ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ГРАЖДАНСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ ПРИ ГОССТРОЕ СССР (ГОСГРАЖДАНСТРОЙ)

ИНСТРУКЦИЯ

ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ВСН 36-77

Госгражданстрой

МОСКВА 1978

gost.e-ecolog.ru

Издание официальное

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ГРАЖДАНСКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ ПРИ ГОССТРОЕ СССР (ГОСГРАЖДАНСТРОЙ)

ИНСТРУКЦИЯ

ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ВСН 36-77

Госгражданстрой

Утверждена
приказом Государственного комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР
от 29 декабря 1977 г. № 257

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1978

УДК 697:551.23(083.96)

Инструкция по комплексному использованию геотермальных вод для теплохладоснабжения зданий и сооружений разработана ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя при участии ВСЕГИНГЕО Министерства геологии СССР и Института теплофизики СО АН СССР в развитие глав СНиП II-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», II-34-76 «Горячее водоснабжение» и II-36-73 «Тепловые сети».

В Инструкции приведены общие положения, расчетные, технологические и конструктивные материалы и требования по проектированию и осуществлению систем геотермального теплохладоснабжения.

Редакторы — инж. *Н. Н. Бахрушин* (Госгражданстрой), кандидаты техн. наук *А. З. Ивянский*, *Б. А. Локшин* и инж. *А. В. Феофанова* (ЦНИИЭП инженерного оборудования)

И $\frac{30213\text{-}599}{047(01)\text{-}78}$ БЗ № 26—27—78

© Стройиздат, 1978

Государственный комитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР (Госгражданстрой)	Ведомственные строительные нормы	ВСН 36-77 Госгражданстрой
	Инструкция по комплексному использованию геотермальных вод для теплохладоснабжения зданий и сооружений	—

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящая Инструкция разработана в развитие глав СНиП по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения и тепловых сетей и распространяется на проектирование вновь строящихся и реконструируемых систем теплохладоснабжения с использованием геотермальных вод.

Нормы настоящей Инструкции не распространяются на использование геотермальных вод для выработки электроэнергии, извлечения полезных элементов, бальнеологических целей, а также на геотермальные воды, обозначенные в прил. 1 знаком *.

1.2. В соответствии с «Основами водного законодательства Союза ССР и союзных республик» геотермальные воды, отнесенные в установленном порядке к категории лечебных, используются прежде всего для лечебных и курортных целей. В исключительных случаях органы по регулированию использования и охране вод могут разрешить использование геотермальных вод, отнесенных к категории лечебных, для других целей по согласованию с соответствующими органами здравоохранения и управления курортами.

1.3. С учетом требований п. 1.2 настоящей Инструк-

Внесена ЦНИИЭП инженерного оборудования Госгражданстроя	Утверждена приказом Государственного комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР от 29 декабря 1977 г. № 257	Срок введения в действие 1 июля 1978 г.

ции геотермальные воды применяются для отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха жилых, общественных, промышленных и сельскохозяйственных зданий и сооружений, а также для технологических нужд промышленных предприятий.

Целесообразность применения геотермальных вод в системах теплоснабжения и хладоснабжения определяется в результате технико-экономического сопоставления с решениями на базе использования традиционных источников тепла.

1.4. Технические решения систем теплоснабжения с использованием геотермальных вод для конкретных гидрогеологических параметров должны предусматривать максимальную глубину срабатывания теплового потенциала геотермальной воды и наибольшую равномерность использования расчетного дебита скважины в течение года.

1.5. Геотермальные воды, имеющие показатели, отвечающие требованиям государственных стандартов на воду питьевую, а также требованиям к качеству воды для подпитки водяных тепловых сетей в соответствии с требованиями главы СНиП на проектирование тепловых сетей, допускается использовать в открытой системе теплоснабжения с непосредственным водоразбором на нужды горячего водоснабжения.

В системах горячего водоснабжения душевых, ванн, плавательных бассейнов допускается использовать геотермальные воды с общей минерализацией до 10 г/л при остальных показателях в пределах требований государственных стандартов на воду питьевую при условии обеспечения для питьевых целей водой питьевого качества.

Допускается использование в системах горячего водоснабжения воды с температурой в точках водоразбора не ниже 50°С при условии, что качество воды по бактериологическим показателям будет соответствовать требованиям государственных стандартов на воду питьевую. Непосредственное использование геотермальных вод для горячего водоснабжения подлежит согласованию с органами санитарного надзора. Органами санитарного надзора определяются, при необходимости, технические и гигиенические требования по улучшению качества этих вод, а также методы и периодичность контроля их качества.

Контроль за химическим составом и бактериологическими показателями геотермальных вод осуществляется лабораториями организаций, использующих геотермальные воды.

Объем лабораторных исследований определяется органами санитарного надзора.

Каждый водозабор геотермальной воды, используемой непосредственно на нужды горячего водоснабжения, должен иметь зону санитарной охраны в соответствии с требованиями главы СНиП по проектированию водоснабжения наружных сетей и сооружений.

При использовании для бальнеологических целей геотермальных вод с температурой выше 50°С в проектах следует предусматривать срабатывание теплового потенциала этих вод до температуры, необходимой для бальнеологических целей, путем осуществления частичного или полного использования этих вод в закрытой системе теплоснабжения.

Использование геотермальной воды для полива в культивационных сооружениях должно решаться с учетом химического состава воды и агротехнических условий по согласованию с заинтересованными органами.

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

1.7. С уменьшением тепловой потребности отопительных систем следует предусматривать использование высвобождающейся геотермальной воды на технологические нужды, обогрев культивационных сооружений, в плавательных бассейнах, банно-прачечных комбинатах и т. п. с целью сокращения расхода тепла от других источников.

1.8. 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.

1.9. Расчеты экономической эффективности использования геотермальных вод выполняются на перспективу или применительно к действующим условиям топливоснабжения.

1.10. Целесообразность выполнения детальных разведочных работ с последующим утверждением запасов в Государственной комиссии запасов полезных ископае-

мых при Совете Министров СССР (ГКЗ) должна обосновываться технико-экономическим докладом по предполагаемому району освоения геотермальных вод с выявлением возможных потребителей тепла, принципиальной схемы геотермального теплоснабжения и определением экономического эффекта от планируемого использования гидротерм.

Технико-экономический доклад выполняется в этом случае на основании прогнозных гидрогеологических данных.

1.11. Разработка проектной документации по системам геотермального теплоснабжения должна осуществляться в две стадии: технический проект и рабочие чертежи.

Проектирование систем теплоснабжения с использованием геотермальных вод должно производиться проектными организациями Госстроя СССР, госстроев союзных республик, Госгражданстроя и Министерства сельского хозяйства СССР.

1.12. Выбор принципиальной схемы геотермального теплоснабжения в техническом проекте должен производиться с учетом расчетных потребностей в тепле и запасов геотермальных вод, утвержденных в ГКЗ.

Разработка проектов с использованием геотермальных вод для теплоснабжения должна производиться с учетом эксплуатационных запасов геотермальных вод, утвержденных по категориям А и В.

При рассмотрении перспектив расширения геотермальных систем теплоснабжения должны учитываться эксплуатационные запасы по категории C_1.

2. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ КОРРОЗИИ И ОТЛОЖЕНИЯ ОСАДКА В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

2.1. Проектирование систем с использованием геотермальных вод должно осуществляться с учетом данных по их химическому и газовому составу и результатов испытаний на агрессивность, на основании которых производится выбор способа использования этих вод: с предварительной водоподготовкой, с применением промежуточных теплообменников, с непосредственной подачей геотермальных вод в систему теплоснабже-

ния, с непосредственной подачей геотермальных вод в систему отопления и применением промежуточных теплообменников для систем горячего водоснабжения.

Примечание. Допускается не производить исследований по агрессивности, если имеется многолетний (не менее 5 лет) опыт эксплуатации установок теплоснабжения на данной геотермальной воде.

2.2. Применение в отдельных элементах систем геотермального теплоснабжения защитных покрытий, более стойких материалов, пластмассовых футеровок, а также ингибиторов коррозии и антинакипных реагентов и методов обработки для открытых систем теплоснабжения, а также систем горячего водоснабжения жилых и общественных зданий и хозяйственно-бытовых нужд промышленных предприятий должно согласовываться с Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Минздрава СССР.

2.3. Системы с непосредственным использованием геотермальной воды, в том числе с применением ингибиторов коррозии и антинакипных реагентов, должны быть проточными с возможностью продувки системы в целом и отдельных ее элементов при минимальном количестве резьбовых соединений.

2.4. В целях предотвращения опорожнения прямоточных геотермальных систем теплоснабжения или их элементов в связи со свободным сливом отработанной геотермальной воды необходимо предусматривать мероприятия по поддержанию статического давления во всех точках систем.

Для этой цели на обратных трубопроводах следует устанавливать регуляторы давления прямого действия «до себя». В случае возможности отключения отопительных систем, например при регулировании пропусками, следует предусматривать установку на обратных трубопроводах отопительных систем соленоидных кранов.

2.5. Конструкция систем должна предусматривать возможность их консервации на период длительной остановки путем заполнения 0,1%-ным раствором силиката натрия.

2.6. Нормы качества геотермальной воды, поступающей на догрев в водогрейные котлы, должны приниматься в соответствии с требованиями нормативных документов по проектированию котельных установок.

2.7. Догрев геотермальной воды, не соответствующей по качеству требованиям, предусмотренным п. 2.6 настоящей Инструкции, должен производиться в теплообменниках.

2.8. В теплообменниках геотермальная вода должна пропускаться через трубки, а вторичный теплоноситель — через межтрубное пространство. Металл теплообменников должен выбираться с учетом химического состава воды.

2.9. Скорость теплоносителя во всех элементах систем геотермального теплоснабжения в целях предотвращения отложения взвесей, шлама, удаления воздуха должна быть не менее 0,2 м/с.

2.10. Срок службы всех элементов систем геотермального теплоснабжения должен быть, как правило, не менее 25 лет. Замена отдельных элементов геотермальных систем должна предусматриваться в сроки менее 25 лет при экономическом обосновании.

3. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

3.1. В принципиальных схемах геотермального теплоснабжения необходимо обеспечивать максимальное значение коэффициента эффективности $\eta_{геот}$ при одновременном минимальном удельном расходе геотермальной воды на единицу расчетной тепловой нагрузки.

3.2. Коэффициент эффективности $\eta_{геот}$ определяется по формуле

$$\eta_{геот} = i\, z\, \zeta\, (1 - d_т)\,, \qquad (1)$$

где $i = \dfrac{t'_г - t'_о}{t_{т.в} - 5}$ — степень относительного срабатывания температурного перепада;

z — степень относительного использования максимума нагрузки, определяется по табл. 1;

ζ — степень относительного увеличения расчетного дебита скважины, принимается по графикам рис. 1;

$d_т$ — доля пикового догрева в годовом тепловом балансе системы геотермального теплоснабжения (рис. 2);

$t'_г$ и $t'_о$ — расчетные температуры теплоносителя, поступаю-

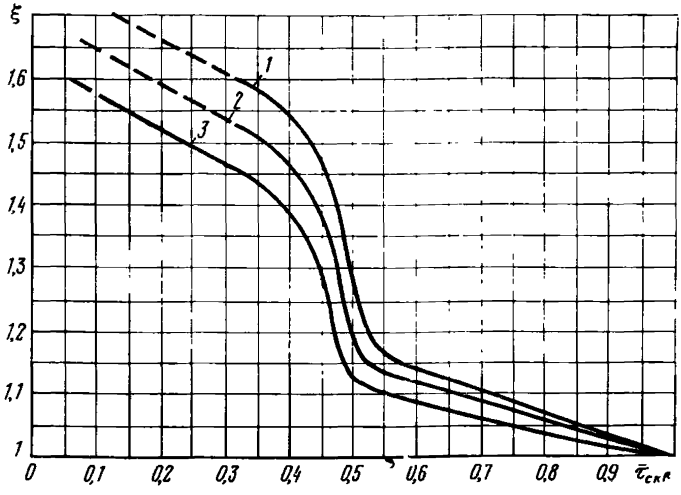


Рис. 1. Определение степени относительного увеличения расчетного дебита скважины

1 — l=1 км; *2* — l=5 км; *3* — l=10 км и более и неограниченный пласт

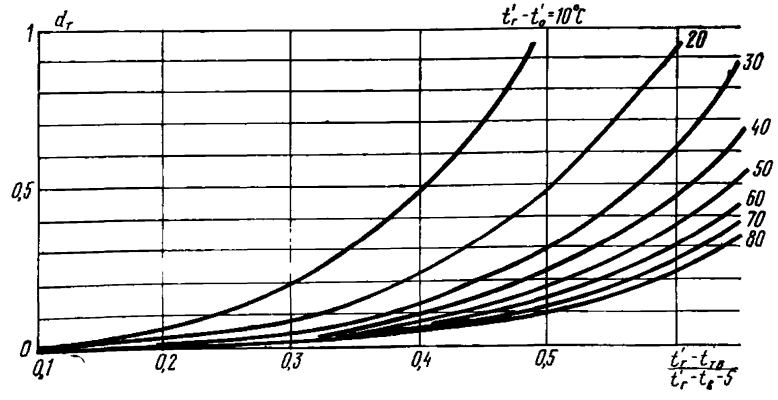


Рис. 2. Доля пикового догрева при отоплении

щего к данному потребителю (с учетом пикового догрева), и обратной (сбросной) воды, °С;

$t_{т.в}$ — температура геотермальной воды на устье скважины, °С.

