов второго подогрева 6 и систем водяного отопления 3 поступает в калориферы первого подогрева 5 и затем сбрасывается. Наличие пикового догрева в схеме не является обязательным и зависит от величины  $t'_т$ .

Регулирование системы производится путем уменьшения доли пикового догрева с переходом на пропуски при его отключении. Если пиковая котельная отсутствует или нежелательно переходить на ранние пропуски, то может производиться качественное регулирование путем подмешивания обратной воды. С учетом циркуляционной линии ГВ распределительные сети имеют четырехтрубную прокладку.

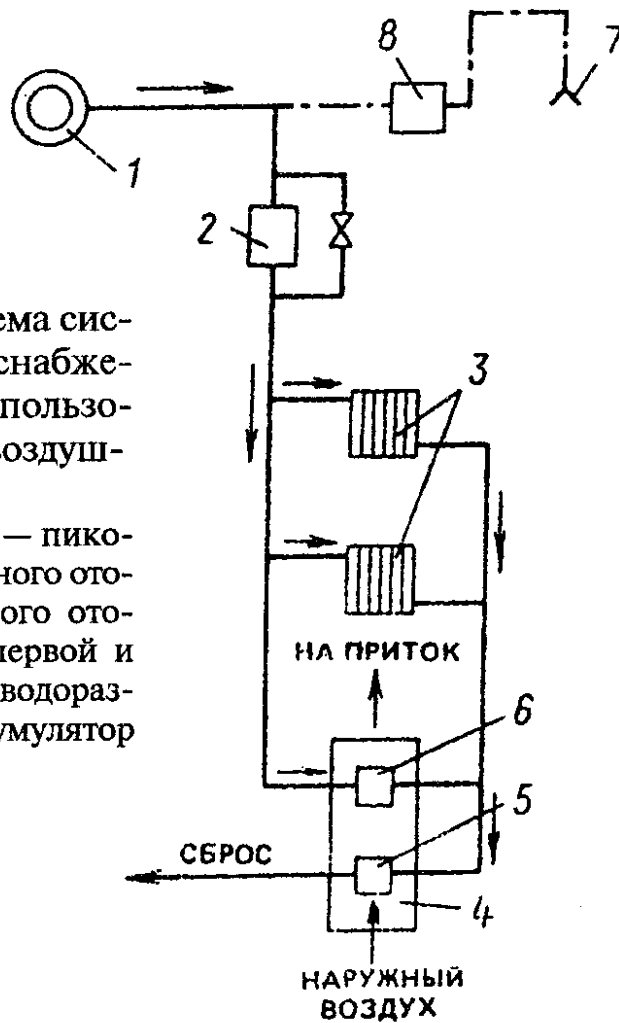


Рис. 14. Принципиальная схема системы геотермального теплоснабжения с комбинированным использованием систем водяного и воздушного отопления

1 — геотермальная скважина; 2 — пиковая котельная; 3 — система водяного отопления; 4 — система воздушного отопления; 5 и 6 — калориферы первой и второй ступени подогрева; 7 — водоразборный кран ГВ; 8 — бак-аккумулятор

"Рис.14. Принципиальная схема системы геотермального теплоснабжения с комбинированным использованием систем водяного и воздушного отопления"

Уравнение теплового баланса отопительных установок системы описывается выражением

$$(1 - \alpha_B) Q'_{от.} + Q'_B = c (G'_B + G'_{2П})(t'_{Т.Г} - t_c),$$

где  $\alpha_B$  — доля систем воздушного отопления в общей расчетной нагрузке объекта;  $Q'_{от.}$  — расчетная отопительная нагрузка объекта, МВт;  $Q'_B$  — расчетная теплопроизводительность систем воздушного отопления, МВт;

$$G'_B = \frac{Q'_{от.}(1 - \alpha_B)}{c(t'_{Т.Г} - t'_0)} \text{ —}$$

расчетный расход геотермальной воды в водных системах

$$G'_{2П} = \frac{Q'_{2П}}{c(t'_{ТГ} - t'_{o2})} \text{ —}$$

расчетный расход воды через калориферы второго подогрева;  $t'_{o2}$  — расчетная нагрузка и температура обратной воды к 2-го подогрева.

"Формула (13) Уравнение теплового баланса отопительных установок системы"

$$(1 - \alpha_B) Q'_{от.} + Q'_B = c (G'_B + G'_{2П})(t'_{Т.Г} - t_c),$$

где  $\alpha_B$  — доля систем воздушного отопления в общей расчетной нагрузке объекта;  $Q'_{от.}$  — расчетная отопительная нагрузка объекта, МВт;  $Q'_B$  — расчетная теплопроизводительность систем воздушного отопления, МВт;

$$G'_B = \frac{Q'_{от.}(1 - \alpha_B)}{c(t'_{Т.Г} - t'_o)} \text{ —}$$

расчетный расход геотермальной воды в водных системах

$$G'_{2П} = \frac{Q'_{2П}}{c(t'_{ТГ} - t'_{o2})} \text{ —}$$

расчетный расход воды через калориферы второго подогрева;  $t'_{o2}$  — расчетная нагрузка и температура обратной воды к 2-го подогрева.

"Формула (14) Расчетный расход геотермальной воды в водных системах отопления"

$$(1 - \alpha_B) Q'_{от.} + Q'_B = c (G'_B + G'_{2П})(t'_{Т.Г} - t_c),$$

где  $\alpha_B$  — доля систем воздушного отопления в общей расчетной нагрузке объекта;  $Q'_{от.}$  — расчетная отопительная нагрузка объекта, МВт;  $Q'_B$  — расчетная теплопроизводительность воздушного отопления, МВт;

$$G'_B = \frac{Q'_{от.}(1 - \alpha_B)}{c(t'_{Т.Г} - t'_0)} \text{ —}$$

расчетный расход геотермальной воды в водных системах

$$G'_{2П} = \frac{Q'_{2П}}{c(t'_{ТГ} - t'_{o2})} \text{ —}$$

расчетный расход воды через калориферы второго подогрева.  
 $t'_{o2}$  — расчетная нагрузка и температура обратной воды к 2-го подогрева.

"Формула (15) Расчетный расход воды через калориферы второго подогрева"

Применение схемы, представленной на [рис.14](#), возможно только при  $t'_{Т} \leq t'_{г.в} + \Delta t$ , где  $\Delta t$  - снижение температуры геотермального теплоносителя из-за теплопотерь при транспортировании. При низкой  $t'_{Т}$  схема может применяться без ГВ.

#### 4. Комплексные геотермальные системы теплоснабжения

Комплексные геотермальные системы теплоснабжения могут охватывать отопление гражданских зданий и, например, весенних теплиц, отопление гражданских, промышленных зданий и обеспечение технологических нужд производств (автомойки, прачечные и пр.), а также отопление теплиц и горячее водоснабжение гражданских и производственных зданий; они способны обеспечить существенное повышение технико-экономических показателей термоводозаборов с одновременным достижением дополнительного социального эффекта.

Выбор принципиальной схемы комплексной системы теплоснабжения, как и у всякой геотермальной системы, зависит от ряда исходных природных данных, уже рассмотренных ранее.

4.1. Комплексные геотермальные системы теплоснабжения, обеспечивающие отопление теплиц и горячее водоснабжение (ГВ) гражданских и промышленных зданий.

Принципиальные схемы комплексных систем, обеспечивающих отопление теплиц и горячее водоснабжение других объектов (в том числе и на технологические нужды), изображены на [рис.15](#) и [16](#).

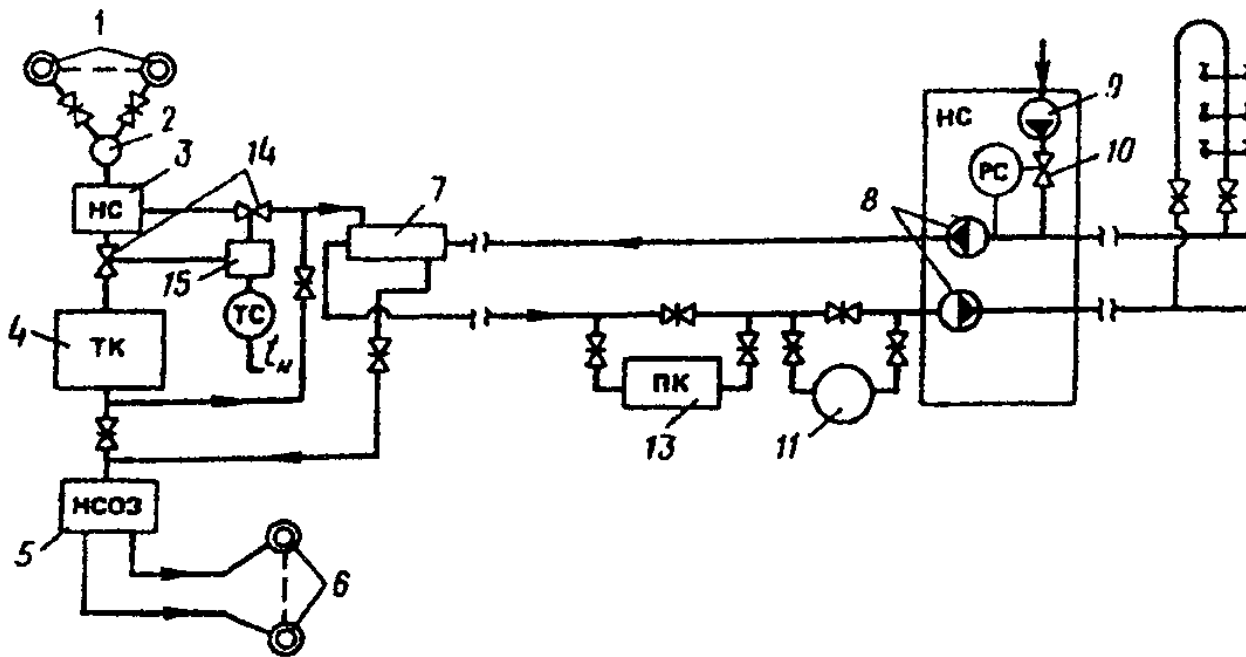


Рис. 15. Комплексная двухтрубная геотермальная система теплоснабжения с пиковой котельной