Обозначения в формулах табл. 1

$\tau_{сез}$ — продолжительность отопительного сезона, ч;

$\varphi_{ср.от}$, $\varphi_{ср.вент}$ — средние за сезон коэффициенты отпуска тепла

Таблица 1

Потребители		Степень использования максимума нагрузки	Коэффициент использования скважины
Системы отопления	С непосредственной подачей геотермальной воды	$z_{от} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср.от}}{8500}$	$\overline{\tau}_{скв.от} = z_{от}\,\frac{t_{т.в} - t'_{о}}{(t_{т.в} - t_{в} - 5) - \varphi_{ср.от}\,(t'_{о} - t_{в} - 5)}$
	С предварительным пиковым догревом геотермальной воды	$z_{от} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср.от}}{8500}$	$\overline{\tau}_{скв.от} = \frac{\tau_{о}}{8500} + \frac{(\tau_{сез} - \tau_{о})}{8500}\,\frac{\overline{\varphi}_{от}\left(t_{т.в} - t_{о}^{выкл}\right)}{(t_{т.в} - t_{в} - 5) - \overline{\varphi}_{от}\left(t_{от}^{выкл} - t_{в} - 5\right)}$
Системы вентиляции	С непосредственной подачей геотермальной воды	$z_{вент} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср.вент}}{8500}$	$\overline{\tau}_{скв.вент} = z_{вент}\,\frac{t_{т.в} - t'_{о}}{(t_{т.в} - t_{в}) - \varphi_{ср.вент}\left(t'_{о} - t_{в}\right)}$
	С предварительным пиковым догревом геотермальной воды	$z_{вент} = \frac{\tau_{сез}\,\varphi_{ср.вент}}{8500}$	$\overline{\tau}_{скв.вент} = \frac{\tau_{о}}{8500} + \frac{(\tau_{сез} - \tau_{о})}{8500}\,\frac{\overline{\varphi}_{вент}\left(t_{т.в} - t_{о}^{выкл}\right)}{(t_{т.в} - t_{в}) - \overline{\varphi}_{вент}\left(t_{о}^{выкл} - t_{в}\right)}$
Системы горячего водоснабжения с непосредственной подачей геотермальной воды		$z_{г.в} = \frac{5500 + 0{,}35\,\tau_{сез}}{8500}$	$\overline{\tau}_{скв.г.в} = \frac{6800 + 0{,}2\,\tau_{сез}}{8500}$

для систем отопления и вентиляции, определяемые по формуле

$$\varphi_{ср} = \frac{t_в - t_{н.ср}}{t_в - t'_н}, \qquad (2)$$

где $t_в$ — температура воздуха в обслуживаемых помещениях, °С;

$t'_н$ — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления или вентиляции, °С;

$t_{н.ср}$ — средняя температура наружного воздуха за период работы отопительной или вентиляционной установки, °С;

$\bar{\tau}_{скв}$ — коэффициент использования скважины, представляющий собой отношение фактического годового отбора геотермальной воды к произведению 8500 $G_{скв}$;

$\tau_о = \left(\frac{1-\varphi_{то}}{A}\right)^{\frac{1}{n}}$ — продолжительность работы пикового догрева, ч;

A и n — эмпирические коэффициенты, определяемые соответственно по графикам рис. 3 и 4;

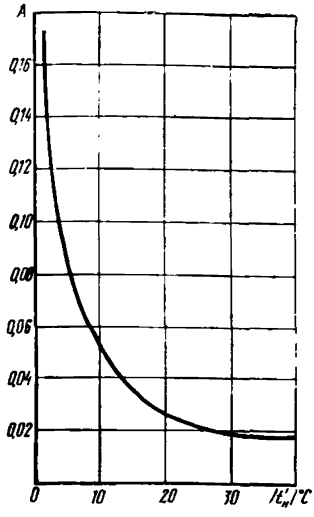


Рис. 3. Значение эмпирического коэффициента A для определения доли пикового догрева

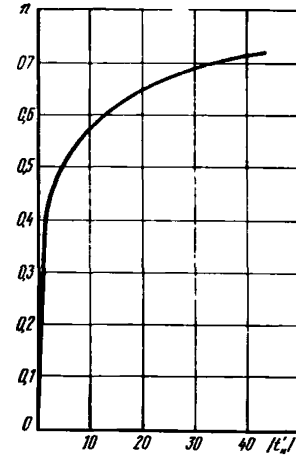


Рис. 4. Значение эмпирического коэффициента n для определения доли пикового догрева

$\bar{\varphi}_{от}$ и $\bar{\varphi}_{вент}$ — относительные коэффициенты отпуска тепла, средние за период с момента отключения пикового догрева до окончания отопительного сезона и подогрева приточного воздуха, определяемые выражением

$$\overline{\varphi} = \frac{\varphi_{\tau_o} + \varphi_к}{2 \cdot \varphi_{\tau_o}}, \qquad (3)$$

где φ_{τ_o} и $\varphi_к$ — коэффициенты отпуска тепла, соответствующие моментам отключения пикового догрева и окончания отопительного сезона;

$$\varphi_{\tau_o}^{вент} = \frac{t_{т.в} - t_в}{t_г' - t_в}; \qquad (4)$$

$$\varphi_{\tau_o}^{от} = \frac{t_{т.в} - t_в - 5}{t_г' - t_в - 5}; \qquad (5)$$

$$\varphi_к = 0{,}557 - 18 \cdot 10^{-4}\, \tau_{сез}, \qquad (6)$$

$t_o^{выкл}$ — температура обратной воды, соответствующая φ_{τ_o} и рассчитываемая по уравнениям графика качественного регулирования.

Примечания: 1. Когда предусматривается установка промежуточных теплообменников, при определении i в числителе вместо величины $t_г'$ следует подставлять разность $(t_г' - \Delta t_{то})$, где $\Delta t_{то}$ — конечная разность температур в промежуточном теплообменнике, принимаемая равной 5—10°С.

2. Примеры определения $\eta_{геот}$ для различных схем геотермального теплоснабжения приведены в прил. 3, 4.

3.3. Расчетный дебит скважин месторождений пластового типа определяется по формуле

$$G_{скв}' = \zeta\, G_{скв}, \qquad (7)$$

где $G_{скв}$ — эксплуатационный дебит геотермальных вод, определенный при равномерном отборе в течение всего срока эксплуатации, т/ч;

ζ — степень относительного увеличения расчетного дебита скважин, определяющая возможные пределы кратковременного форсирования дебита и принимаемая для пластовых вод по графикам рис. 1 в зависимости от коэффициента использования скважин $\overline{\tau}_{скв}$.

Примечания: 1. Графики на рис. 1 применяются во всем диапазоне теплотехнических и гидрогеологических факторов для двух гидродинамических схем — неограниченного и полуограниченного пластов с нулевым расходом на контуре.

2. Для месторождений геотермальных вод трещинно-жильного типа следует пользоваться формулой (7) при этом $\overline{\tau}_{скв}$ необходимо принимать по результатам опытных выпусков.

3.4. Для увеличения расчетного дебита самоизливающихся скважин следует предусматривать глубинную откачку.

Максимальное понижение динамического уровня в скважинах при глубинной откачке не должно превышать 150 м.

Примечания: 1. Применение воздушных водоподъемников для глубинной откачки из геотермальных скважин не допускается.

2. Применение систем геотермального теплоснабжения при отсутствии самоизлива в геотермальных скважинах должно быть экономически обосновано.

3. Если дебит при фонтанной выработке недостаточен для покрытия имеющихся тепловых нагрузок, глубинную откачку следует рассматривать наряду с другими методами, уменьшающими удельный расход геотермальной воды на единицу расчетной тепловой нагрузки (например, пиковый догрев).

4. В существующих самоизливающихся скважинах при невозможности организации глубинной откачки увеличение дебита допускается осуществлять путем устройства приямка глубиной до 5 м с установкой в нем центробежного насоса. При определении возможного общего понижения динамического уровня следует учитывать помимо глубины приямка высоту всасывания центробежного насоса.

3.5. Общий коэффициент $\eta_{\text{геот}}^{\text{об}}$ для объекта с нагрузками отопления, вентиляции и горячего водоснабжения следует определять по формуле

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

где α, β, γ — доли расчетного дебита геотермальной воды, расходуемые соответственно на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение;

$\zeta_{\text{об}} = f(\bar{\tau}_{\text{скв.об}})$ — степень относительного увеличения расчетного дебита скважины для объекта в целом, определяемая по графикам рис. 1 в зависимости от средневзвешенной величины коэффициента использования скважины $\bar{\tau}_{\text{скв.об}}$:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.об}} = \alpha\, \bar{\tau}_{\text{скв.от}} + \beta\, \bar{\tau}_{\text{скв.вент}} + \gamma\, \bar{\tau}_{\text{скв. г.в}}; \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{10^3\, Q'_{\text{от}}}{\Delta\, t'_{\text{от}}\, G_{\text{т.в}}^{\text{уд}}}; \quad \beta = \frac{10^3\, Q'_{\text{вент}}}{\Delta\, t'_{\text{вент}}\, G_{\text{т.в}}^{\text{уд}}}; \quad \gamma = \frac{10^3\, Q'_{\text{г.в}}}{\Delta\, t'_{\text{г.в}}\, G_{\text{т.в}}^{\text{уд}}}, \quad (10)$$

где $Q'_{\text{от}}$, $Q'_{\text{вент}}$, $Q'_{\text{г.в}}$ — расчетные нагрузки отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, составляющие в сумме 1 Гкал/ч;

$G_{\text{т.в}}^{\text{уд}}$ — удельный расход геотермальной воды, приходящейся на 1 Гкал/ч расчетной тепловой нагрузки объекта, $\frac{\text{т/ч}}{\text{Гкал/ч}}$;

$$G_{т.в}^{уд} = 10^3 \left(\frac{Q'_{от}}{\Delta t'_{от}} + \frac{Q'_{вент}}{\Delta t'_{вент}} + \frac{Q'_{г.в}}{\Delta t'_{г.в}} \right), \qquad (11)$$

где $\Delta t'_{от}$, $\Delta t'_{вен}$, $\Delta t''_{г.в}$ — расчетный перепад температур, срабатываемый в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, °С.

$$\alpha + \beta + \gamma = 1. \qquad (12)$$

3.6. Повышение значения коэффициента эффективности $\eta_{геот}$ и сокращение удельного расхода геотермальной воды следует обеспечивать использованием низкотемпературных систем геотермального отопления с увеличенным расчетным перепадом температур, пикового догрева, тепловых насосов, обратной воды отопительных систем в установках горячего водоснабжения, вентиляции, прямоточного воздушного отопления, сезонных потребителей геотермальных вод.

Указанные способы могут комбинироваться.

3.7. Сравнительная экономическая эффективность вариантов геотермальной и традиционной систем теплоснабжения должна определяться по минимуму приведенных затрат:

$$C_i + E_н K_i = min, \qquad (13)$$

где K_i — капитальные вложения по каждому варианту теплоснабжения;

$E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

C_i — текущие затраты (себестоимость) по тому же варианту,

В качестве базисного следует принимать вариант, обеспечивающий покрытие заданной тепловой нагрузки традиционной системой с учетом реальных условий и ближайших перспектив топливоснабжения и теплоснабжения данного населенного пункта.

Сравниваемые варианты должны быть сопоставимы по показателям расчетной тепловой нагрузки и годовому отпуску тепловой энергии.

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

Приведение капитальных вложений, осуществляе-

мых в разные сроки, и текущих затрат, изменяющихся во времени, следует производить по формуле

$$K_{\text{пр}} = K_t \frac{1}{(1 + E_{\text{н.п}})^t}, \qquad (14)$$

где $K_{\text{пр}}$ — затраты, приведенные к базисному году;

K_t — затраты в t 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;

$E_{\text{н.п}}$ — норматив для приведения разновременных затрат в размере 0,08.

3.9. В геотермальных системах теплоснабжения с расчетным сроком службы 25 лет приведение затрат по вариантам согласно требованиям п. 3.8 настоящей Инструкции производится с учетом всего срока службы этих систем.

3.10. 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:

$$Q_{\text{об}} - Q_{\text{геот}},$$

где $Q_{\text{об}}$ — расчетная тепловая нагрузка всех потребителей, Гкал/ч;

$Q_{\text{геот}}$ — расчетная нагрузка, обеспечиваемая геотермальной системой теплоснабжения, Гкал/ч.

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

3.11. Расчет показателей приведенных затрат по сравниваемым вариантам может выполняться на «разность» (расчет «нетто»), т. е. с исключением из расчета всех элементов, имеющих равные показатели капитальных вложений и эксплуатационных расходов в сравниваемых системах теплоснабжения.

3.12. Дополнительная экономия тепла при наличии сезонных потребителей геотермальной воды учитывается соответствующим увеличением эксплуатационных затрат в базисном варианте. В расчетах следует учитывать экономию водопроводной воды в случае использования геотермальной воды на соответствующие нужды.

3.13. При единовременных капитальных вложениях (срок строительства не более 1 года) и постоянных ежегодных эксплуатационных расходах суммарные приведенные затраты определяются по формуле (13).

3.14. Топливная составляющая в составе эксплуатационных расходов по сравниваемым вариантам определяется по «замыкающим» затратам на топливо. При использовании оценок по «замыкающим» затратам на топливо для центров топливопотребления территориальных районов страны следует учитывать затраты на транспортирование топлива с учетом погрузочно-разгрузочных работ, исчисляемых для конкретных условий данного населенного пункта.

3.15. В случае использования электроэнергии для пикового догрева в системах геотермального теплоснабжения стоимость электроэнергии в составе эксплуатационных расходов по сравниваемым вариантам производится по «замыкающим» затратам на электроэнергию для энергосистем на 1980—1985 гг.

Примечание. «Замыкающие» оценки на топливо, электроэнергию и стоимостные оценки на транспортные операции используются для расчета эксплуатационных затрат при многовариантном проектировании и выборе оптимального варианта по минимуму приведенных затрат. Для определения фактической себестоимости геотермального тепла, расчета тарифов на реализуемые геотермальные ресурсы следует использовать действующие оптовые цены и тарифы.

3.16. Эксплуатационные расходы в базисном варианте должны учитывать стоимость водопроводной воды, если в геотермальных системах теплоснабжения геотермальная вода используется для нужд горячего водоснабжения или на другие хозяйственные цели.

Стоимость водопроводной воды определяется по себестоимости ее с добавлением плановых накоплений в установленном размере от показателя себестоимости воды для данного района. Вместо себестоимости с учетом плановых накоплений могут быть приняты действующие тарифы на водопроводную воду для потребителей I—II группы в случае, если эти тарифы определены на основе фактических затрат.

3.17. С учетом принятого расчетного срока функционирования геотермальных скважин 25 лет следует определять эксплуатационные расходы (амортизационные отчисления на реновацию) по тем элементам систем геотермального теплоснабжения, которые за пределами расчетного срока не могут использоваться.

3.18. Необходимость расширения или нового строительства сбросных сетей и очистных сооружений или устройств для разбавления сбрасываемой геотермальной воды должна учитываться в технико-экономических расчетах при обосновании эффективности применения систем геотермального теплоснабжения.

4. ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

4.1. Выбор принципиальной схемы геотермального теплоснабжения при известных гидрогеологических параметрах скважин должен, как правило, проводиться в такой последовательности:

а) выявление конкретных потребителей геотермальной воды в расчетном режиме с классификацией по предъявляемым ими требованиям к потенциалу теплоносителя;

б) определение ориентировочной последовательности подачи геотермальной воды различным потребителям с учетом их взаимного расположения и необходимости срабатывания теплового потенциала геотермальной воды;

в) определение расчетных параметров схемы и возможных сезонных потребителей;

г) производство технико-экономического расчета.

4.2. Системы геотермального теплоснабжения следует, как правило, проектировать по одной из следующих принципиальных схем:

а) непосредственная подача геотермальной воды на горячее водоснабжение с осуществлением отопления от другого источника тепла;

б) непосредственная параллельная подача геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение;

в) последовательная подача геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение;

г) параллельная подача геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение с пиковым догревом воды на нужды отопления;

д) последовательная подача геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение с пиковым догревом;

е) бессливная система;

ж) система геотермального теплохладоснабжения с применением пикового догрева и тепловых насосов;

з) комбинированное использование систем водяного и воздушного отопления.

Рекомендуемые схемы приведены в прил. 2.

4.3. Объединение нескольких скважин сборными сетями и установка одного сборного бака предусматриваются с учетом рельефа местности и допустимой величины противодавления.

Примеры расположения скважин и сбора геотермальной воды в общую емкость приведены на рис. 5.

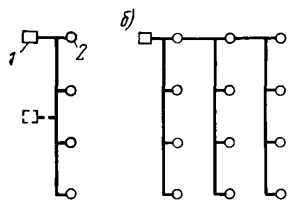


Рис. 5. Варианты объединения скважин

а — схема *с* двумя вариантами; *б* — то же, с одним вариантом; *1* — сборная емкость; *2* — скважина

4.4. Избыточное давление скважин может использоваться для подачи геотермальной воды в сборный бак при отсутствии гидрогеологических противопоказаний.

Непосредственную гидравлическую связь между скважинами и системой геотермального теплоснабжения осуществлять не рекомендуется.

4.5. Объем сборной емкости следует принимать в размере не менее 1-часового дебита водозабора.

4.6. Подача геотермальной воды от одиночных скважин к потребителям должна осуществляться насосами, устанавливаемыми на скважинах.

4.7. Для промежуточных теплообменников следует применять скоростные водоподогреватели.

4.8. Поверхность нагрева теплообменных аппаратов определяется с учетом коэффициента загрязнения внутренней поверхности трубок, который следует принимать: при карбонатной жесткости воды не выше 0,8 мг-экв/л — в размере 0,85, в остальных случаях — в размере 0,65.

4.9. Суточную неравномерность потребления геотермальной воды на горячее водоснабжение следует выравнивать с помощью баков-аккумуляторов.

4.10. Сети для сброса геотермальной воды следует выполнять, как правило, из неметаллических труб с учетом химического воздействия на них спросных вод.

4.11. В геотермальных системах теплоснабжения регулирования может осуществляться на скважине, в пиковых котельных и теплонасосных установках, в тепловых пунктах, на вводах в здания.

4.12. На скважине регулирование отбора геотермальной воды осуществляется задвижкой, устанавливаемой на сборном баке.

4.13. В пиковых котельных качественное регулирование геотермальной воды осуществляется температурой ее нагрева. После отключения пиковой котельной регулирование производится сокращением расхода прямой геотермальной воды, отбираемой из скважин, и соответствующим подмешиванием обратной воды.

4.14. В системах с использованием тепловых насосов качественное регулирование производится путем сокращения теплопроизводительности этих насосов.

4.15. В системах с промежуточными теплообменниками регулирование температуры теплоносителя достигается за счет изменения расхода греющей геотермальной воды.

4.16. В схемах с пиковым догревом следует предусматривать возможность регулирования пропусками при положительных температурах наружного воздуха после отключения пиковой котельной.

Режим пропусков может предусматриваться с центральным или местным регулированием.

Примечание. При центральном регулировании пропусками необходимо предусматривать дистанционное управление закрытием задвижки на скважине на определенные промежутки времени либо сбросом выходящей на поверхность воды. При этом необходимо предусматривать устройство для поддержания в системах отопления избыточного статического давления.

4.17. Подмешивающее устройство при двухтрубной тепловой сети следует размещать на вводе в здание.

5. СЕЗОННЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

5.1. Сезонные потребители (весенние теплицы, парники, обогреваемый грунт, бассейны и др.) включаются по мере сокращения отопительно-вентиляционной нагрузки в целях выравнивания графика годового потребления тепла и увеличения степени использования дебита скважин.

5.2. В случаях когда теплично-парниковые хозяйства являются основным потребителем геотермальной воды, включение в работу различных сооружений и соответствующие культурообороты должны предусматриваться с учетом наиболее полного использования дебита и теплового потенциала скважин в течение всего отопительного сезона.

5.3. Для отопления теплиц следует применять, как правило, воздушные системы с сосредоточенной или равномерной раздачей воздуха, работающие на полной рециркуляции. Геотермальную воду, выходящую из системы отопления с температурой большей или равной 35°С, следует направлять в систему грунтового обогрева теплиц, где дополнительно срабатывается ее тепловой потенциал.

5.4. Площадь весенних или зимних теплиц с воздушной системой отопления, которые могут быть присоединены к системе геотермального теплоснабжения, определяется по формуле

$$F_{\text{тепл}} = \frac{0{,}11 \cdot 10^3 G_{\text{т.в}} (t_{\text{т.в}} - 35)}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}, \qquad (15)$$

где $G_{\text{т.в}}$ — располагаемый расход геотермальной воды, т/ч;

$t_{\text{т.в}}$ — температура геотермальной воды, используемой в системах отопления теплиц, °С;

$t_{\text{в}}$ — температура воздуха внутри теплиц, принимаемая по главе СНиП II-100-75 «Теплицы и парники», °С;

$t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха, при которой включаются системы обогрева теплиц, °С; для зимних теплиц $t_{\text{н}} = t'_{\text{н}}$, если предусмотрен пиковый догрев геотермальной воды, то $t_{\text{т.в}} = t'_{\text{г}}$, где $t'_{\text{г}}$ — температура пикового догрева, °С.

5.5. Полезная площадь обогреваемого грунта, охваченная геотермальным теплоснабжением, определяется по формуле

$$F_{\text{гр}} = \frac{10^3 G_{\text{т.в}} (t_{\text{т.в}} - t_{\text{т}}^{\text{мин}})}{t_{\text{т.в}} + t_{\text{т}}^{\text{мин}} - 2 t_{\text{н}}}, \qquad (16)$$

где $G_{\text{т в}}$ — располагаемый расход геотермальной воды, т/ч;

$t_{\text{т.в}}$ — температура геотермальной воды, °С;

$t_{\text{т}}^{\text{мин}}$ — минимально допустимая по агротехническим требованиям температура теплоносителя на выходе из грунтовой системы обогрева, °С;

$t_{\text{н}}$ — температура наружного воздуха, при которой происходит включение обогреваемого грунта, °С.

6. СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД

6.1. Проектирование систем отопления с использованием геотермальных вод необходимо производить с учетом:

практической возможности размещения нагревательных приборов в отапливаемых помещениях при сравнительно низких температурах теплоносителя;

создания повышенного расчетного перепада температур теплоносителя в отопительной системе для обеспечения минимального расхода геотермальной воды на единицу тепловой нагрузки;

минимального повышения металлоемкости и стоимости системы при понижении температурного напора;

обеспечения возможности раздельной продувки каждого участка системы отопления;

создания герметичности и скорости теплоносителя не менее 0,2 м/с для выноса воздуха и осадка;

применения минимального количества арматуры и резьбовых соединений.

6.2. В системах отопления с использованием геотермальных вод следует преимущественно применять отопительные приборы с потребительской регулировкой теплоотдачи по воздуху, например, конвекторы «Комфорт».

Рекомендуется применение систем панельного и потолочно-напольного отопления.

6.3. Радиаторы чугунные секционные в системах отопления с непосредственной подачей геотермальной воды, не отвечающей требованиям государственных стандартов на воду питьевую, как правило, применять не следует.

Перевод существующих радиаторных систем на теплоснабжение с использованием геотермальных вод допускается только при применении промежуточных теплообменников.

6.4. Минимальные значения средней температуры теплоносителя, °С, для различных нагревательных приборов исходя из условий размещения их в жилых домах открыто у наружных стен следует принимать по данным, приведенным ниже:

Конвекторы с кожухом	55
Плинтусные конвекторы	55

Плиты перекрытий с замоноличенными трубчатыми нагревательными элементами	35
Наружные стеновые панели с замоноличенными трубчатыми нагревательными элементами	60
Радиаторы чугунные секционные	50

6.5. Геотермальные системы с увеличенным перепадом температур рекомендуется проектировать, как правило, по бифилярной схеме, обеспечивающей повышенную теплогидравлическую устойчивость.

6.6. Перевод существующих систем отопления на теплоснабжение с использованием геотермальных вод должен производиться с перерасчетом и конструктивным изменением элементов этих систем в связи с применением теплоносителя иных параметров.

6.7. Нагрев воздуха в системах воздушного отопления и вентиляции должен производиться в многоходовых калориферах.

6.8. Нагрев приточного воздуха в промывных камерах с непосредственным контактом его с геотермальной водой допускается только при условии, когда она отвечает требованиям государственных стандартов на воду питьевую.

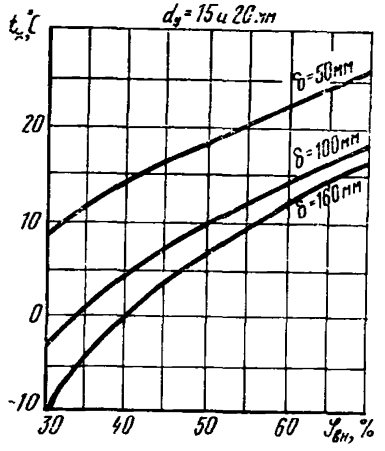


Рис. 6. Зависимость температуры хладоносителя t_x от относительной влажности внутреннего воздуха $\varphi_{вн}$

d_y — условный диаметр труб, мм; δ — толщина слоя тяжелого бетона, мм, по нейтральной оси которого замоноличены трубы

6.9. В гидравлическом расчете трубопроводов, по которым транспортируется геотермальная вода, следует принимать значение коэффициента эквивалентной шероховатости $K_э$=0,5 мм.

6.10. На расчетные потери давления в системе отопления в зависимости от качества геотермальной воды вводится коэффициент 1,1—1,5, учитывающий зарастание труб. При отсутствии конкретных данных для обоснованного выбора значения указанного коэффициента принимается максималь-

ная величина, а на вводе предусматривается установка арматуры для гашения избыточного напора.

6.11. Применение в геотермальных системах отопления труб из цветных металлов и футерованных стальных труб должно обосновываться технико-экономическими расчетами.

6.12. Для охлаждения помещений жилых и общественных зданий в теплый период года в районах с сухим жарким климатом следует применять комбинированные системы радиационного отопления — охлаждения.

Воздушные системы охлаждения следует применять, когда по конструктивным или климатическим факторам радиационные системы неприемлемы.

6.13. Выбор минимальных температур хладоносителя для радиационных систем охлаждения производится по графику рис. 6 (см. стр. 22).

Допустимая по гигиеническим требованиям средняя температура охлаждающей поверхности потолка определяется по формуле

$$\tau_{пов}^{доп} \geqslant 23 - \frac{5}{\varphi_{обл}}, \qquad (17)$$

где $\varphi_{обл}$ — коэффициент облученности панели со стороны человека; значение $\varphi_{обл}$ определяется по формуле

$$\varphi_{обл} = 1 - 0{,}8\,\frac{\Delta h}{l_{ср}}, \qquad (18)$$

где $\Delta h = h_{пом} - 1{,}7$;

$h_{пом}$ — высота помещения от пола до потолка, м;

$l_{ср}$ — средний размер охлаждающей панели, равный корню квадратному из ее площади, м.

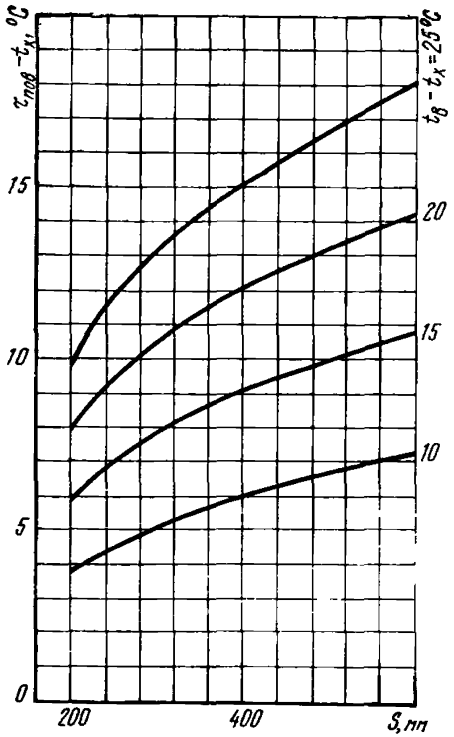
Определение средней температуры охлаждающей поверхности потолка производится по графику рис. 7.