1 — геотермальные скважины; 2 — промежуточная сборная емкость; 3 — насосная станция; 4 — отопление тепличного комбината; 5 — насосная станция обратной закачки; 6 — скважины обратной закачки; 7 — сетевой теплообменник; 8 — подпиточный насос; 9 — регулятор подпитки; 10 — сетевой регулятор; 11 — водоразборный кран; 12 — пиковая котельная; 13 — задвижки; 14 — регулятор

"Рис.15. Комплексная двухтрубная геотермальная система теплоснабжения с пиковой котельной"

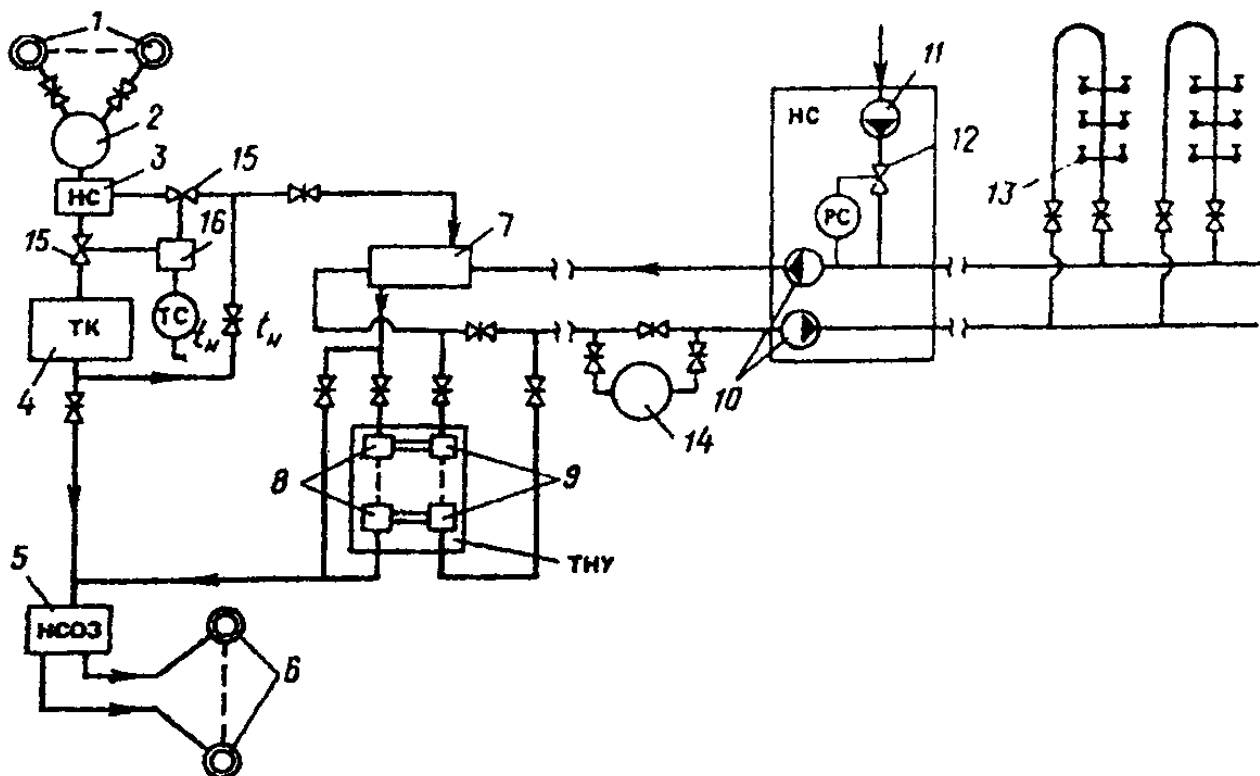


Рис. 16. Комплексная двухтрубная геотермальная система теплоснабжения с  
 1 — геотермальные скважины; 2 — промежуточная емкость; 3 — насосная станция  
 4 — отопление тепличного комбината; 5 — насосная станция обратной закачки  
 скважины обратной закачки; 7 — сетевой теплообменник; 8 — испарители ТНУ  
 конденсаторы ТНУ; 10 — сетевые насосы; 11 — подпиточный насос; 12 — регу.  
 подпитки; 13 — водоразборный кран; 14 — сетевой бак-аккумулятор; 15 — регу.  
 ющие задвижки; 16 — регулятор

"Рис.16. Комплексная двухтрубная геотермальная система теплоснабжения с ТНУ"

Наличие транзитного участка распределительных двухтрубных сетей связано с необходимостью расположения ЦТПГ на термоводозаборе ввиду обратной закачки (в другом случае это может быть место сброса). Системы различаются лишь видом пикового источника теплоты. В схеме на [рис.15](#) таким источником служит пиковая котельная, работающая на органическом топливе и расположенная в населенном пункте вблизи потребителя ГВ. В схеме на [рис.16](#) эту функцию выполняет теплонасосная установка (ТНУ), необходимость расположения которой на термоводозаборе при данных условиях сброса (обратной закачке) очевидна.

Подобные системы могут быть применены в тех случаях, когда геотермальный теплоноситель не отличается повышенной коррозионной активностью, но его качество не соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде. При этом источником питьевой воды служит водопровод населенного пункта.

При других исходных условиях возможны и другие схемные решения подобных комплексных систем. Например, возможно создание закрытой комплексной системы с однотрубной тепловой сетью ГВ ([рис.17](#)) при наличии вблизи термоводозабора источника питьевой воды и места сброса.

При расположении места сброса близ потребителей геотермальной теплоты ЦТПГ может быть расположен в населенном пункте. Однако такое его расположение удлинит протяженность тепловой сети, по которой циркулирует геотермальный теплоноситель, что нежелательно из-за распространенной повышенной коррозионной активности геотермальной воды. Создание систем, аналогичных приведенным, возможно также при независимом присоединении системы отопления тепличного комбината.