6.14. Выбор температуры теплоносителя для радиационных систем отопления — охлаждения в зависимости от температуры хладоносителя и соотношения хладо- и теплонагрузок производится по графику рис. 8.

6.15. Относительное увеличение расчетных потерь давления в радиационных системах при работе их в режиме охлаждения определяется выражением

$$\psi_л = \left(\frac{Q_{охл}}{Q_{от}}\,\frac{\Delta t_{от}}{\Delta t_{охл}}\right)^2, \qquad (19)$$

где $\Delta t_{от}$, $\Delta t_{охл}$ — расчетные перепады температур в системе соответственно в режимах отопления и охлаждения, °С.



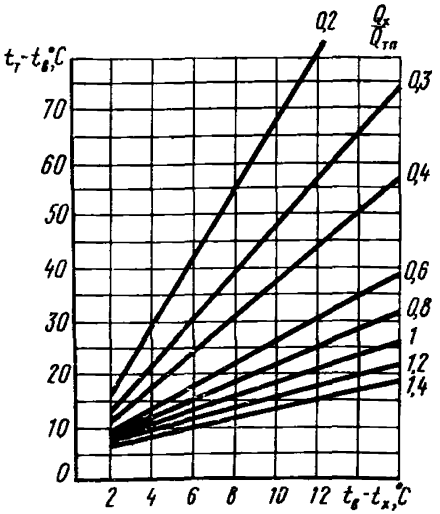


Рис. 8. Зависимость температуры теплоносителя от температуры хладоносителя и соотношения холодо- и теплонагрузок для радиационных систем

Рис. 7. Значения температур охлаждающих поверхностей

6.16. В целях уменьшения потерь давления в режиме охлаждения рекомендуется схема с дополнительными стояками, представленная на рис. 9.

6.17. В системах отопления с использованием геотермальных вод, как правило, должно предусматривать-

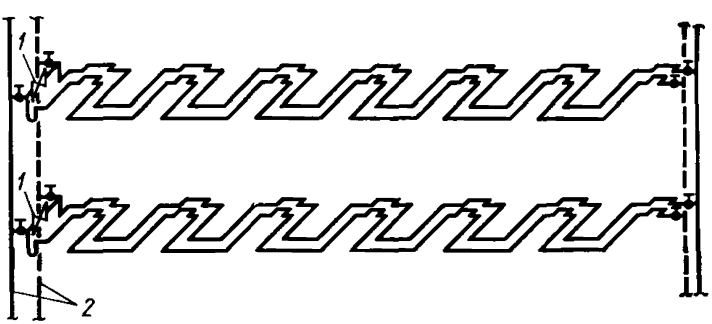


Рис. 9. Схема подключения ветвей отопительно-охладительной системы

1 — задвижка на перемычке, открытая зимой и закрытая летом; *2* — дополнительные стояки для режима охлаждения

ся качественное регулирование отпуска тепла. Рекомендуется схема установки подмешивающего насоса с автоматически регулируемыми заслонками или трехходовым краном. Принципиальная схема регулирования представлена на рис. 10.

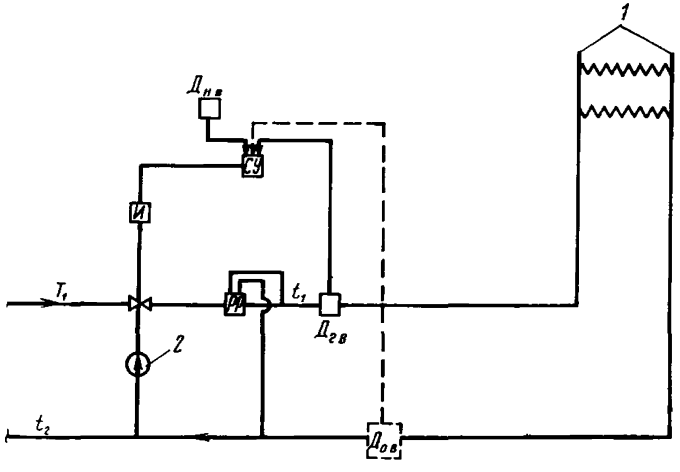


Рис. 10. Принципиальная схема автоматического качественного регулирования

[$Д_{н.в}$ — датчик наружных воздействий; $Д_{г.в}$ — датчик температуры горячей воды; $Д_{о.в}$ — датчик температуры обратной воды; *И* — исполнительный механизм; *СУ* — суммирующее устройство; *РР* — регулятор расхода; *1* — система отопления; *2* — насос

6.18. Количественное регулирование допускается к применению при бифилярной схеме системы отопления, когда в одном помещении на горячем и обратном трубопроводах расположены одинаковые поверхности нагрева.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ (ТЕРМАЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ) ВОД

В зависимости от теплового потенциала, химического и газового состава геотермальные воды условно классифицируются:

а) по температуре, °С

слаботермальные	<40
термальные	40—60
высокотермальные	60—100
перегретые	более 100

б) по степени минерализации, г/л

	сухой остаток
ультрапресные	до 0,1
пресные	0,1—1
слабосолоноватые	1—3
сильносолоноватые	3—10
соленые	10—35
рассольные*	более 35

в) по общей жесткости, мг-экв/л

очень мягкие	0—1,2
мягкие	1,2—2,8
средние	2,8—5,7
жесткие*	5,7—11,7
очень жесткие*	более 11,7

г) по кислотности, pH

сильнокислые*	<3,5
кислые*	3,5—5,5
слабокислые	5,5—6,8
нейтральные	6,8—7,2
слабощелочные	7,2—8,5
щелочные	>8,5

д) по газовому составу

сероводородные*
сероводородно-углекислые*
углекислые*
азотно-углекислые
метановые
азотно-метановые
азотные

е) по газонасыщенности, мл/л

слабая газонасыщенность	менее 100
средняя газонасыщенность	100—1000
высокая газонасыщенность	более 1000

Карта распространения геотермальных вод (с указанием прогнозных запасов) на территории СССР представлена на рис. 11.

На рис. 11 приведены некоторые типичные месторождения геотермальных вод: 1. Новоселовское $\frac{150;\ 5—10}{60}$; 2. Тульское $\frac{300;\ 10}{60—70}$; 3. Черкасское $\frac{150;\ 1—2}{60}$; 4. Георгиевское $\frac{100;\ 15—20}{80}$; 5. Грозненское $\frac{400;\ 1—3}{80}$; 6. Махачкалинское $\frac{500;\ 2—10}{60}$; 7. Зугдидское $\frac{400;\ 1}{90}$; 8. Ташкентское $\frac{100;\ 1}{60}$; 9. Душанбинское $\frac{100;\ 5}{60}$; 10. Джиладинское $\frac{30;\ 1}{70}$; 11. Иссык-Атинское $\frac{30;\ 0{,}3}{41—55}$; 12. Панфиловское $\frac{200;\ 1—2}{95}$; 13. Тобольское $\frac{100;\ 17}{70}$; 14. Омское $\frac{200;\ 25}{70}$; 15. Колпашевское $\frac{250;\ 1—3}{60—70}$; 16. Юш-Белдырское $\frac{10;\ 0{,}4}{81}$; 17. Иркинское $\frac{50:\ 0{,}5}{50}$; 18. Могойское $\frac{80;\ 0{,}5}{80}$; 19. Сейюйское $\frac{20;\ 0{,}5}{55—60}$; 20. Горячинское $\frac{20;\ 0{,}6}{55}$; 21. Аллинское $\frac{10—20;\ 0{,}5;}{75}$ 22. Селенгинское $\frac{50;\ 1—2}{60—70}$; 23. Питателевское $\frac{20;\ 1—2}{60—70}$; 24. Кульдурское $\frac{25;\ 0{,}4}{73}$; 25. Чаплинское $\frac{>20—30;\ 18}{80—85}$; 26. Таватумское $\frac{20;\ 15}{60}$; 27. Тальское $\frac{10;\ 0{,}5}{90}$; 28. Таланское $\frac{30—40;\ 1}{95}$; 29. Киреунское $\frac{>100;\ 1—3}{>100}$; 30. Семлячинское $\frac{1500;\ 2—3}{150—200}$; 31. Малкинское $\frac{100;\ 1}{80—85}$; 32. Малычевское $\frac{100;\ 4—5}{75—80}$; 33. Больше-Банное $\frac{>200;\ 2—3}{130—170}$; 34. Паратунское $\frac{300;\ 1—2}{85}$; 35. Жировское $\frac{500;\ 2—5}{150}$; 36. Паужетское $\frac{>200;\ 3—5}{150—200}$; 37. Северо-Сахалинское $\frac{50;\ 10—15}{50—70}$; 38. Паропайское $\frac{50;\ 10}{50—70}$; 39. Сусунайское $\frac{90;\ 10}{50—70}$; 40. Горячий Пляж $\frac{200;\ 2—5}{150—200}$.

Примечания: 1. Перед названием месторождения — его номер на карте. 2. После названия месторождения над чертой — примерные эксплуатационные запасы геотермальных вод, л/с, и минерализация, г/л; под чертой — температура воды на изливе, °С.

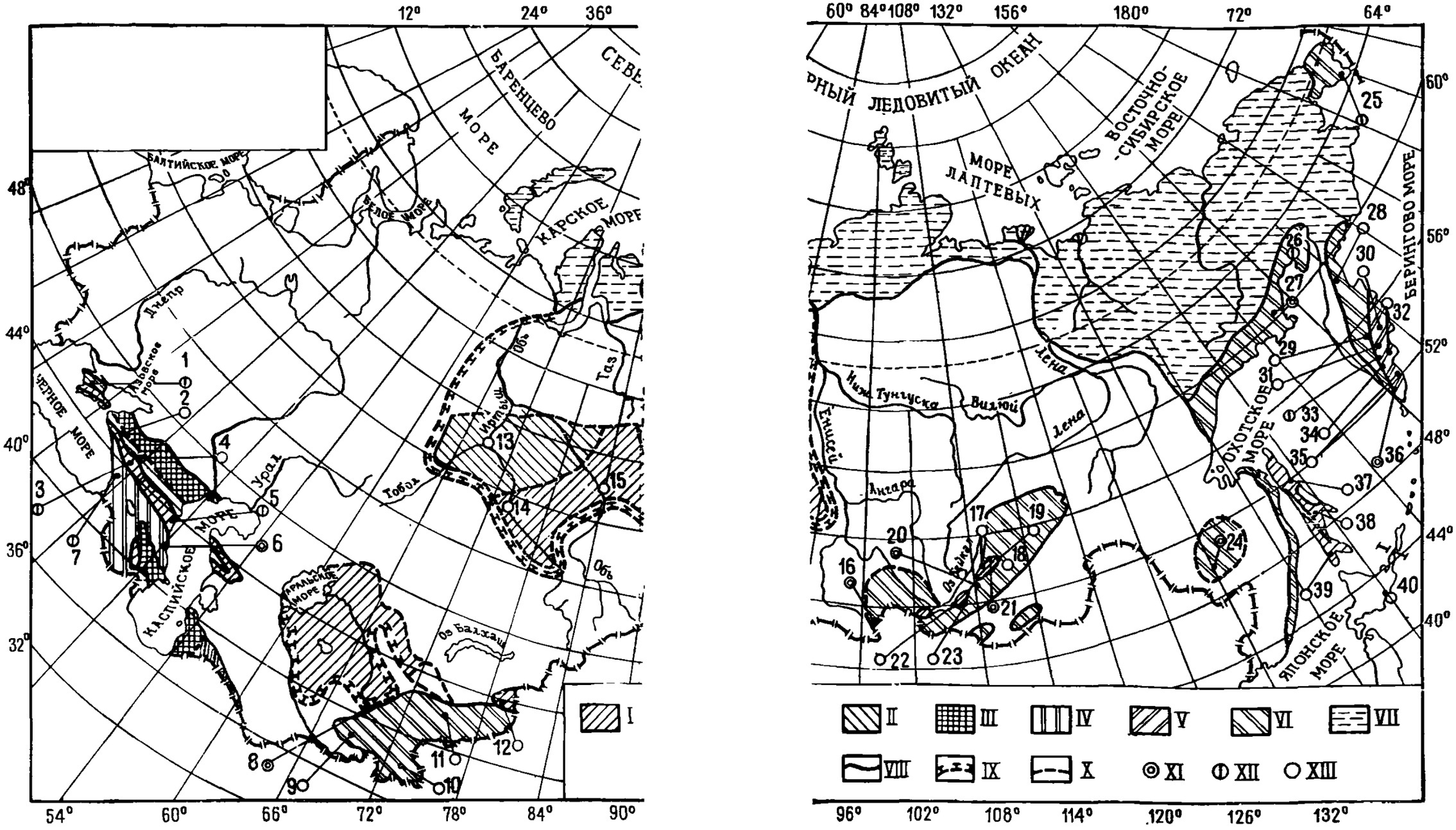


Рис. 11. Карта распространения геотермальных вод на территории СССР (с указанием прогнозных запасов)

I — перспективные районы с площадным развитием геотермальных вод с минерализацией от 1 до 10 г/л; *II* — то же, с минерализацией 10—35 г/л; *III* — районы с ограниченными перспективами использования геотермальных вод с минерализацией более 35 г/л; *IV* — районы складчатых областей с перспективами использования геотермальных вод в основном в лечебных целях; *V* — перспективные районы складчатых областей с локальными выходами геотермальных вод; *VI* — то же, районы современного вулканизма; *VII* — районы, не изученные или слабо изученные в геотермическом отношении; *VIII* — границы между геологоструктурными областями и районами; *IX* — контуры самоизливающихся геотермальных вод; *X* — контуры районов с различными перспективами использования геотермальных вод (для пластовых вод); *XI* — используемые в бальнеологических и теплотехнических целях; *XII*—разведуемые, *XIII*—перспективные

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СИСТЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

1. В районах с ограниченными ресурсами геотермальных вод рекомендуется первоочередное рассмотрение технической возможности и экономической целесообразности использования простейшей схемы с подачей геотермальной воды на горячее водоснабжение при удовлетворении отопительной нагрузки от других источников тепла (рис. 12).