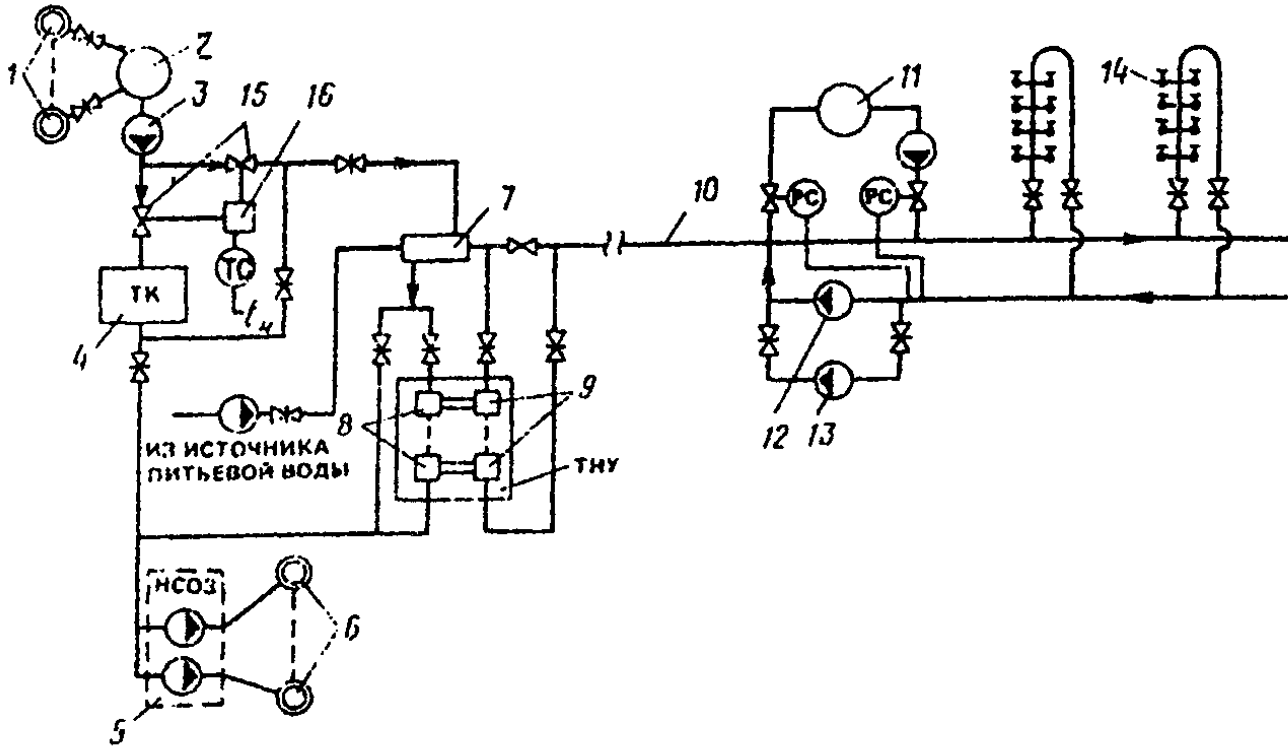


Учитывая регулирование отопительной нагрузки тепличного комбината (см. [разд.5 Норм](#)), в годовом цикле работы изображенных комплексных схем можно выделить три режима эксплуатации в зависимости от коэффициента отпуска теплоты на отопление  $\phi$ :

в летний период ( $\phi = 0$ ) термоводозабор имеет постоянный дебит геотермальной воды, обеспечивающий тепловую нагрузку ГВ;

с наступлением отопительного периода до включения пикового догрева ( $\phi < \phi_{п}$ ) дебит термоводозабора регулируется в зависимости от нагрузки отопления и полностью обеспечивает геотермальной теплотой потребности отопления и ГВ;

при низких температурах наружного воздуха ( $\phi \geq \phi_{п}$ ) дебит термоводозабора постоянен, равен максимальному и обеспечивает полностью потребность в теплоте отопления теплиц, в то время как на нужды ГВ теплоты не хватает. Нехватка геотермальной теплоты на нужды ГВ компенсируется пиковым догревом. Регулирование производится изменением тепловой мощности пикового источника теплоты.



**Рис. 17. Комплексная однотрубная закрытая геотермальная система теплоснабжения с ТНУ**

1 — геотермальные скважины; 2 — промежуточная емкость; 3 — сетевая насосная станция; 4 — тепличный комбинат; 5 — насосная станция обратной закачки; скважины обратной закачки; 7 — сетевой теплообменник ГВ; 8 и 9 — испаритель-конденсаторы ТНУ; 10 — однотрубная транзитная теплосеть; 11 — сетевой аккумулятор; 12 и 13 — сетевой и циркуляционный насосы; 14 — водоразборный кран; 15 — регулирующие задвижки; 16 — регулятор

"Рис.17. Комплексная однотрубная закрытая геотермальная система теплоснабжения с ТНУ"

При проектировании комплексных систем геотермального теплоснабжения, обеспечивающих отопление теплицы и ГВ зданий, за расчетные условия следует принимать расчетный режим эксплуатации системы отопления теплицы, т.е. при коэффициенте отпуска теплоты на отопление  $\phi = 1$ .

Установленная тепловая мощность пикового источника теплоты  $Q'_{п}$  определяется при этом по формуле

$$Q' = cG (t' - t^P), \tag{16}$$

где  $c$  - удельная теплоемкость геотермального теплоносителя, Дж/кг  $\times$   $^{\circ}$ С;  $G_{г.в}$  - среднесуточный расход питьевой воды в системе ГВ, кг/с;  $t'_{г.в}$  - расчетная начальная температура водопроводной воды в системе ГВ после пикового догрева,  $^{\circ}$ С;  $t_{г.в(р)} = t'_o$  - Дельта  $t'_{тo}$  расчетная температура водопроводной воды системы ГВ после сетевого теплообменника,  $^{\circ}$ С;  $t'_o$  - расчетная температура обратной воды в сети после системы отопления теплицы,  $^{\circ}$ С; Дельта  $t'_{тo}$  разность температур теплоносителей на "горячем" конце противоточного теплообменника в расчетном режиме (рекомендуется выбирать дельта  $t'_{т.o} = 5 - 10^{\circ}$ С).

Значение коэффициента отпуска теплоты  $\phi_{п}$ , соответствующее включению (выключению) пикового догрева, следует определять по формуле

(17)

$$\phi_{п} = 1 - \frac{Q'_{п}}{\varepsilon c G_{г.в} (t'_T - t'_o)}$$

где

$$\varepsilon = \frac{t'_{г.в} - t_{вод}}{t'_o - t_{вод}}$$

**ориентировочный коэффициент эффективности теплооб- парата системы ГВ в расчетном режиме;  $t_{вод}$  — расчетная ра водопроводной воды, поступающей в систему ГВ на  $^{\circ}$ С;  $t'_T$  — расчетная температура геотермальной воды,  $^{\circ}$ С.**

"Формула (17) Определение значения коэффициента отпуска теплоты  $\phi_{п}$ , соответствующего включению (выключению) пикового догрева"

(18)

$$\varphi_{\Pi} = 1 - \frac{Q'_{\Pi}}{\varepsilon c G_{\Gamma.В} (t'_T - t'_O)},$$

где

$$\varepsilon = \frac{t'_{\Gamma.В} - t_{\text{вод}}}{t'_O - t_{\text{вод}}}$$

ориентировочный коэффициент эффективности теплообменного аппарата системы ГВ в расчетном режиме;  $t_{\text{вод}}$  — расчетная температура водопроводной воды, поступающей в систему ГВ на  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t'_T$  — расчетная температура геотермальной воды,  $^{\circ}\text{C}$ .

"Формула (18) Ориентировочный коэффициент эффективности теплообменного аппарата системы ГВ в расчетном режиме"

Температура наружного воздуха  $t_{\text{н.п}}$ , соответствующая  $\varphi_{\Pi}$  при которой должен включаться (выключаться) пиковый догрев, определяется по формуле

(19)

$$t_{\text{н.п}} = t'_H + \frac{Q'_{\Pi} (t_B - t'_H)}{\varepsilon c G_{\Gamma.В} (t'_T - t'_O)},$$

где  $t_B$  — температура внутреннего воздуха теплиц,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t'_H$  — температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

"Формула (19) Температура наружного воздуха, соответствующая  $\varphi_{\Pi}$  при которой должен включаться (выключаться) пиковый догрев"

График регулирования тепловой мощности пикового источника теплоты  $Q_{\Pi}$ , МВт, следует строить, пользуясь зависимостью

$$Q_{\Pi} = Q'_{\Pi} - \kappa_{\text{си}} c G_{\Gamma.В} (1 - \varphi_{\Pi}) (t'_T - t'_O), \quad (20)$$

где  $\varphi_{\Pi}$  — текущий коэффициент отпуска теплоты.

График общего расхода геотермального теплоносителя в режиме регулирования дебита термоводозабора следует строить по формуле

(21)

$$\varphi = \frac{cG_T(t'_T - t'_{Г.В}) - \exp\left\{\frac{KF}{c}\left(\frac{1}{G_T} - \frac{1}{G_{Г.В}}\right)\right\} [cG_T(t'_T - t_{\text{вод.}}) - cG_{Г.В}(t'_{Г.В} - t_{\text{вод.}})]}{\left[1 - \exp\left\{\frac{KF}{c}\left(\frac{1}{G_T} - \frac{1}{G_{Г.В}}\right)\right\}\right] cG'_T(t'_T - t'_0)}$$

где  $G_T$  — текущий расход геотермальной воды, кг/с;  $K$  коэффициент теплопередачи в расчетном режиме ( $\text{Вт/м}^2$ );  $F$  площадь поверхности нагрева теплообменного аппарата  $\Gamma$

"Формула (21) Построение графика общего расхода геотермального теплоносителя в режиме регулирования дебита термоводозабора"

Для этого, подставляя в (21) значения текущего расхода  $G_T \leq G'_T$  получим соответствующие значения  $\varphi \leq \varphi_{\text{п}}$ . Затем, отложив по оси абсцисс вычисленные значения  $\varphi$ , а по оси ординат — принятые значения  $G_T$ , получаем искомый график. При этом расход теплоносителя в летнем режиме (при  $\varphi = 0$ ) определяется графически.

Произведение  $KF$  характеризует конструктивные особенности и размеры теплообменного аппарата и вычисляется по формуле

$$KF = \frac{cG_{Г.В}}{G_{Г.В} / G'_T - 1} \ln \frac{1 - \varepsilon}{1 - \varepsilon G_{Г.В} / G'_T} \quad \text{при } G_{Г.В} / G'_T \neq 1 \quad (22)$$

ИЛИ

$$KF = \frac{\varepsilon c G'_{Г.В}}{1 - \varepsilon} \quad \text{при } G_{Г.В} / G'_T = 1$$

"Формула (22) Произведение коэффициента теплопередачи в расчетном режиме и площади поверхности нагрева теплообменного аппарата ГВ, при  $G_{г.в}/G'_T$  не равном 1"

(23)

$$KF = \frac{cG_{Г.В}}{G_{Г.В} / G'_T - 1} \ln \frac{1 - \varepsilon}{1 - \varepsilon G_{Г.В} / G'_T} \quad \text{при } G_{Г.В} / G'_T$$

ИЛИ

$$KF = \frac{\varepsilon c G'_{Г.В}}{1 - \varepsilon} \quad \text{при } G_{Г.В} / G'_T =$$

"Формула (23) Произведение коэффициента теплопередачи в расчетном режиме и площади поверхности нагрева теплообменного аппарата ГВ, при  $G_{Г.В}/G'_T = 1$ "

График температуры сбросной геотермальной воды  $t(\phi)_c$  (необходимый для определения количества теплоты, возвращаемой в водоносный пласт при обратной закачке) следует строить по следующим расчетным зависимостям:

для систем с пиковой котельной в режиме максимального дебита термоводозабора и работы пикового догрева (т.е. при  $\phi_p \leq \phi$ )

(24)

$$t_c = t'_T - \varphi(t'_T - t'_o) - \frac{G_{Г.В}}{G'_T} \left\{ \varepsilon [t'_T - t_{\text{вод.}} - \varphi(t'_T - t'_o)] \right\}$$

для тех же систем в режиме регулирования дебита термоводозабора при  $\varphi < \varphi_{II}$ , а также для систем с ТНУ во всем диапазоне и

$$t_c = t'_T - \frac{1}{G_T} [\varphi G_T^I (t'_T - t'_o) + G_{Г.В} (t'_{Г.В} - t_{\text{вод.}})] -$$

для любого пикового источника теплоты при выключенном отоплении теплиц ( $\varphi = 0$ );

$$t_c = t'_T - \frac{G_{Г.В}}{G_T} (t'_{Г.В} - t_{\text{вод.}}) . \quad (26)$$

"Формула (24) Зависимость для построения графика температуры сбросной геотермальной воды  $t(\phi)_c$  в режиме максимального дебита термоводозабора и работы пикового догрева"

(25)

$$t_c = t'_T - \varphi(t_T - t'_o) - \frac{G_{Г.В}}{G'_T} \left\{ \varepsilon [t'_T - t_{\text{вод.}} - \varphi(t'_T - t'_o)] \right\}$$

для тех же систем в режиме регулирования дебита термоводоса (при  $\varphi < \varphi_{\Pi}$ ), а также для систем с ТНУ во всем диапазоне и

$$t_c = t'_T - \frac{1}{G_T} [\varphi G_T^1 (t'_T - t'_o) + G_{Т.В} (t'_{Г.В} - t_{\text{вод.}})] \quad \text{—}$$

для любого пикового источника теплоты при выключенном отоплении теплиц ( $\varphi = 0$ );

$$t_c = t'_T - \frac{G_{Г.В}}{G_T} (t'_{Г.В} - t_{\text{вод.}}) . \quad (26)$$

"Формула (25) Зависимость для построения графика температуры сбросной геотермальной воды  $t(\varphi)_c$  для тех же систем в режиме регулирования дебита термоводоса, а также для систем с ТНУ во всем диапазоне изменения  $\varphi$ "

(26)

$$t_c = t'_T - \varphi(t_T - t'_o) - \frac{G_{Г.В}}{G'_T} \left\{ \varepsilon [t'_T - t_{\text{вод.}} - \varphi(t'_T - t'_o)] \right\}$$

для тех же систем в режиме регулирования дебита термоводоса (при  $\varphi < \varphi_{\Pi}$ ), а также для систем с ТНУ во всем диапазоне и

$$t_c = t'_T - \frac{1}{G_T} [\varphi G_T^1 (t'_T - t'_o) + G_{Т.В} (t'_{Г.В} - t_{\text{вод.}})] \quad \text{—}$$

для любого пикового источника теплоты при выключенном отоплении теплиц ( $\varphi = 0$ );

$$t_c = t'_T - \frac{G_{Г.В}}{G_T} (t'_{Г.В} - t_{\text{вод.}}) . \quad (26)$$

"Формула (26) Зависимость для построения графика температуры сбросной геотермальной воды  $t(\phi)_c$  для любого пикового источника теплоты при выключенной системе отопления теплиц"

Во всех случаях текущий расход теплоносителя определяется по графику, построенному по [формуле \(21\)](#). Примеры укрупненного расчета описанных комплексных геотермальных систем теплоснабжения изложены в рекомендуемом [прил.6](#).

## Приложение 4 Рекомендуемое

### Примеры расчета коэффициента эффективности для различных систем геотермального теплоснабжения

В рассматриваемых ниже примерах доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемой соответственно на отопление альфа, вентиляцию бета и горячее водоснабжение гамма, принимаются исходя из условных соотношений нагрузок.

Общие исходные данные для рассматриваемых примеров:

температура геотермальной воды  $t'_T = 65^\circ\text{C}$ ;

расчетная температура воды, идущей на отопление,  $t'_{\Gamma} = \text{ню аг}$ ;

расчетная температура обратной воды после систем отопления  $t'_O = 40^\circ\text{C}$ ;

расчетная температура наружного воздуха для отопления  $t'_{\text{н}} = -13^\circ\text{C}$ ;

продолжительность отопительного сезона  $T_{\text{сез.}} = 160$  сут;

месторождение пластового типа, пласт полуограниченный с  $l_{\text{п}} = 5$  км;

расчетная нагрузка на отопление  $Q'_{\text{от}} = 0,81$  МВт;

расчетная нагрузка на горячее водоснабжение  $Q'_{\text{г.в}} = 0,35$  МВт;

центральное регулирование температуры теплоносителя в тепловых сетях - качественное, путем подмешивания сбросной воды к горячей.

#### А. Открытая двухтрубная геотермальная система теплоснабжения с присоединением систем ГВ к подающему трубопроводу (т.е. параллельная подача геотермального теплоносителя на отопление и горячее водоснабжение)

1. Удельный расход геотермальной воды, приходящей на 1 МВт расчетной тепловой нагрузки, определяется по [формуле \(12\)](#) Норм.

$$G_{\text{т}} = \frac{10^3}{4,19} \left( \frac{0,7}{65 - 40} + \frac{0,3}{65 - 5} \right) = 7,9 \text{ кг/с.}$$

2. Доля расчетного дебита геотермальной воды, расходуемой на отопление, определяется по [формуле \(9\)](#) Норм  $\alpha = 0,7 \times 10(3)/4,19 \times 7,9 \times (65 - 40) = 0,85$ .

То же, на горячее водоснабжение получим из [формулы \(14\)](#) Норм:  $\gamma = 1 - 0,85 = 0,15$ .

3. Степень относительного использования максимума нагрузки определяется по формулам [табл.1](#) Норм: на отопление

$$Z_{\text{от.}} = \frac{(T_{\text{сез.}} \cdot \phi_{\text{ср.от.}})}{8500},$$

где  $\phi_{\text{ср.от.}}$  - среднеотопительный коэффициент отпуска теплоты, определяемый по [формуле \(3\)](#) п.2.6 Норм.

Пусть  $\phi_{\text{ср.от.}} = 0,52$ , тогда  $Z_{\text{от.}} = (160 \times 24 \times 0,52)/8500 = 0,23$ ; на горячее водоснабжение  $Z_{\text{г.в}} = (5500 + 0,35 \times 160 \times 24)/8500 = 0,805$ .

4. Коэффициент использования скважины определяется по формулам [табл.1](#) Норм: для отопления

$$\frac{\overline{\text{тау}}}{\text{СКВ.от}} = 0,23 \frac{65 - 40}{(65 - 18 - 5) - 0,52(40 - 18 - 5)} = 0,173;$$

для горячего водоснабжения среднее значение  $(\tau_{\text{скв.г.в}}) = (6800 + 0,2 \times 160 \times 24)/8500 = 0,89$

5. Средневзвешенная величина коэффициента использования скважины по [формуле \(13\)](#) Норм среднее значение  $(\tau_{\text{скв.об}}) = 0,85 \times 0,17 + 0,15 \times 0,89 = 0,28$ .

6. Степень относительного увеличения расчетного дебита скважины в целом для объекта определяется при известном  $\tau_{\text{скв.об}} = 0,28$  для полуограниченного пласта с  $l_{\text{п}} = 5$  км по [рис.1](#) -  $\sigma_{\text{об}} = 1,55$ .