Схема не может быть применена: при $t_{т.в} < t_{г.в}^{мин}$ при открытом водоразборе и при $t_{т.в} < t_{г.в} + 5°—10\,°C$ в случае использования промежуточных теплообменников, где $t_{г.в}^{мин}$ — минимально допустимая температура воды в системе горячего водоснабжения, °С.

2. В районах со значительными ресурсами геотермальных вод при ограниченных нагрузках потребителей, расположенных в непосредственной близости от скважин, а также для ограниченного геотермального теплоснабжения отдельных объектов рекомендуется схема геотермального теплоснабжения с параллельной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение (рис. 13).

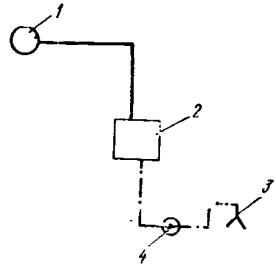


Рис. 12. Схема с непосредственной подачей геотермальной воды только на горячее водоснабжение

1 — скважина; *2* — бак-аккумулятор; *3* — система горячего водоснабжения; *4* — насос

Геотермальная вода из скважины *1* направляется непосредственно в отопительные системы *2* и системы горячего водоснабжения *4* (через бак-аккумулятор *5*). После отопительных систем вода сбрасывается. Регулирование теплоотдачи в системах отопления осуществляется путем подмешивания обратной воды насосами *3*.

В зависимости от схемы подмешивания (центральное или абонентское) распределительные сети представляют собой соответственно четырехтрубную или трехтрубную прокладку (с учетом циркуляционной линии горячего водоснабжения).

Рассмотренная схема не может быть применена при $t_{т.в} \leqslant t_{о}^{'}$ и $t_{т.в} < t_{г.в}^{мин}$, где $t_{от}^{'}$ — температура геотермальной воды при расчетной температуре наружного воздуха для систем отопления, °С.

3. В районах с ограниченными ресурсами геотермальных вод при значительных нагрузках потребителей рекомендуется схема геотермального теплоснабжения с последовательной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение (рис. 14).

Рассмотренная схема не применима при $t_{т.в} \leqslant t_{от}^{'}$ и $t_{от}^{'} < 45—50\,°C$.

4. В районах, где потребность в тепле превышает тепловой потенциал эксплуатационных ресурсов геотермальной воды, рекоменду-

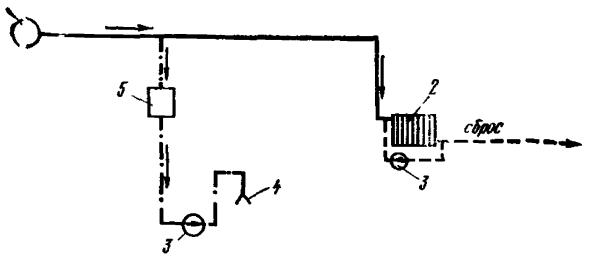


Рис. 13. Схема с параллельной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение

1 — скважина; *2* — система отопления; *3* — насос; *4* — система горячего водоснабжения; *5* — бак-аккумулятор

ются схемы геотермального теплоснабжения: с параллельной подачей воды на отопление и горячее водоснабжение с пиковым догревом геотермальной воды, идущей на нужды отопления (рис. 15); с последовательной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение с пиковым догревом отопительной воды (рис. 16). Рекомендуемая принципиальная схема пикового догрева представлена на рис. 17.

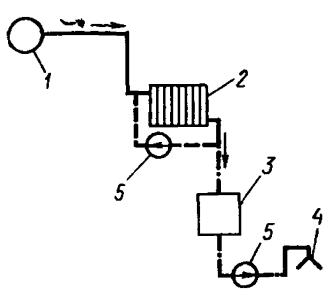


Рис. 14. Схема с последовательной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение

1 — скважина; *2* — система отопления; *3* — бак-аккумулятор; *4* — система горячего водоснабжения; *5* — насос

Регулирование системы теплоснабжения производится постепенным уменьшением доли пикового догрева $d_т$ с последующим переходом на пропуски. Если пиковый догрев незначителен и переход на ранние пропуски нежелателен, качественное регулирование может осуществляться путем центрального или абонентского подмешивания обратной воды. Для данной схемы характерно сокращение удельного расхода геотермальной воды на единицу тепловой нагрузки при росте температуры геотермальной воды в расчетном режиме $t_г$, при этом непрерывно увеличивается $\eta^{об}_{геот}$.

5. При необходимости обеспечения минимального расхода геотермальной воды на единицу расчетной отопительной нагрузки, равного среднечасовому расходу горячего водоснабжения, может быть применена бессливная система геотермального теплоснабжения, при которой $Q_{т.в} = Q_{г.в}$ (рис. 18). В указанной схеме при наименьшем удельном расходе воды (по сравнению со всеми другими схемами) имеют место наибольшая мощность пиковых котельных и наибольший расход топлива.

Регулирование систем теплоснабжения производится путем постепенного сокращения доли пикового догрева, работающего большую часть отопительного сезона, с последующим переходом на пропуски.

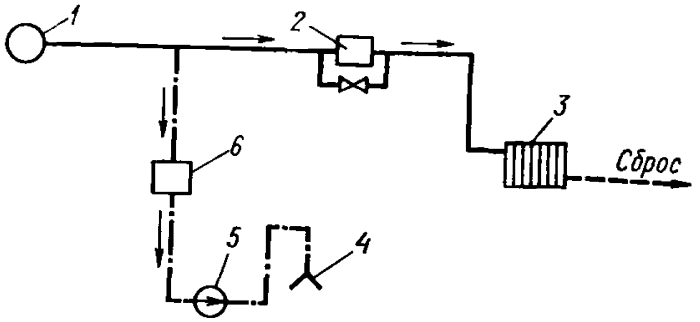


Рис. 15. Схема с параллельной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение и пиковым догревом отопительной воды

1 — скважина; *2* — пиковый догрев; *3* — система отопления; *4* — система горячего водоснабжения; *5* — насос; *6* — бак-аккумулятор

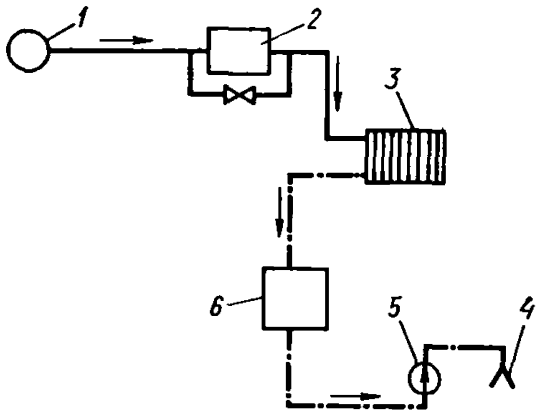


Рис. 16. Схема с последовательной подачей геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение и пиковым догревом отопительной воды

1 — скважина; *2* — пиковый догрев; *3* — система отопления; *4* — система горячего водоснабжения; *5* — насос; *6* — бак-аккумулятор

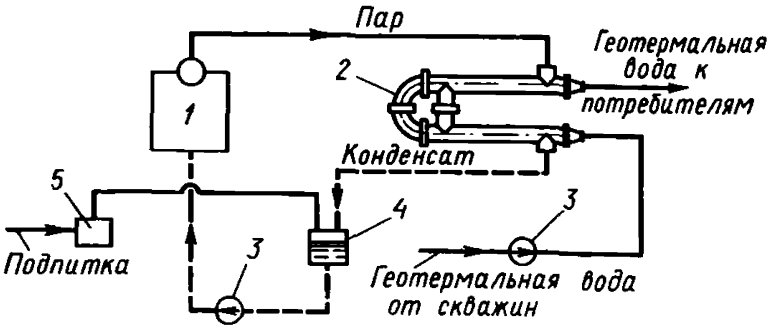


Рис. 17. Тепловая схема пиковой котельной

1 — паровой котел; *2* — пароводяной теплообменник для пикового догрева геотермальной воды; *3* — насос; *4* — бак для сбора конденсата; *5* — химводоочистка

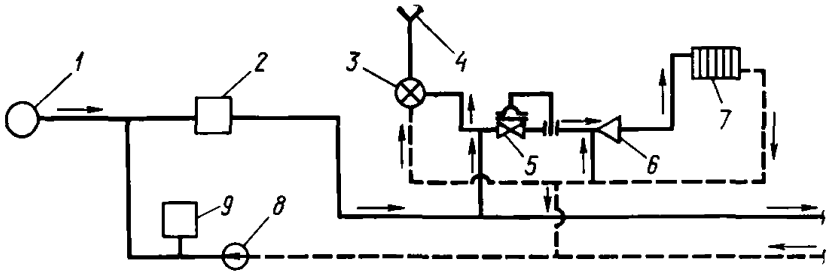


Рис. 18. Схема бессливной системы

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

Эффективность бессливной системы тем выше, чем больше доля горячего водоснабжения в суммарной тепловой нагрузке. Распределительные сети в данной схеме выполняются двухтрубными.

На схеме рис. 18 по однотрубной магистрали от скважины *1* к пиковой котельной *2* подается геотермальная вода в количестве, равном среднечасовому расходу на горячее водоснабжение $G_{г.в}$, а в подающем трубопроводе двухтрубных распределительных сетей среднечасовой расход $G^{г}_{дв}$ составит:

$$G^{г}_{дв} = G_{г.в} + G_{доб}\,, \qquad (20)$$

где $G_{доб}$ — добавочный расход, равный расходу в обратном трубопроводе распределительных сетей и определяемый по формуле

$$G_{доб} = \frac{10^3 - G_{г.в}\,(t'_{г} - 5)}{t'_{г} - t'_{о}}\,. \qquad (21)$$

В пиковой котельной *2* суммарный расход воды $G^{г}_{дв}$ догревается до $t'_{г}$ и подается в системы отопления *7* через регулятор постоянства расхода *5* и элеватор *6*, а также в системы горячего водоснабжения *4*; при этом температура поддерживается регулятором постоянства температур *3*. На обратной линии распределительных сетей устанавливается бак-аккумулятор *9* и насос *8*.

При реализации бессливной схемы возможны три варианта соотношения между температурой геотермальной воды и воды, подаваемой на горячее водоснабжение.

а) $t_{т.в} < t_{г.в}$

Вся отопительная нагрузка и часть нагрузки горячего водоснабжения покрываются пиковой котельной. Доля нагрузки горячего водоснабжения $\gamma'_{пик}$, покрываемая пиковой котельной в расчетном режиме, подсчитывается по формуле

$$\gamma'_{пик} = \frac{t_{г.в} - t_{т.в}}{t_{г.в} - 5}\,. \qquad (22)$$

Расчетная теплопроизводительность пиковой котельной равна:

$$Q'_{\text{пик}} = Q'_{\text{об}} (\alpha' + \gamma'_{\text{пик}} \gamma'), \qquad (23)$$

где $Q'_{\text{об}}$ — расчетная тепловая нагрузка объекта, Гкал/ч.

Пиковая котельная работает круглый год. Величина $d_{\text{т}}^{\text{от}} = 1$, значение $d_{\text{т}}^{\text{г.в}}$ определяется по уравнению

$$d_{\text{т}}^{\text{г.в}} = \frac{\gamma'_{\text{пик}} \tau_{\text{сез}} + 0{,}65\, \gamma_{\text{пик}}^{\text{летн}} (8500 - \tau_{\text{сез}})}{5500 + 0{,}35\, \tau_{\text{сез}}}, \qquad (24)$$

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

$$\gamma_{\text{пик}}^{\text{летн}} = \frac{t_{\text{г.в}} - t_{\text{т.в}}}{t_{\text{г.в}} - 15}. \qquad (25)$$

б) $t_{\text{т.в}} = t_{\text{г.в}}$

Пиковая котельная подбирается на расчетную отопительную нагрузку, т. е. $Q'_{\text{пик}} = Q'_{\text{об}} \alpha'$, Гкал/ч, и работает в течение всего отопительного сезона.

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

в) $t_{\text{т.в}} > t_{\text{г.в}}$

Пиковая котельная подбирается на часть отопительной нагрузки

$$Q'_{\text{пик}} = Q'_{\text{об}} \alpha' - 10^{-3} G_{\text{г.в}} (t_{\text{т.в}} - t_{\text{г.в}}). \qquad (26)$$

Доля пикового догрева для отопления $d_{\text{т}}^{\text{от}}$ определяется по формуле

$$d_{\text{т}}^{\text{от}} = 1 - \frac{10^{-3} G_{\text{г.в}} (t_{\text{т.в}} - t_{\text{г.в}})}{Q'_{\text{об}} \alpha' \varphi_{\text{ср}}}. \qquad (27)$$

Величина $d_{\text{т}}^{\text{г.в}} = 0$.

Работа пиковой котельной продолжается до тех пор, пока вносимое геотермальной водой количество тепла не станет равным необходимой теплопроизводительности отопительной системы, т. е.

$$\varphi_{\tau_0} = \frac{10^{-3} G_{\text{г.в}} (t_{\text{т.в}} - t_{\text{г.в}})}{Q'_{\text{об}} \alpha'}. \qquad (28)$$

6. В районах с ограниченными ресурсами геотермальных вод, высокой стоимостью их добычи и транспорта рекомендуется система геотермального теплоснабжения с применением термотрансформаторов (компрессионных тепловых насосов). В летний период эта схема может эксплуатироваться в режиме хладоснабжения.