7. Степень относительного срабатывания температурного перепада определяется по формулам: на отопление

$$i_{\text{от.г}} = (t'_{\text{г}} - t'_{\text{о}}) / (t'_{\text{г}} - 5); \quad t'_{\text{г}} = t'_{\text{т}} = 65^{\circ}\text{C};$$

$$i_{\text{от.г}} = (65 - 40) / (65 - 5) = 0,417;$$

на горячее водоснабжение  $i_{\text{г.в}} = 1$  (так как  $t'_{\text{г.в}} = t'_{\text{т}}$ )

8. Коэффициент эффективности геотермального теплоснабжения для данной схемы определяется по [формуле \(8\)](#) Норм  $\text{эта(об)}_{\text{геот.}} = (0,85 \times 0,417 \times 0,23 + 0,15 \times 1 \times 0,805) \times 1,55 = 0,31$ .

### Б. Зависимая система отопления с пиковым догревом геотермального теплоносителя

$$t'_{\text{т.г}} = 100^{\circ}\text{C},$$

$$1. \quad G_{\text{т}} = \frac{10^3}{4,19} \left( \frac{0,7}{100 - 40} + \frac{0,3}{65 - 5} \right) = 4 \text{ кг/с},$$

$$2. \quad \alpha = \frac{0,7 \times 10^3}{4,19 (100 - 40) 4} = 0,7,$$

$$\gamma = 1 - 0,7 = 0,3.$$

3. Коэффициент отпуска теплоты, соответствующий моменту отключения пикового догрева, определяется по [формуле \(7\)](#) Норм  $\text{фи}_{\text{п.от}} = (65 - 18 - 5) / (100 - 18 - 5) = 0,545$ .

4. Пусть коэффициент отпуска теплоты, соответствующий моменту окончания отопительного сезона  $\text{фи}_{\text{к}} = 0,27$ .

5. Ориентировочная продолжительность работы пикового догрева  $T(\text{сут})_{\text{п}}$  определяется по [формуле \(4\)](#) Норм:

$$T_{\text{п}} = (1 - \text{фи}_{\text{п.от}})^{1/\text{В}} / \text{А},$$

где А и В эмпирические коэффициенты, определяемые соответственно по графикам [рис.3](#) и [4](#). При  $t'_{\text{н}} = -13^{\circ}\text{C}$ ; А = 0,04; В = 0,6. Тогда

$$T_{\text{п}} = (1 - 0,545)^{1/0,6} / 0,04 = 57,5 \text{ сут.}$$

6. Относительный коэффициент отпуска теплоты определяется по [формуле \(5\)](#) Норм среднее значение  $(\text{фи}_{\text{от.}}) = (0,545 + 0,27) / (2 \times 0,545) = 0,75$ .



7. Температура сбросной воды, соответствующая моменту отключения пикового догрева, приближенно определяется по формуле

$$t_{\text{сп}} = \phi_{\text{и}} \left( t_{\text{п}}' - t_{\text{о}} - 5 \right) + \left( t_{\text{в}} + 5 \right),$$

$$t_{\text{сп}} = 0,545 (40 - 18 - 5) + (18 + 5) = 32,3^{\circ}\text{C}$$

8. Коэффициент использования скважины при отоплении определяется по формуле из [табл.1](#) Норм

$$\frac{\tau_{\text{ау}}}{\text{скв.от}} = \frac{57,5 \times 24}{8500} + \frac{(160 - 57,5) 24}{8500} \times$$

$$\times \frac{0,75 (65 - 32,3)}{(65 - 18 - 5) - 0,75 (32,3 - 18 - 5)} = 0,365.$$

9. Доля пикового догрева на отопление определяется по графикам [рис.2](#) Норм. При

$$\frac{t_{\text{т.г}}' - t_{\text{т}}'}{t_{\text{т}}' - t_{\text{в}} - 5} = \frac{100 - 65}{100 - 18 - 5} = 0,45$$

и

$$t_{\text{т.г}}' - t_{\text{с}}' = 100 - 40 = 60^{\circ}\text{C},$$

$$d_{\text{п}} = 0,11.$$

10. Степень относительного срабатывания температурного перепада:

для систем отопления  $i_{\text{от}} = (100 - 40)/(65 - 5) = 1$ ;

для систем горячего водоснабжения  $i_{\text{г.в}} = 1$ .

11. Средневзвешенная величина коэффициента использования скважины определяется по [формуле \(13\)](#) Норм среднее значение  $(\tau_{\text{ау\_скв.от}}) = 0,7 \times 0,365 + 0,3 \times 0,89 = 0,523$ , среднее значение  $(\tau_{\text{ау\_скв.г.в}}) = 0,89$  (см. предыдущий [пример](#)).

12. По [рис.1](#) определяем  $\sigma_{\text{об}} = 1,16$ .

13. Коэффициент эффективности геотермального теплоснабжения объекта равен  $\text{эта(об)}_{\text{геот}} = [0,7 \times 1 \times 0,23(1 - 0,11) + 0,3 \times 1 \times 0,805]1,16 = 0,446$ .

**Приложение 5**  
**Обязательное**

### **Пример подбора отопительных приборов и построение графиков регулирования геотермальных систем отопления**

Ниже приведен пример расчета требуемого номинального теплового потока отопительного прибора геотермальной системы отопления, устанавливаемого в помещении.

Исходные данные:

расчетная мощность прибора  $Q = 1000$  Вт;

расчетная температура горячей воды  $t''_Г = 80^\circ\text{C}$ ;  
расчетная температура внутреннего воздуха в помещении  $t_В = 18^\circ\text{C}$ .

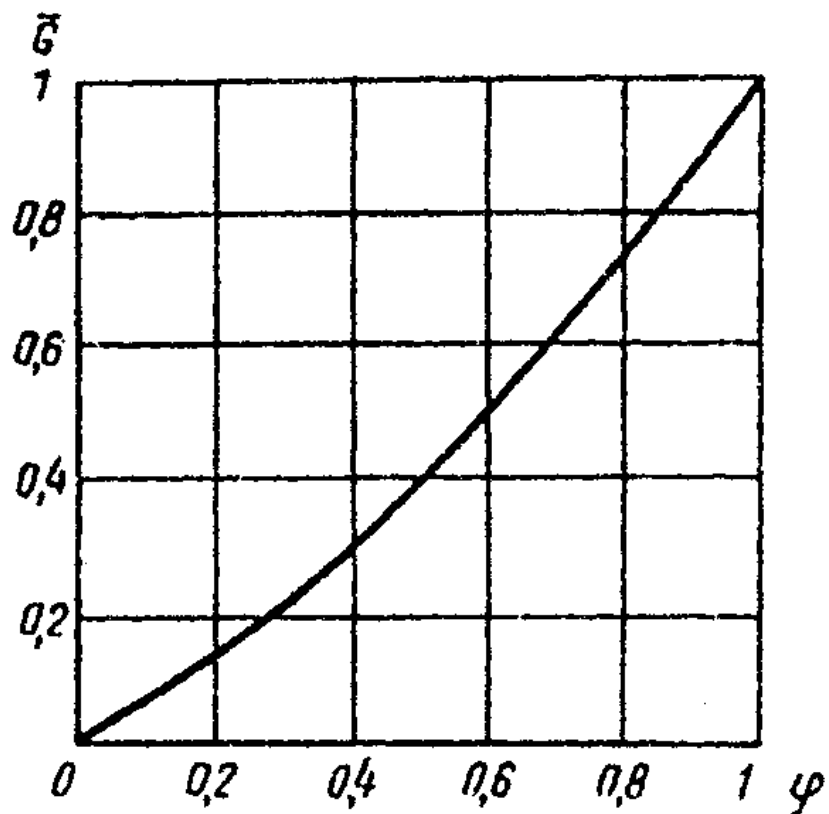


Рис. 1. График расхода теплоносителя при количественном регулировании отопительной нагрузки ( $t''_Г = 80^\circ\text{C}$ ,  $t''_О = 35^\circ\text{C}$ ,  $t_В = 18^\circ\text{C}$ )

"Рис.1. График расхода теплоносителя при количественном регулировании отопительной нагрузки"

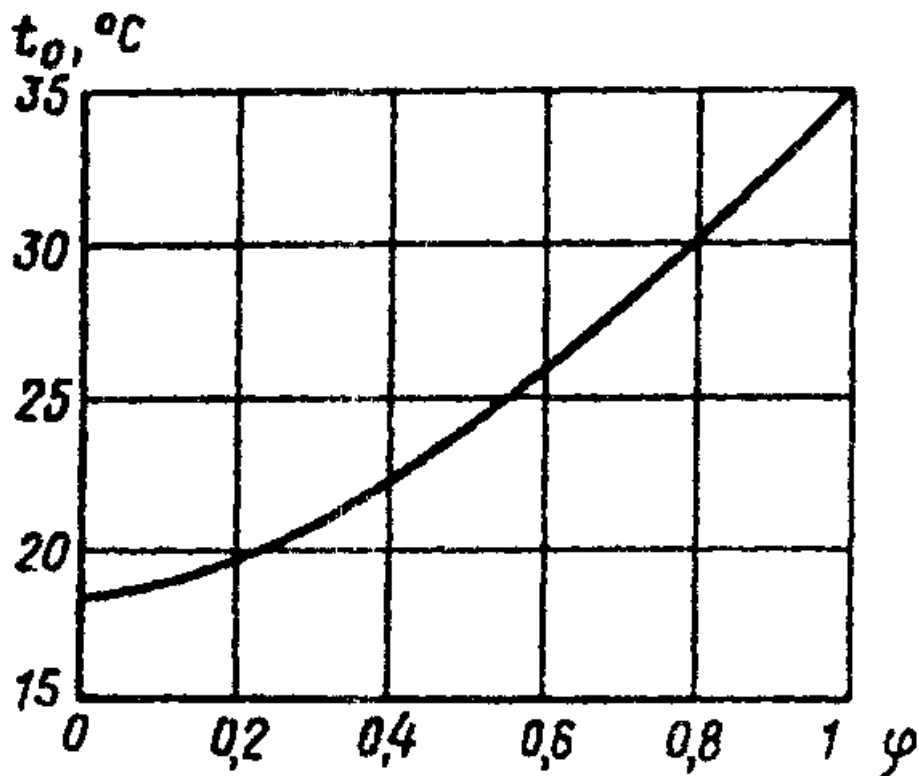


Рис. 2. График температуры обратной воды при количественном регулировании отопительной нагрузки ( $t''_{\Gamma} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t''_{\text{O}} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{B}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

"Рис.2. График температуры обратной воды при количественном регулировании отопительной нагрузки"

1. Зададимся расчетной температурой обратной воды  $t''_{\text{O}} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$
2. Определяем расчетную степень срабатывания теплового потенциала теплоносителя при заданных условиях по формуле (17)  $\text{тау}' = (80 - 35)/(80 - 18) = 0,73$ .  
Поскольку  $\text{тау}' > 0,4$ , расчет следует вести по формуле (18).
3. Определим расчетный расход теплоносителя через отопительный прибор

$$G_{\text{П}} = \frac{Q}{c(t''_{\Gamma} - t''_{\text{O}})} = \frac{1000}{4,19 \times 10^3 (80 - 35)} = 0,005 \text{ кг/с.}$$

4. Выбираем тип отопительного прибора - конвектор КН-20 "Комфорт" ( $n = 0,35$ ;  $p = 0,07$ ) и по формуле (20) вычисляем расчетный среднестепенной температурный напор.

$$\text{Дельта } t_{\text{ст}} = \left\{ \frac{0,35[(80 - 18) - (35 - 18)]}{(35 - 18)^{-0,35} - (80 - 18)^{-0,35}} \right\}^{1/1,35} = 33,9 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Для вычисления Дельта t\_ст можно также воспользоваться программой 1 прил.7.

5. Определим значения среднее значение (G\_п) и Дельта среднего значения (t\_ст.) по формулам (21) и (19): среднее значение (G\_п) = 0,005/0,1 = 0,05; Дельта среднего значения (t\_ст) = 33,9/70 = 0,48.

6. Определим по формуле (18) номинальный тепловой поток отопительного прибора, который необходимо установить в данном помещении: Q\_н = 1000/0,48(1,35) x 0,05(0,07) = 3322 Вт.

Сопоставление полученного результата с паспортными данными на КН-20 показывает, что в данном случае для покрытия расчетных теплопотерь следует установить 3 прибора КН-20 - 2,0, имеющих длину оребренной части 700 мм или 2 прибора КН-20 - 2,9 с длиной оребренной части 1000 мм.

7. В тех случаях, когда полученное в результате расчета количество приборов по конструктивным соображениям в помещении размещено быть не может, расчет следует повторить, увеличив расчетную температуру обратной воды: 40; 45; 50°C и т.д.

**Примечание:** Номинальный тепловой поток Q\_н отопительного прибора, который необходимо установить в помещении, можно также определять, пользуясь программой N 2 рекомендуемого прил.7.

Для построения графика количественного регулирования отопительной нагрузки вначале определим величину xi, воспользуясь формулой (29) или программой 3 рекомендуемого прил.7.

$$\begin{aligned} \chi_i = \ln 0,5 \left[ \ln \frac{80 - 0,5(35 + 18)}{80 - 35} + \frac{1}{1 - 0,07} \times \right. \\ \left. \times \ln \frac{(35 - 18)^{-0,35} - (80 - 18)^{-0,35}}{0,5^{-0,35} (35 - 18)^{-0,35} - (80 - 18)^{-0,35}} \right] = 1,61. \end{aligned}$$

Далее, пользуясь формулой (28) или программой 4, а также формулой (30), построим графики расхода теплоносителя и температуры обратной воды системы отопления (см. рис.1 и 2).

## Приложение 6 Рекомендуемое

### Пример расчета комплексной системы геотермального теплоснабжения

Определим основные технические показатели комплексной системы геотермального теплоснабжения, обеспечивающей отопление теплицы и горячее водоснабжение зданий (см. рис.15 - 16 рекомендуемого прил.3), которые необходимы для технико-экономических расчетов.

Исходные данные:

температура термальной воды t'\_т = 90°C;

расчетная температура обратной воды системы отопления теплицы t'\_о = 50°C;

расчетная температура наружного воздуха t'\_н = - 22°C;

температура водопроводной воды t\_вод. = 10°C

температура внутреннего воздуха в теплице t\_в = 18°C;

расчетный дебит геотермальной воды термоводозабора G'\_т = 139 кг/с;

расчетная начальная температура нагреваемой воды в системе ГВ после ЦТПГ t\_г.в = 62°C;

расчетный среднесуточный расход воды в системе ГВ G\_г.в = 75 кг/с.

1. Зададимся расчетной температурой водопроводной воды после теплообменного аппарата

$$t_{г.в}^p = t_{г.в}' - \text{Дельта } t_{т.о}' = 50 - 5 = 45^\circ\text{C}$$

(см. рекомендуемое прил.3).

2. Требуемый коэффициент эффективности теплообменного аппарата ГВ определим по формуле (18) рекомендуемого прил.3. эпсилон = (45 - 10)/(50 - 10) = 0,88.

3. Произведение KF, характеризующее конструкцию и размеры теплообменного аппарата, в соответствии с формулой (22) рекомендуемого прил.3 равно:

$$KF = \frac{4,19 \times 10^3 \times 75}{75/139 - 1} \ln \frac{1 - 0,88}{1 - 0,88 \times 75/139} = 1,01 \times 10^6 \text{ Вт/}^\circ\text{C}$$

(т.е. например при  $K = 1000 \text{ Вт/(м}^2 \times ^\circ\text{C)}$ ,  $F = 1010 \text{ м}^2$ ).

4. Установленная тепловая мощность пикового источника теплоты определяется по [формуле \(16\)](#) рекомендуемого прил.3.  $Q'_{п} = 4,19 \times 10^3 \times 75 [62 - 10 - 0,88 (50 - 10)] = 5,2 \text{ МВт}$ .

5. Значение коэффициента отпуска теплоты, соответствующее включению (отключению) пикового догрева, определяется по [формуле \(17\)](#) рекомендуемого прил.3.