В тепловых насосах в качестве источника тепла могут использоваться низкотемпературные геотермальные воды ($t_{\text{т.в}} \geqslant 15°\text{C}$) или другие источники низкопотенциального сбросного тепла.

Оптимальную в тепловом балансе системы долю расчетной производительности термотрансформаторов при выработке тепла следует принимать в пределах 0,1—0,15. Нагрев обратной воды предусматривается до 60°С, отопительный коэффициент μ при двухступенчатом нагреве принимается равным 4.

Соотношение расходов нагреваемой в конденсаторах воды $G_{конд}$ и сбрасываемой через испарители $G_{исп}$ определяется по формуле

$$m = \frac{G_{конд}}{G_{исп}} = \frac{\mu}{\mu - 1} \cdot \frac{t'_о - t'_{сбр}}{t'_{конд} - t'_о}, \qquad (29)$$

где $t'_{конд}$ и $t'_{сбр}$ — расчетные температуры воды на выходе из конденсаторов и испарителей (сброс), °С; величина $t'_{сбр}$ принимается 5—10°С;

$t'_о$ — расчетная температура обратной воды систем отопления, °С;

$$m \approx 0{,}4 - 0{,}6.$$

Компрессионные тепловые насосы следует размещать на обратной линии геотермальных систем отопления (рис. 19).

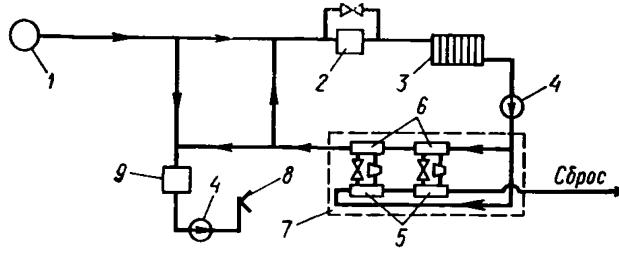


Рис. 19. Схема с применением пикового догрева и тепловых насосов
1 — скважина; *2* — пиковая котельная; *3* — система отопления; *4* — насос; *5* — испарители; *6* — конденсаторы; *7* — теплонасосная установка; *8* — система горячего водоснабжения; *9* — бак-аккумулятор

Системы геотермального теплохладоснабжения выполняются централизованными или децентрализованными. В первом случае теплонасосная установка размещается в блоке с пиковой котельной, во втором — на групповых или абонентских вводах. Принципиальные схемы централизованного и децентрализованного вариантов представлены на рис. 20 и 21.

На рис. 20 изображена система централизованного теплохладоснабжения с тепловыми насосами.

Для этой системы при работе в режиме теплоснабжения:

а) трехтрубная тепловая сеть — открыты вентили B_1, B_9, B_{11}, B_{12}, B_6, B_3 B_{14}, B_7, B_{17}, B_{10}, B_{16}; закрыты вентили B_4, B_5, B_8, B_{13}, B_{15}, B_{18}. Вентиль B_2 закрыт в период работы пиковой котельной;

б) двухтрубная тепловая сеть — открыты вентили B_1, B_9, B_{11}, B_{12}, B_6, B_3, B_{17}, B_7, B_{13}, B_{16}; закрыты вентили B_4, B_5, B_8, B_{10}, B_{14}, B_{15}, B_{18}.

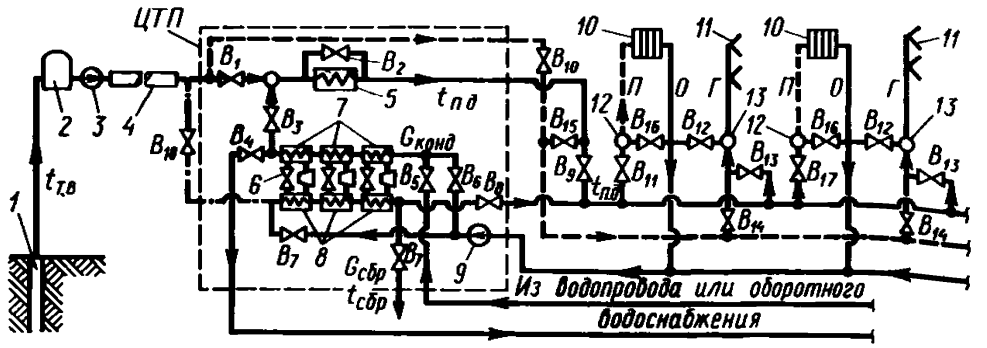


Рис. 20. Система централизованного теплохладоснабжения с тепловыми насосами

1 — источник; *2* — дегазация; *3* — насосная станция; *4* — теплотрасса; *5* — пиковая котельная; *6* — агрегаты теплового насоса; *7* — конденсаторы; *8* — испарители; *9* — насосная станция теплосети; *10* — система отопления и охлаждения; *11* — система горячего водоснабжения; *12* — смеситель системы отопления; *13* — смеситель горячего водоснабжения; *П, О* — прямая и обратная вода системы отопления; *Г* — линия горячего водоснабжения; *В* — вентили (задвижки); *ЦТП* — центральный тепловой пункт

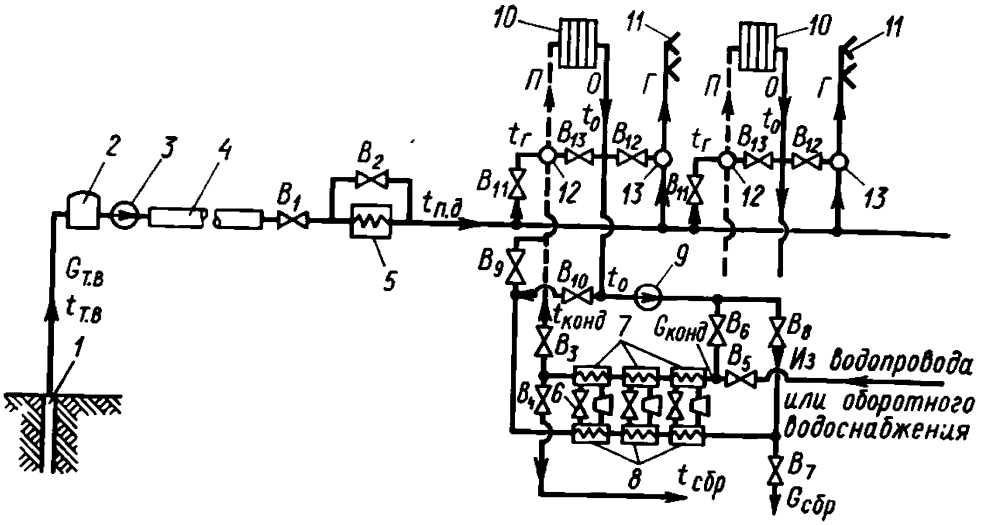


Рис. 21. Система децентрализованного теплохладоснабжения с тепловыми насосами

1 — источник; *2* — дегазация; *3* — насосная станция; *4* — теплотрасса; *5* — пиковая котельная; *6* — агрегаты теплового насоса; *7* — конденсаторы; *8* — испарители; *9* — циркуляционный насос; *10* — абоненты системы отопления; *11* — абоненты горячего водоснабжения; *12* — смеситель системы отопления; *13* — смеситель горячего водоснабжения; *П, О* — прямая и обратная вода системы отопления; *Г* — линия горячего водоснабжения; *В* — вентили (задвижки)

При работе в режиме хладоснабжения открыты вентили B_4, B_5, B_8, B_{11}, B_{14}, B_{10}, B_{17} (или B_{14}, B_{15}); закрыты вентили B_1 (или B_{10}), B_{15} (или B_{10}), B_{12}, B_{13}, B_6, B_3, B_7, B_9, B_{16}, B_{18}.

При работе в режиме теплоснабжения с низкотемпературными источниками ($t_{т.в} < t_о'$) открыты вентили B_1, B_9, B_{11}, B_{12}, B_{13}, B_{16}, B_6, B_3, B_{18}, B_7, закрыты вентили B_{10}, B_{15}, B_{14}, B_4, B_5, B_{17}, B_8.

Примечание: При достаточном дебите источников возможен тот же режим работы с закрытым вентилем B_{12}.

На рис. 21 изображена система децентрализованного теплохладоснабжения с тепловыми насосами. Для этой системы при работе в режиме теплоснабжения открыты вентили B_1, B_{11}, B_{12}, B_{13}, B_6, B_3, B_{10}, B_7; закрыты вентили B_8, B_4, B_5, B_9; B_2 закрыт в период работы пиковой котельной. При работе в режиме хладоснабжения открыты вентили B_1, B_8, B_5, B_9, B_4; закрыты вентили B_6, B_3, B_7, B_{10}, B_{11}, B_{12}, B_{13}.

Распределительные сети в централизованных системах при работе только в режиме теплоснабжения являются 2-трубными, при работе по летнему режиму — 3-трубными (прямая и обратная линии холодной воды и линия горячего водоснабжения) или 4-трубными (с циркуляционной линией горячего водоснабжения).

Распределительные сети в децентрализованных системах представляют собой в основном однотрубную прокладку, за исключением участков между абонентами (если тепловые насосы установлены на групповом вводе).

Эффективность работы тепловых насосов возрастает при использовании низкотемпературных отопительных систем, а также за счет последовательно-противоточного включения нескольких агрегатов.

Установленная мощность тепловых насосов $N'_{т.н}$ и годовой расход электроэнергии $P^{т.н}_{год}$ определяются по формулам:

$$N'_{т.н} = 1163 \frac{\gamma' Q'_{от}}{k} \sum_{1}^{k} \frac{1}{\mu_i}; \qquad (30)$$

$$P^{т.н}_{год} = 1163 \frac{\gamma_{год} Q'_{от} \tau_{сез} \varphi_{ср}}{k} \sum_{1}^{k} \frac{1}{\mu_i^{сг}}, \qquad (31)$$

где γ' — доля расчетной теплопроизводительности теплового насоса;

k — число ступеней нагрева;

$\mu_i^{сг}$ — действительный (среднегодовой) отопительный коэффициент в расчетном режиме;

$\tau_{сез}$ — продолжительность отопительного сезона, ч;

$\varphi_{ср}$ — среднегодовой коэффициент отпуска тепла;

$$\varphi_{ср} = 0{,}614 - 6 \cdot 10^{-4} \tau_{сез}. \qquad (32)$$

7. Для условий, аналогичных изложенным в п. 6, может быть использована система геотермального теплоснабжения с последовательным включением систем водяного и воздушного отопления (рис. 22).

Геотермальная вода из скважины *1* направляется параллельно в системы горячего водоснабжения *5* (через бак-аккумулятор *3*) и системы отопления.

Вода, направляемая на отопление, проходит пиковый догрев *2* и затем поступает в системы водяного отопления *6* и калориферы второго подогрева *7* систем воздушного отопления *9*. Обратная вода после калориферов второго подогрева *7* и систем водяного отопления

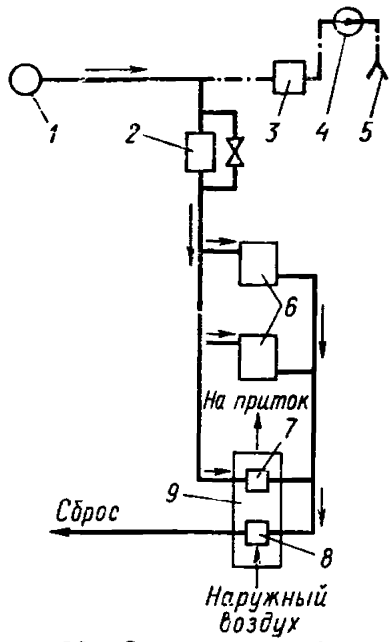


Рис. 22. Схема с комбинированным использованием системы водяного и воздушного отопления

1 — скважина; *2* — пиковая котельная; *3* — бак-аккумулятор; *4* — насос; *5* — система горячего водоснабжения; *6* — система водяного отопления; *7* — калориферы II подогрева; *8* — калориферы I подогрева; *9* — система воздушного отопления

6 поступает в калориферы первого подогрева *8* и затем сбрасывается. Наличие пикового догрева в схеме не является обязательным и зависит от величины $t_{т\,в}$.

Регулирование теплоотдачи в схеме (см. рис. 22) осуществляется путем уменьшения доли пикового догрева с переходом на пропуски при отключении догрева. Если пиковая котельная не предусматривается или нежелательно переходить на ранние пропуски, регулирование производится подмешиванием обратной воды. С учетом циркуляционной линии горячего водоснабжения распределительные сети представляют 4-трубную прокладку.

В общем виде уравнение теплового баланса для геотермальных отопительных систем (см. рис. 22) описывается выражением

$$(1 - a_{\text{возд}})\, Q'_{\text{от}} + Q'_{\text{возд}} = 10^{-3}\,(G_{\text{вод}} + G_{\text{II под}})\,(t'_{\text{г}} + t'_{\text{сбр}}), \qquad (33)$$

где $a_{\text{возд}}$ — доля систем воздушного отопления в общей расчетной отопительной нагрузке объекта;

$Q'_{\text{от}}$ — расчетная отопительная нагрузка объекта, Гкал/ч;

$Q'_{\text{возд}}$ — расчетная теплопроизводительность систем воздушного отопления, Гкал/ч;

$G_{\text{вод}} = \dfrac{Q'_{\text{от}} \cdot 10^3\,(1 - a_{\text{возд}})}{t'_{\text{г}} - t'_{\text{о}}}$ — расчетный расход геотермальной воды в водяных системах отопления, т/ч;

$G_{\text{II под}} = \dfrac{10^3 \cdot Q'_{\text{II под}}}{t'_{\text{г}} - t'_{\text{о}}}$ — расчетный расход геотермальной воды через калориферы 2-го подогрева, т/ч;

$Q'_{\text{II под}} = k_{\text{возд}}\, a_{\text{возд}}\, Q'_{\text{от}}\, \dfrac{t'_{\text{прит}} - t'_{\text{прит}_1}}{t'_{\text{прит}} - t_{\text{в}}}$ — расчетная теплопроизводительность

калориферов 2-го подогрева, приходящаяся на 1 Гкал/ч расчетной отопительной нагрузки объекта, Гкал/ч;

$t'_{\text{прит}_1} = t'_{\text{о}} - \Delta t_{\text{кон}}$ — расчетная температура нагретого воздуха после калориферов 1-го подогрева, °С;

$\Delta t_{\text{кон}}$ — конечная разность температур между обратной водой и нагреваемым воздухом в калориферах 1-го подогрева, °С;

$t'_{\text{г}}$ — расчетная температура пикового догрева геотермальной воды, °С;

$t'_{\text{прит}}$ — расчетная температура приточного воздуха в системе воздушного отопления, °С;

$k_{\text{возд}}$ — коэффициент на теплопотери здания, оборудованного системой воздушного отопления, учитывающий уменьшение количества инфильтрующегося воздуха;

$t'_{\text{о}}$ — расчетная температура обратной геотермальной воды, °С.

Величины $Q'_{\text{возд}}$, $a_{\text{возд}}$, $k_{\text{возд}}$ определяются по следующим формулам:

$$Q'_{\text{возд}} = k_{\text{возд}}\, a_{\text{возд}}\, Q'_{\text{от}}\, \frac{t'_{\text{прит}} - t'_{\text{н}}}{t'_{\text{прит}} - t_{\text{в}}}; \tag{34}$$

$$a_{\text{возд}} = \frac{(t'_{\text{прит}} - t_{\text{в}}) \times}{(t'_{\text{прит}} - t_{\text{в}})\,(t'_{\text{о}} - t'_{\text{сбр}}) + k_{\text{возд}}\,(t'_{\text{прит}} - t'_{\text{н}})\,(t'_{\text{г}} - t'_{\text{о}}) -}$$

$$\frac{\times\,(t'_{\text{о}} - t'_{\text{сбр}})}{-\,k_{\text{возд}}\,(t'_{\text{прит}} - t'_{\text{о}} + \Delta\, t_{\text{кон}})\,(t'_{\text{г}} - t'_{\text{сбр}})}, \tag{35}$$

$$k_{\text{возд}} = \frac{9{,}3\,(5{,}8\,q - 1) + 2 \cdot 10^{-2}\, v^{2{,}2}}{54\,q}, \tag{36}$$

где v — средняя скорость ветра за 3 наиболее холодных месяца, м/с;

q — отопительная характеристика здания, ккал/м³·ч·°С.

Для расчета схемы с последовательным включением систем водяного и воздушного отопления рекомендуются следующие параметры:

температура сброса $t'_{\text{сбр}} = 15$—20°С;

конечная разность температур между обратной водой и нагреваемым воздухом в калориферах 1-го подогрева $\Delta t_{\text{кон}} \approx 15$°С;

температура приточного воздуха после калориферов 1-го подогрева в расчетном режиме $t'_{\text{прит}_1} = 15$°С;

расчетная температура приточного воздуха $t'_{\text{прит}} = 60—70°C$;

температура после пикового догрева $t'_{\text{г}} \geqslant t'_{\text{прит}} + \Delta t_{\text{кон}}$.

Применение схемы, представленной на рис. 22, возможно при температуре геотермальной воды не ниже $t^{\text{мин}}_{\text{г.в}}$.

8. Принципиальные схемы по пп. 4—6 достаточно эффективны и при использовании промежуточных теплообменников, поскольку при небольших величинах температуры сброса $t_{\text{сбр}}$ имеет место значительное срабатывание теплового потенциала геотермальной воды до температуры

$$t = t_{\text{сбр}} + 5\,°C.$$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ $\eta_{\text{геот}}$ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

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

Общие исходные данные для схем *А*, *Б*, *В*, *Г*

температура геотермальной воды $t_{\text{т в}} = 65°C$;

расчетная температура воды, идущей на отопление, $t'_{\text{г}} = var$;

расчетная температура обратной воды после систем отопления, $t'_{\text{о}} = 40°C$;

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

продолжительность отопительного сезона $\tau_{\text{сез}} = 160$ сут (г. Махачкала);

пласт полуограниченный с $l = 5$ км;

расчетная нагрузка на отопление $Q'_{\text{от}} = 0{,}7$ Гкал/ч;

расчетная нагрузка на горячее водоснабжение $Q'_{\text{г.в}} = 0{,}3$ Гкал/ч;

регулирование температуры теплоносителя по качественному графику регулирования.

А. Простейшая схема—параллельная подача геотермальной воды на отопление и горячее водоснабжение (см. рис. 13)

1. Удельный расход геотермальной воды, приходящийся на 1 Гкал/ч расчетной тепловой нагрузки, определяется по формуле (11):

$$G^{\text{уд}}_{\text{т.в}} = 10^3 \left(\frac{0{,}7}{65 - 40} + \frac{0{,}3}{65 - 5} \right) = 33 \text{ т/ч}.$$

2. Доля расчетного дебита геотермальной воды, расходуемой на отопление, определяется по формуле (10):

$$\alpha = \frac{0{,}7 \cdot 10^3}{(65-40)\ 33} \approx 0{,}85;$$

на горячее водоснабжение — по формуле (12):

$$\gamma = 1 - 0{,}85 = 0{,}15.$$

3. Степень относительного использования максимума нагрузки определяется по формулам табл. 1:

на отопление

$$z_{от} = \frac{\tau_{сез}\ \varphi_{ср.от}}{8500},$$

где $\varphi_{ср.от}$ — среднеотопительный коэффициент отпуска тепла, определяется по формуле (32) $\varphi_{ср.от} = 0{,}614 - 6 \cdot 10^{-4} \cdot 160 = 0{,}52$, тогда $z_{от} = \frac{160 \cdot 24 \cdot 0.52}{8500} = 0{,}23$;

на горячее водоснабжение:

$$z_{г.в} = \frac{5500 + 0{,}35\ \tau_{сез}}{8500};$$

$$z_{г.в} = \frac{5500 + 0{,}35 \cdot 160 \cdot 24}{8500} = 0{,}805.$$

4. Коэффициент использования скважины определяется по формулам табл. 1:

для отопления

$$\bar{\tau}_{скв.от} = 0{,}23\ \frac{65-40}{(65-18-5) - 0{,}52\ (40-18-5)} = 0{,}178;$$

для горячего водоснабжения

$$\bar{\tau}_{скв.\ г.в} = \frac{6800 + 0{,}2 \cdot 160 \cdot 24}{8500} = 0{,}89.$$

5. Средневзвешенная величина коэффициента использования скважины определяется по формуле (9)

$$\bar{\tau}_{скв.об} = 0{,}85 \cdot 0{,}173 + 0{,}15 \cdot 0{,}89 = 0{,}28.$$

6. Степень относительного увеличения расчетного дебита скважины в целом для объекта определяется при известных $\bar{\tau}_{скв.об} = 0{,}28$ и полуограниченного пласта с $l = 5$ км по рис. 1 — $\zeta_{об} = 1{,}55$.

7. Степень относительного срабатывания температурного перепада определяется по формулам:

на отопление:

$$i_{от} = \frac{t'_г - t'_о}{t_{т.в} - 5};\quad t'_г = t_{т.в} = 65\ °C;$$

$$i_{от} = \frac{65-40}{65-5} = 0{,}417;$$

на горячее водоснабжение

$$i_{г.в} = 1 \text{ (так как } t_{г.в} = t_{т.в}).$$

8. Коэффициент эффективности геотермального теплоснабжения для данной схемы определяется по формуле (8):

$$\eta_{геот}^{об} = (0{,}85 \cdot 0{,}417 \cdot 0{,}23 + 0{,}15 \cdot 1 \cdot 0{,}805)\ 1{,}55 = 0{,}31.$$

Б. Схема с догревом геотермальной воды, направляемой на отопление (см. рис. 15):

$t_г' = 100\ ^\circ C$

1. $G_{т.в}^{уд} = 10^3 \left(\dfrac{0{,}7}{100 - 40} + \dfrac{0{,}3}{65 - 5} \right) = 16{,}7$ т/ч.

2. $\alpha = \dfrac{0{,}7 \cdot 10^3}{(100 - 40)\ 16{,}7} = 0{,}7$

$$\gamma = 1 - 0{,}7 = 0{,}3,$$

3. Коэффициент отпуска тепла, соответствующий моменту отключения пикового догрева, определяется по формуле (5)

$$\varphi_{\tau_0}^{от} = \frac{65 - 18 - 5}{100 - 18 - 5} = 0{,}545.$$

4. Коэффициент отпуска тепла, соответствующий моменту окончания отопительного сезона, определяется по формуле (6)

$$\varphi_к = 0{,}557 - 18 \cdot 10^{-4} \cdot 160 = 0{,}27.$$

5. Продолжительность работы пикового догрева

$$\tau_0 = \frac{(1 - \varphi_{\tau_0})^{1/n}}{A},$$

где A и n — эмпирические коэффициенты, определяемые соответственно по графикам рис. 3 и 4 при $t_н' = -13^\circ C$;

$A = 0{,}04$; $n = 0{,}6$.

$$\tau_0 = \frac{(1 - 0{,}545)^{1/0{,}6}}{0{,}04} = 57{,}5 \text{ сут.}$$

6. Относительный коэффициент отпуска тепла определяется по формуле (3):

$$\overline{\varphi}_{от} = \frac{0{,}545 + 0{,}27}{2 \cdot 0{,}545} = 0{,}75.$$

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

$$t_0^{выкл} = \varphi_{\tau_0}\ (t_0' - t_в - 5) + (t_в + 5);$$

$$t_0^{выкл} = 0{,}545\ (40 - 18 - 5) + (18 + 5) = 32{,}3\ ^\circ C.$$

8. Коэффициент использования скважины при отоплении определяется по формулам табл. 1

$$\bar{\tau}_{\text{скв.от}} = \frac{57{,}5 \cdot 24}{8500} + \frac{(160 - 57{,}5)\ 24}{8500} \times$$

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

9. Доля пикового догрева на отопление определяется по графикам рис. 2 при

$$\frac{t'_{\text{г}} - t_{\text{т.в}}}{t'_{\text{г}} - t_{\text{в}} - 5} = \frac{100 - 65}{100 - 18 - 5} = 0{,}45 \quad \text{и} \quad t'_{\text{г}} - t'_{\text{о}} = 100 - 40 = 60°\text{C};$$

$$d_{\text{т}} = 0{,}11.$$

10. Степень относительного срабатывания температурного перепада:

для систем отопления

$$i_{\text{от}} = \frac{100 - 40}{65 - 5} = 1;$$

для систем горячего водоснабжения

$$i_{\text{г.в}} = 1.$$

11. Средневзвешенная величина коэффициента использования скважины определяется по формуле (9):

$\bar{\tau}_{\text{скв.от}} = 0{,}7 \cdot 0{,}365 + 0{,}3 \cdot 0{,}89 = 0{,}523$; $\bar{\tau}_{\text{скв.г.в}} = 0{,}89$ (см. предыдущий пример).

12. По рис. 1 определяем $\zeta_{\text{об}} = 1{,}16$.

13. Коэффициент эффективности геотермального теплоснабжения объекта равен:

$$\eta^{\text{об}}_{\text{геот}} = [0{,}7 \cdot 1 \cdot 0{,}23\ (1 - 0{,}11) + 0{,}3 \cdot 1 \cdot 0{,}805]\ 1{,}16 = 0{,}446.$$

В. Схема бессливной системы (см. рис. 18)

1. $G^{\text{уд}}_{\text{т.в}} = G_{\text{г.в}} \quad G^{\text{уд}}_{\text{т.в}} = \dfrac{0{,}3 \cdot 10^3}{65 - 5} = 5$ т/ч.

2. Для определения $\eta_{\text{геот}}$ в сопоставлении с другими схемами необходимо годовую тепловую нагрузку отопительной котельной условно отнести к суммарному расходу тепла на отопление и горячее водоснабжение, чтобы получить долю пикового догрева $d_{\text{т}}$:

$$d_{\text{т}} = \frac{Q'_{\text{от}}\ \varphi_{\text{ср.от}}\ \tau_{\text{сез}}}{Q'_{\text{от}}\ \varphi_{\text{ср.от}}\ \tau_{\text{сез}} + Q'_{\text{г.в}}\ \tau_{\text{сез}} + 0{,}65\ Q'_{\text{г.в}}\ (8500 - \tau_{\text{сез}})};$$

$$d_{\text{т}} = \frac{0{,}7 \cdot 0{,}52 \cdot 160 \cdot 24}{0{,}7 \cdot 0{,}52 \cdot 160 \cdot 24 + 0{,}3 \cdot 160 \cdot 24 + 0{,}65 \cdot 0{,}3\ (8500 - 24 \cdot 160)} =$$

$$= 0{,}4.$$

3. $\bar{\tau}_{\text{скв. г.в}} = 0.89$.

4. По графику рис. 1 определяем $\zeta_{об}=1{,}03$.

5. $z_{г.в}=0{,}805$; $i_{г.в}=1$.

6. Поскольку $G_{скв}=G_{г.в}$, то $\gamma=1$ и тогда коэффициент эффективности можно определить по формуле (8)

$$\eta_{геот}^{об}=1\cdot 0{,}805\ (1-0{,}4)\ 1{,}03=0{,}498.$$

Г. Система геотермального теплоснабжения с комбинированным применением водяного и воздушного отопления (см. рис. 22)

Дополнительные исходные данные: расчетная температура приточного воздуха в системах воздушного отопления $t'_{прит}=65°C$; температура геотермальной воды после калориферов 1-го подогрева $t'_{сбр}=20°C$; коэффициент на теплопотери здания, учитывающий уменьшение количества инфильтрующегося воздуха $K_{возд}=0{,}9$; разность температур между водой и нагреваемым воздухом в калориферах 1-го подогрева $\Delta t_{кон}=15°C$; температура пикового догрева $t'_{г}=80°C$.