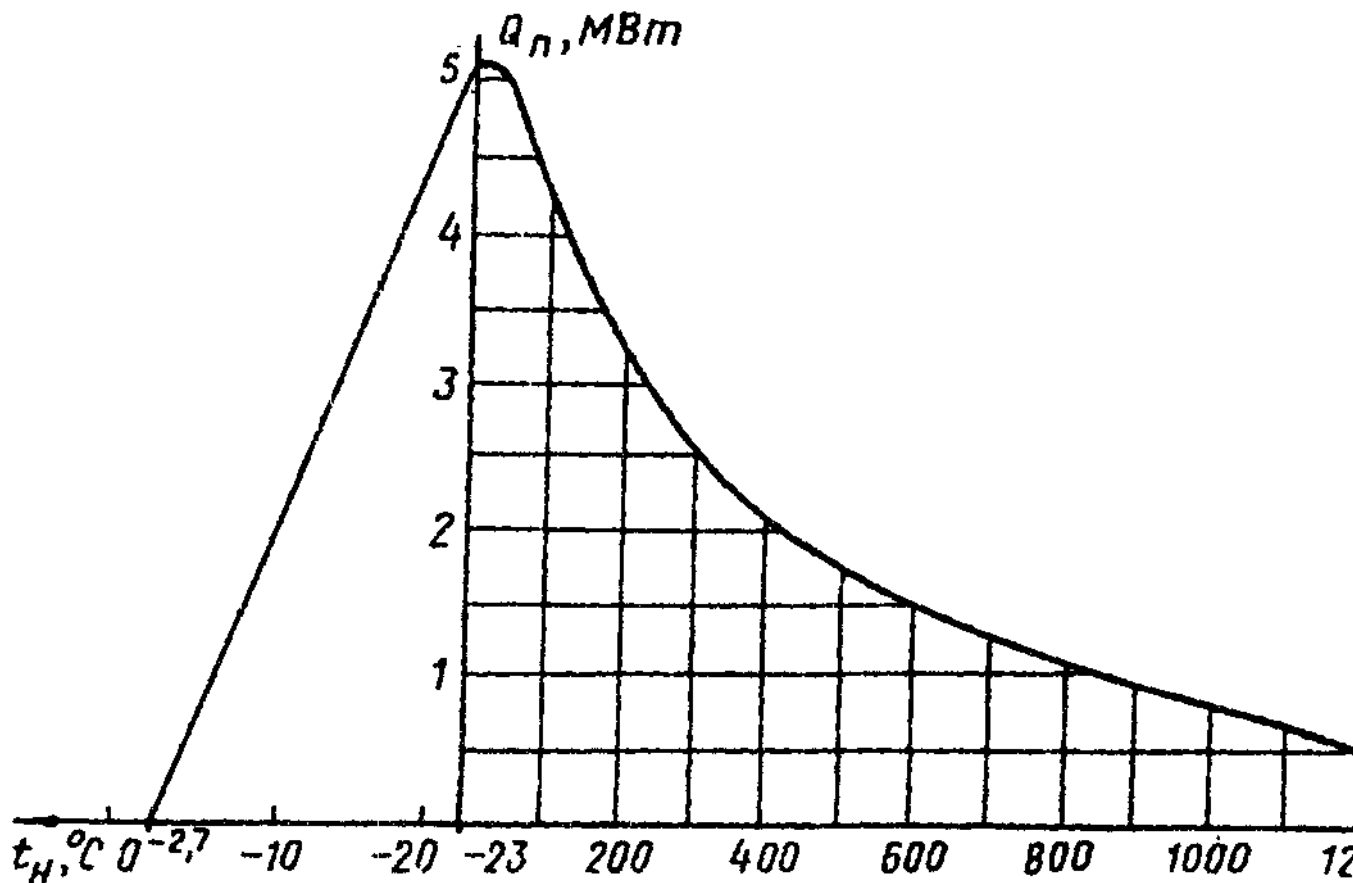
$$\phi_{п} = 1 - \frac{5,2 \times 10^6}{0,88 \times 4,19 \times 10^3 \times 75 (90 - 50)} = 0,53,$$

а соответствующая  $\phi_{п}$  температура наружного воздуха  $t_{н.п}$  по [формуле \(19\)](#) того же приложения

$$t_{н.п} = -22 + \frac{5,2 \times 10^6 [18 - (-22)]}{0,88 \times 4,19 \times 10^3 \times 75 (90 - 50)} = -2,7^\circ\text{C}.$$

6. В соответствии с данными климатологии (г.Грозный Чечено-Ингушской АССР) продолжительность работы пикового догрева (при  $t_{н} \leq -2,7^\circ\text{C}$ ) составит 1457 часов приблизительно 61 сут.

Годовую выработку теплоты для пикового догрева можно установить, определив площадь, описанную графиком годовой выработки теплоты ([рис.1](#)), которая в данном случае равна 8100 ГДж/год. При среднем к.п.д. пиковой котельной 0,7 для выработки этого количества теплоты потребуется 1421 т у.т. В системе с теплонасосной установкой расход электроэнергии в ТНУ при среднем коэффициенте преобразования 3,5 составит  $\mathcal{E} = 8100/3,5 = 2314 \text{ ГДж/год}$ .



**Рис. 1. График продолжительности тепловой нагрузки пикового источника теплоты**

"Рис.1. График продолжительности тепловой нагрузки пикового источника теплоты"

Годовой расход геотермального теплоносителя можно определить, установив площадь, описанную графиком продолжительности расхода геотермального теплоносителя (см. [рис.2](#)), который построен на основании графика регулирования  $S(\phi)_t$  по [формуле \(21\)](#) рекомендуемого прил.3. В рассматриваемом случае годовой расход теплоносителя составляет  $2,6 \times 10$  т/год.

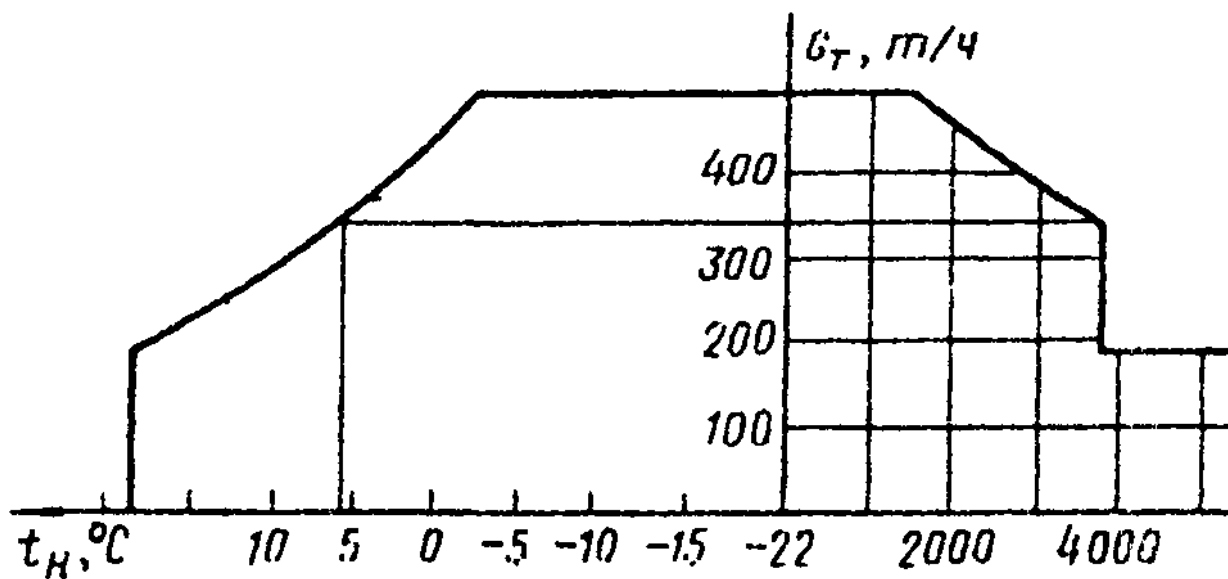
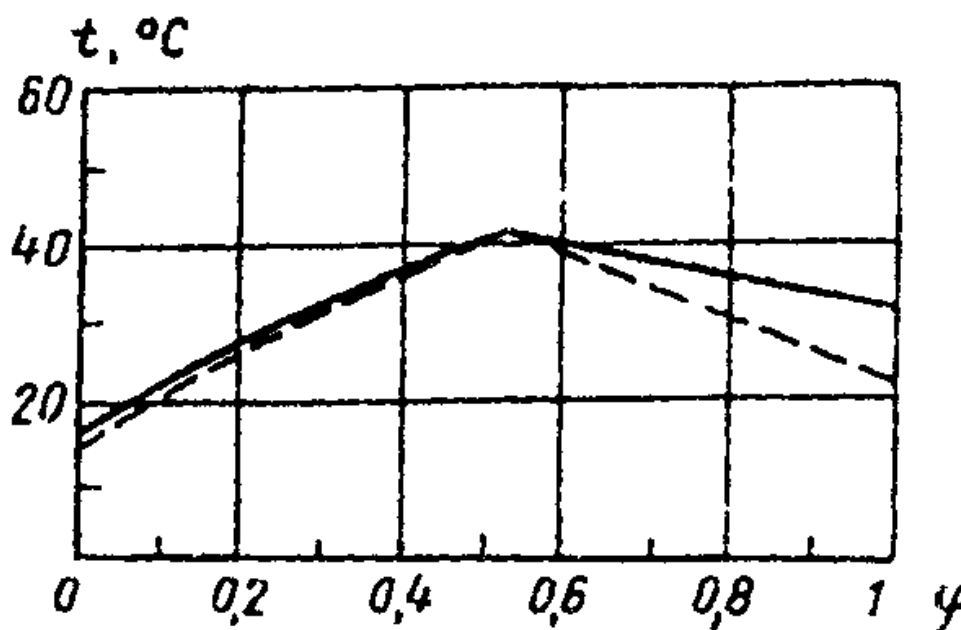


Рис. 2. График продолжительности расхода геотермально

"Рис.2. График продолжительности расхода геотермального теплоносителя"

График температуры сбросной геотермальной воды (необходимый для расчета пластовой циркуляционной системы), построенный по соответствующим зависимостям, приведенным в рекомендуемом [прил.3](#), представлен на [рис.3](#). Температура сбросной воды в летний период эксплуатации равна 16,1°C, в расчетный период в системе с пиковой котельной  $t'_{с} = 31^{\circ}\text{C}$  в системе с ТНУ - 22°C.



**Рис. 3. Температура сбросной геотермальной воды**  
 ————— — комплексная система с пиковой  
 - - - - - — то же, с НТУ

"Рис.3. Температура сбросной геотермальной воды"

Приложение 7  
 Рекомендуемое

**Прикладные программы для расчетов элементов геотермальных систем теплоснабжения на микроЭВМ**

1. Вычисление расчетного среднестепенного температурного напора
2. Вычисление номинального теплового потока отопительных приборов геотермальных систем отопления
3. Вычисление показателя  $\chi$  для построения графиков количественного регулирования отопительной нагрузки
4. Построение графика расхода теплоносителя при количественном регулировании отопительной нагрузки
5. Построение графика регулирования расхода геотермальной воды в комплексной системе геотермального теплоснабжения

Ниже приведены программы и инструкции к ним для вычислений по некоторым расчетным зависимостям данных норм на микрокалькуляторах БЗ-34, МК-54, МК-56 и МК-61. Отдельные операции, обозначенные на этих типах машин по-разному, с целью унификации даны в обозначениях машины БЗ-34.

**1. Вычисление расчетного среднестепенного температурного напора (формула 20)**



### Программа 1

Адрес	Команда	Код
00	ИП1	61
01	ИП2	62
02	-	11
03	ИП0	60
04	X	12
05	П4	44
06	ИП1	61
07	ИП3	63
08	-	11
09	П5	45
10	ИП0	60
11	/ - /	0L
12	ИП5	65
13	F(y) x	24
14	П5	45
15	ИП2	62
16	ИП3	63
17	-	11
18	П6	46
19	ИП0	60
20	/ - /	0L
21	ИП6	66
22	F(y) x	24
23	ИП5	65
24	-	11
25	ИП4	64
26	-	13
27	F1/X	23
28	П7	47

29	ИПО	60
30	1	01
31	+	10
32	F1/X	23
33	ИП7	67
34	F(y) x	24
35	С/П	50

### Инструкция к программе 1

Содержание	Набрать число	Выполнить команды	Результат
п.1. Ввести <u>программу 1</u>			
п.2. Занести в память исходные данные	n	ПО	
	t''_r	П1	
	t''_o	П2	
	t_в	П3	
п.3. Вычислить Дельта t_ст.		В/О С/П	Значение Дельта t_ст. в регистре X

### 2. Вычисление номинального теплового потока отопительных приборов геотермальных систем отопления

#### Программа 2

Адрес	Команда	Код
00	ИП1	61
01	ИП2	62
02	-	11
03	ИПО	60
04	X	12
05	П4	44
06	ИП1	61

07	ИП3	63
08	-	11
09	П5	45
10	ИП0	60
11	/ - /	0L
12	ИП5	65
13	F(y) x	24
14	П5	45
15	ИП2	62
16	ИП3	63
17	-	11
18	П6	46
19	ИП0	60
20	/ - /	0L
21	ИП6	66
22	F(y) x	24
23	ИП5	65
24	-	11
25	ИП4	64
26	-	13
27	F1/X	23
28	П7	47
29	ИП0	60
30	1	01
31	+	10
32	F1/X	23
33	ИП7	67
34	F(y) x	24
35	7	07
36	0	00
37	-	13

38	П7	47
39	ИП0	60
40	1	01
41	-	10
42	ИП7	67
43	F(y) x	24
44	П7	47
45	ИП8	68
46	0	00
47	,	0-
48	1	01
49	-	13
50	П4	44
51	ИП9	69
52	ИП4	64
53	F(y) x	24
54	ИП7	67
55	x	12
56	ИПа	6-
57	-	13
58	F1/X	23
59	СП	50

### Инструкция к программе 2

Содержание	Набрать число	Выполнить команды	Результат
п.1. Ввести <a href="#">программу 2</a>			
п.2. Занести в память исходные данные	n	П0	
	t''_r	П1	
	t''_o	П2	

	t <sub>в</sub>	ПЗ	
	G <sub>п</sub>	П8	
	p	П9	
	Q	Па	
п.3. Вычислить Q <sub>н</sub>		В/О С/П	Значение Q <sub>н</sub> в регистре X

**3. Вычисление показателя xi для построения графиков  
количественного регулирования отопительной нагрузки (формула 29)**

**Программа 3**

Адрес	Команда	Код
00	ИП1	61
01	ИП2	62
02	+	10
03	2	02
04	-	13
05	/ - /	0L
06	ИП0	60
07	+	10
08	П5	45
09	ИП0	60
10	ИП1	61
11	-	11
12	ИП5	65
13	-	13
14	F1/X	23
15	Fln	18
16	П5	45
17	ИП0	60
18	ИП2	62
19	-	11

20	П8	48
21	ИП3	63
22	/ - /	0L
23	П9	49
24	ИП8	68
25	F(y) x	24
26	П7	47
27	ИП1	61
28	ИП2	62
29	-	11
30	П6	46
31	ИП9	69
32	ИП6	66
33	Fx(y)	24
34	Па	4-
35	ИП7	67
36	-	11
37	Пв	4L
38	ИП9	69
39	0	00
40	,	0
41	5	05
42	F(y) x	24
43	ИПа	6-
44	x	12
45	ИП7	67
46	-	11
47	ИП6	66
48	-	13
49	F1/X	23

50	Fln	18
51	Пс	4С
52	1	01
53	ИП4	64
54	-	11
55	F1/X	23
56	ИПс	6С
57	X	12
58	ИП5	65
59	+	10
60	F1/X	23
61	Пс	4С
62	0	00
63	,	0-
64	5	05
65	Fln	18
66	ИПс	6С
67	X	12
68	С/П	50

### Инструкция к программе 3

Содержание	Набрать число	Выполнить команды	Результат
п.1. Ввести <u>программу 3</u>			
п.2. Занести в память постоянные исходные данные	t'_r	П0	
	t'_o	П1	
	t_в	П2	
	n	П3	
	p	П4	
п. 3. Определить значение хи		В/О С/П	хи в рег. X

**4. Построение графика расхода теплоносителя при количественном регулировании отопительной нагрузки (формула 28)**

**Программа 4**

Адрес	Команда	Код
00	П0	40
01	ИП1	61
02	ИП2	62
03	-	11
04	П5	45
05	ИП1	61
06	ИП3	63
07	-	11
08	П6	46
09	ИП2	62
10	ИП3	63
11	-	11
12	П7	47
13	ИП4	64
14	ИП0	60
15	F (y) x	24
16	ИП7	67
17	X	12
18	/ - /	0L
19	ИП6	66
20	+	10
21	ИП5	65
22	-	13
23	F1/X	23
24	ИП0	60
25	X	12



26	C/11	50
----	------	----

### Инструкция к программе 4

Содержание	Набрать число	Выполнить команды	Результат
п.1. Ввести <a href="#">программу 4</a>			
п.2. Занести в память постоянные исходные данные	t'_r	П1	
	t'_o	П2	
	t_в	П3	
	хи	П4	
п.3. Определить очередное значение G(среднее)	очередное значение фи	В/0 С/П G(среднее)	G(среднее) в рег. X
п.4. Для определения следующего значения G(среднее) - к <a href="#">п.3</a>			

### 5. Построение графика регулирования расхода геотермальной воды в комплексной системе геотермального теплоснабжения (формула 21 рекомендуемого прил.3)

#### Программа 5

Адрес	Команда	Код
00	П9	49
01	ИП7	67
02	ИП5	65
03	-	11
04	ИП9	69
05	X	12
06	ИП0	60
07	X	12
08	Па	4-
09	ИП3	63
10	F1/X	23
11	Пв	4L

12	ИП9	69
13	F1/X	23
14	ИПВ	6L
15	-	11
16	ИП1	61
17	X	12
18	ИП2	62
19	X	12
20	ИП0	60
21	-	13
22	Fe (x)	16
23	Пс	4C
24	ИП5	65
25	ИП6	66
26	-	11
27	ИП0	60
28	X	12
29	ИП3	63
30	X	12
31	Пd	4Г
32	ИП7	67
33	ИП6	66
34	-	11
35	ИП0	60
36	X	12
37	ИП9	69
38	X	12
39	ИПd	6Г
40	-	11
41	ИПс	6C
42	X	12

43	/ - /	0L
44	ИПа	6-
45	+	10
46	Пd	4Г
47	01	01
48	ИПс	6С
49	-	11
50	Пв	4L
51	ИП7	67
52	ИП8	68
53	-	11
54	ИПО	60
55	X	12
56	ИП4	64
57	X	12
58	ИПв	6L
59	X	12
60	ИПd	6Г
61	-	13
62	F1/X	23
63	С/П	50

### Инструкция к программе 5

Содержание	Набрать число	Выполнить команды	Результат
п.1. Ввести <a href="#">программу 5</a>			
п.2. Занести в память постоянные исходные данные	С	П0	
	К	П1	
	Ф	П2	
	G_ГВ	П3	

	$G'_{\text{т}}$	П4	
	$t'_{\text{гв}}$	П5	
	$t_{\text{вод.}}$	П6	
	$t'_{\text{т}}$	П7	
	$t'_{\text{о}}$	П8	
п.3. Определить очередное значение $\phi$	очередное значение $G_{\text{т}}$	В/О С/П	$\phi$ в рег. X
п.4. Для определения следующего значения $\phi$ - к <a href="#">п.3</a>			