1. Определяем долю системы воздушного отопления в общей расчетной отопительной нагрузке объекта по формуле (35)

$$a_{возд}=\frac{(65-18)\times}{(65-18)\ (40-20)+0{,}9\ [65-(-13)]\ (80-40)-}$$
$$\frac{\times\ (40-20)}{-0{,}9\ [(65-40)+15]\ (80-20)}\approx 0{,}59.$$

2. Удельный расход геотермальной воды определяется по формуле

$$G_{т.в}^{уд}=\frac{10^3\left[(1-a_{возд})\ Q'_{от}+k_{возд}\ Q'_{от}\ a_{возд}\left(\frac{t'_{прит}-t'_{н}}{t'_{прит}-t_{в}}\right)\right]}{t'_{г}-t'_{сбр}}+$$
$$+\frac{10^3\ Q'_{г.в}}{t_{т.в}-5};$$

$$G_{т.в}^{уд}=\frac{10^3\left[(1-0{,}59)\ 0{,}7+0{,}9\cdot 0{,}7\cdot 0{,}59\ \frac{(65+13)}{(65-18)}\right]}{80-20}+$$
$$+\frac{10^3\cdot 0{,}3}{65-5}=20{,}1\ т/ч.$$

3. Доля геотермальной воды, расходуемой:
на отопление

$$\alpha=\frac{15{,}1}{20{,}1}=0{,}75;$$

на горячее водоснабжение

$$\gamma=\frac{5}{20{,}1}\approx 0{,}25.$$

4. Степень относительного срабатывания температурного перепада:

для отопления

$$i_{от} = \frac{80-20}{65-5} = 1;$$

для горячего водоснабжения

$$i_{г.в} = 1 \text{ (так как } t_{г.в} = t_{т.в} = 65\,^{\circ}\text{C}).$$

5. Коэффициент отпуска тепла, соответствующий моменту выключения пикового догрева, определяется по формуле (5):

$$\varphi^{от}_{\tau_о} = \frac{65-18-5}{80-18-5} = 0{,}737.$$

6. Продолжительность работы пикового догрева

$$\tau_о = \frac{(1-0{,}737)^{1/0{,}6}}{0{,}04} = 23{,}1 \text{ сут};$$

$A = 0{,}04$ (график рис. 3); $n = 0{,}6$ (график рис. 4).

7 Относительный коэффициент отпуска тепла

$$\bar{\varphi}_{от} = \frac{0{,}737+0{,}27}{2\cdot 0{,}737} = 0{,}683;$$

$$\varphi^{от}_{\tau_о} = 0{,}737; \qquad \varphi_к = 0{,}27.$$

8. Температура обратной воды, соответствующая моменту выключения пикового догрева,

$$t_о^{выкл} = 0{,}737\ (40-18-5) + (18+5) = 35{,}5\,^{\circ}\text{C}.$$

9. Коэффициент использования скважины:

для отопления

$$\bar{\tau}_{скв.от} = \frac{23{,}1\cdot 24}{8500} + \frac{(160\cdot 24 - 23{,}1\cdot 24)}{8500} \times$$

$$\times \frac{0{,}683\ (65-35{,}5)}{(65-18-5) - 0{,}683\ (35{,}5-18-5)} \approx 0{,}3;$$

для горячего водоснабжения

$$\bar{\tau}_{скв.\,г.в} = \frac{6800 + 0{,}2\cdot 160\cdot 24}{8500} = 0{,}89.$$

10. Средневзвешенный коэффициент использования скважины для объекта

$$\bar{\tau}_{скв.об} = 0{,}75\cdot 0{,}3 + 0{,}25\cdot 0{,}89 = 0{,}447.$$

11. По рис. 1 при $\bar{\tau}_{скв.об} = 0{,}447$ находим $\zeta_{об} = 1{,}42$.

12. Доля пикового догрева определяется по графику рис. 2 при

$$\frac{t'_г - t_{т.в}}{t'_г - t_в - 5} = \frac{80-65}{80-18-5} = 0{,}26 \text{ и } t'_г - t'_о = 80-40 = 40\,^{\circ}\text{C}.$$

$$d_т = 0{,}03.$$

13. Коэффициент эффективности системы геотермального теплоснабжения

$$\eta^{об}_{геот} = [0{,}75 \cdot 1 \cdot 0{,}23\ (1 - 0{,}03) + 0{,}25 \cdot 1 \cdot 0{,}805]\ 1{,}42 = 0{,}52.$$

Расчеты, проведенные при $t'_г = 90°C$ и $t'_г = 100°C$, дали следующие результаты:

	90°C	100°C
удельный расход геотермальной воды $G^{уд}_{т.в}$, т/ч	17,4	15,5
доля системы воздушного отопления в общей расчетной отопительной нагрузке объекта $a_{возд}$	0,49	0,41
доля пикового догрева (отопление) $d_т$	0,09	0,11
коэффициент эффективности систем геотермального теплоснабжения $\eta^{об}_{геот}$	0,51	0,5

Вывод: выбор $t'_г$ должен производиться в зависимости от конкретных условий располагаемого дебита геотермальной воды, стоимости топлива, возможностей осуществления систем воздушного отопления и т. п.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ПРИМЕР РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ С ПРИСОЕДИНЕНИЕМ СЕЗОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ (ДЛЯ ВЕСЕННИХ ТЕПЛИЦ)

Исходные данные:

расчетная температура наружного воздуха для отопления $t'_н = -13°C$;

продолжительность отопительного сезона $\tau_{сез} = 160$ сут (г. Махачкала);

расчетная отопительная нагрузка 1 Гкал/ч;

температура геотермальной воды $t_{т.в} = 65°C$;

расчетная температура воды, идущей на отопление, $t'_г = t_{т.в} = 65°C$;

расчетная температура обратной воды $t'_о = 40°C$;

весенние теплицы включаются при $t_н = 0°C$;

расчетная температура обратной геотермальной воды после систем отопления весенних теплиц $t'_о = 35°C$;

температура внутреннего воздуха в теплице $t_в = 18°C$.

1. Определяется количество геотермальной воды, расходуемой в отопительных системах при $Q = 1$ Гкал/ч и $\Delta t = 65 - 40 = 25°C$:

$$G_{т.в} = \frac{1 \cdot 10^3}{65 - 40} = 40 \text{ т/ч}.$$

2. Принимая качественное регулирование подмешиванием обратной воды, подсчитываем высвободившееся количество прямой геотермальной воды при $t_н = 0°C$.

Коэффициент отпуска тепла при $t_н = 0°C$

$$\varphi_{\tau_н=0} = \frac{18-0}{18-(-13)} = 0{,}58.$$

Температуры в подающей и обратной магистралях системы отопления (система отопления — потолочно-напольная) определяются по формулам:

$$t_г = \varphi\ (t'_г - t_в - 5) + (t_в + 5),$$

$$t_о = \varphi\ (t'_о - t_в - 5) + (t_в + 5),$$

$$t_г = 0{,}58\ (65 - 18 - 5) + (18 + 5) \approx 47{,}5\ °C;$$

$$t_о = 0{,}58\ (40 - 18 - 5) + (18 + 5) \approx 33\ °C;$$

$$G^{осв} = 40 - 40\ \frac{47{,}5 - 33}{65 - 33} = 21{,}9\ т/ч.$$

3. Площадь весенних теплиц, которые могут быть присоединены к системе геотермального теплоснабжения при $t_н = 0°C$, определяется по формуле (15):

$$F_{тепл} = \frac{0{,}11 \cdot 10^3 \cdot 21{,}9\ (65 - 35)}{18 - 0} \approx 4000\ м^2.$$

4. Продолжительность отопительного сезона с $t_н \leqslant 0°C$ составляет:

$$\tau_о = \left(\frac{1 - \varphi_{t_н=0}}{A}\right)^{1/n};$$

$$\tau_о = \left(\frac{1 - 0{,}58}{0{,}04}\right)^{1/0{,}6} = 50\ сут.$$

Значения A и n соответственно определяются по графикам рис. 3 и 4.

Следовательно, весенние теплицы будут работать:

$$\tau_{сез} - \tau_о = 160 - 50 = 110\ сут.$$

5. Средний коэффициент отпуска тепла за время работы весенних теплиц:

$$\bar{\varphi}_{от} = \frac{\varphi_{t_н=0} + \varphi_к}{2\ \varphi_{t_н=0}}. \qquad \varphi_к = 0{,}557 - 18 \cdot 10^{-4}\ \tau_{сез} = 0{,}27;$$

$$\bar{\varphi}_{от} = \frac{0{,}58 + 0{,}27}{2 \cdot 0{,}58} = 0{,}73.$$

Значению $\bar{\varphi}_{от}$ соответствуют температуры:

$$t_г = 0{,}73\ (65 - 23) + 23 \approx 53{,}7\ °C;$$

$$t_о = 0{,}73\ (35 - 23) + 23 \approx 31{,}8\ °C;$$

6. Средний отбор геотермальной воды весенними теплицами (с учетом качественного регулирования путем подмешивания) за время их работы составит:

$$G_{\text{т.в ср}} = \frac{21{,}9 \cdot 53{,}7 - 31{,}8}{65 - 31{,}8} \approx 14{,}5 \text{ т/ч}.$$

Аналогичная величина для систем гражданских зданий составит (при $t_г$ и $t_о$ соответствующих $\varphi_{\text{ср.от}} = 0{,}52$):

$$t_г = 0{,}52\ (65 - 18 - 5) + (18 + 5) \approx 44{,}8\ ^\circ\text{C};$$

$$t_о = 0{,}52\ (40 - 18 - 5) + (18 + 5) \approx 31{,}8\ ^\circ\text{C};$$

$$G_{\text{т.в.ср}} = 40\ \frac{44{,}8 - 31{,}8}{65 - 31{,}8} = 15{,}7 \text{ т/ч}.$$

7. Коэффициент использования скважин при работе только одних систем отопления и при совместной работе их с весенними теплицами равен:

$$\bar{\tau}_{\text{скв.от}} = 0{,}23\ \frac{65 - 40}{(65 - 18 - 5) - 0{,}52\ (40 - 18 - 5)} = 0{,}173;$$

$$\bar{\tau}_{\text{скв.от + тепл}} = \frac{15{,}7 \cdot 160 \cdot 24 + 14{,}5 \cdot 110 \cdot 24}{40 \cdot 8500} = 0{,}29.$$

Полученным коэффициентам использования скважин соответствуют определенные по рис. 1 значения $\zeta_{об}$, равные 1,61 и 1,55.

8. Степень относительного срабатывания температурного перепада:

$$i_{\text{от}} = \frac{65 - 40}{65 - 5} = 0{,}417;$$

$$i_{\text{тепл}} = \frac{65 - 35}{65 - 5} = 0{,}5.$$

9. Степень относительного использования максимума нагрузки для весенних теплиц

$$z_{\text{тепл}} = \frac{110 \cdot 24 \cdot 0{,}73}{8500} = 0{,}227.$$

10. Коэффициенты эффективности систем геотермального теплоснабжения:

а) для систем отопления

$$\eta_{\text{геот.от}} = 0{,}417 \cdot 0{,}23 \cdot 1{,}61 \approx 0{,}155;$$

б) для систем отопления с подключением весенних теплиц

$$\eta_{\text{геот.от + тепл}} = \left(0{,}417 \cdot 0{,}23 + \frac{21{,}9}{40}\ 0{,}5 \cdot 0{,}227\right) 1{,}55 = 0{,}245.$$

Следовательно, коэффициент эффективности геотермального теплоснабжения для схемы с присоединением весенних теплиц увеличился на

$$\frac{0{,}245 - 0{,}155}{0{,}155}\ 100\% = 58\%.$$

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	3
2. Предупреждение коррозии и отложения осадка в системах теплоснабжения с использованием геотермальных вод	6
3. Теплотехнические принципы использования геотермальных вод для теплоснабжения и методика экономических расчетов	8
4. Геотермальные системы теплоснабжения	17
5. Сезонные потребители геотермальных вод	19
6. Системы отопления и охлаждения с использованием геотермальных вод	21
Приложение 1. Гидрогеологические вопросы использования геотермальных (термальных подземных) вод	26
Приложение 2. Принципиальные схемы систем геотермального теплоснабжения	30
Приложение 3. Примеры расчета коэффициентов эффективности $\eta_{геот}$ для различных схем геотермального теплоснабжения	40
Приложение 4. Пример расчета системы геотермального отопления гражданских зданий с присоединением сезонных потребителей (для весенних теплиц)	46

Госгражданстрой

ИНСТРУКЦИЯ ПО КОМПЛЕКСНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ВОД ДЛЯ ТЕПЛОХЛАДОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

ВСН 36-77
Госгражданстрой

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией *Г. А. Жигачева*
Редактор *Л. Н. Кузьмина*
Мл. редактор *М. А. Жарикова*
Технические редакторы *Т. В. Кузнецова, В. М. Родионова*
Корректоры *Г. Г. Морозовская, Е. Н. Кудрявцева*

Сдано в набор 21 04.1978 г. Подписано в печать 13.07.1978 г.
Формат 84×108¹/₃₂ Бумага типографская № 2
Литературная гарнитура. Высокая печать
2,52 усл. печ. л. (уч.-изд. 2,78 л.)
Тираж 15000 экз. Изд. № XII—7842 Заказ № 345 Цена 15 коп.

Стройиздат
103006, Москва, Каляевская, 23а

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, 25

gost.e-ecolog.ru