

ГЕОТЕРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

МАЛЫШЕВА Анна Александровна, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Рассмотрены вопросы оценки эффективности геотермальных систем теплоснабжения. Приведенные варианты указывают на возможность получения различного энергетического эффекта при одних и тех же гидрогеологических параметрах.

Введение. Россия обладает значительными запасами геотермальных ресурсов. Имеется опыт разработки и строительства ГеоЭС и геотермальных систем теплоснабжения. На Камчатке и Курильских островах много лет успешно эксплуатируется пять ГеоЭС, самая мощная из которых (50 Мвт) – Мутновская – обеспечивает до 30 % всей потребляемой Камчаткой электрической энергии [2].

Геотермальные системы теплоснабжения эксплуатируются на Камчатке, Курилах, в Дагестане, в Ставропольском и Краснодарском крае. Для этих целей ежегодно добывается до 30 млн м³ геотермальной воды с температурой 80...110 °С [3].

Геотермальные воды являются одним из перспективных источников тепловой энергии. Геотермальной водой принято считать природную подземную воду, которая имеет повышенную температуру. Увеличение температуры возникает за счет восприятия теплоты разогретых водовмещающих горных пород.

Анализируя особенности геотермальных вод, необходимо выделить ее одноразовость использования в качестве теплоносителя в системах теплоснабжения, в то время как обычный теплоноситель возвращается после потребителя на повторный нагрев, а его температура регулируется в зависимости от климатических факторов.

Расход топлива в традиционных системах пропорционален теплоснабжению. Геотермальная скважина с одним и тем же дебитом может оказываться эквивалентной совершенно различным количествам получаемой в течение года тепловой энергии. На это влияет температура сброса, число часов использования максимума и ряд других факторов.

Методика исследований. Существует несколько тепловых схем использования тепла геотермальных вод: с параллельной подачей геотермальной воды из скважины в систему отопления и горячего водоснабжения; с подогревом геотермальной воды, поступающей в систему отопления, в расчетном режиме до 80 °С в пиковой котельной.

В систему горячего водоснабжения геотермальная вода подается непосредственно, как правило, температура ее составляет 60 °С. При этом присоединенная к скважине расчетная нагрузка возрастает примерно в полтора раза. Пиковый подогрев в этом случае действует не более 800 ч

в год, при этом его доля в годовом расходе тепла не превышает 5 %. Существенное повышение эффективности геотермального теплоснабжения достигается за счет выравнивания потребления геотермальной воды во времени.

Для снижения температуры сбрасываемой воды существует свободная от указанных недостатков схема геотермального теплоснабжения. Геотермальная вода из скважины проходит пиковый подогрев, далее направляется параллельно в низкотемпературные водяные системы отопления, а также на подогрев систем вентиляции. Обратная вода из водяных систем направляется на второй подогрев систем вентиляции, а вторая после второго подогрева на горячее водоснабжение.

Сочетание пикового догрева, систем подогрева систем вентиляции на «хвосте» водяных и открытого водоразбора на «хвосте» второго подогрева позволяет присоединить к той же скважине дополнительно не менее 30 % дополнительной нагрузки.

Приведенные варианты указывают на возможность получения при одних и тех же гидрогеологических параметрах различного энергетического эффекта. Поэтому очень важна энергетическая оценка проектируемых систем геотермального теплоснабжения.

Для идеального потребителя с равномерной нагрузкой в течение года и полным срабатыванием термальной воды, то есть до температуры окружающей среды, коэффициент полезного действия геотермальной системы теплоснабжения должен быть $\eta_{\text{геот}} = 1$.

Результаты исследований. Коэффициент полезного действия любой реальной системы геотермального теплоснабжения определяется соответствующим образом [1]:

$$\eta_{\text{геот}} = iz\xi(1 - d_{\text{п}}),$$

где i и z – степени энергетического совершенства и энергоемкости потребителя, которые представляют собой относительное срабатывание температурного перепада и относительное число часов использования максимума нагрузки по сравнению с идеальным потребителем; ξ – степень относительного увеличения расчетного дебита скважины по сравнению с теплоснабжением идеального потребителя, принимаемая в зависимости от коэффициента использования скважины τ ; $d_{\text{п}}$ – доля



в годовом тепловом балансе системы различных топливных элементов (пиковый догрев, тепловые насосы), вырабатывающих потребление нормальной воды во времени и сокращающих ее расчетный расход на единицу тепловой нагрузки

$$i = \frac{t'_T - t'_C}{t'_T - 5};$$

где t'_T и t'_C – расчетные температуры поступающего к данному потребителю теплоносителя (с учетом пикового догрева) и обратной воды, °C; t'_T – температура термальной воды, получаемой из скважины, °C.

При определении $Z_{от}$ учитывается уменьшение потребления горячей воды в летний период (80 % от зимнего расхода) и повышение температуры нагреваемой водопроводной воды с 5 до 10 °C.

Степень энергоемкости потребителя [1]:

$$Z_{от} = \frac{T_{сез} \varphi_{ср.от}}{8500};$$

$$Z_{ГВ} = \frac{5500 + 0,35T_{сез}}{8500},$$

где $T_{сез}$ – продолжительность отопительного сезона, ч; $\varphi_{ср.от}$ – средний за сезон коэффициент отпуска теплоты для системы отопления.

Коэффициент использования скважины при непосредственной подаче термальной воды потребителям [1]:

$$\bar{\tau}_{скв.от} = Z_{от} \frac{t'_T - t'_C}{(t'_T - t'_B - 5) - \varphi_{ср.от}(t'_C - t'_B - 5)};$$

$$\bar{\tau}_{скв.вент} = Z_{вент} \frac{t'_T - t'_C}{(t'_T - t'_B) - \varphi_{ср.тек}(t'_C - t'_B)};$$

$$\bar{\tau}_{скв.ГВ} = \frac{6800 - 0,2T_{сез}}{8500},$$

где $\bar{\tau}_{скв.}$ – среднегодовой коэффициент использования скважин термоводозабора, представляющий отношение фактического годового отбора геотермальной воды к максимальному отбору, который определяется как произведение $8500 G'_T$; 8500 – условное число часов использования максимума нагрузки идеальным потребителем; $\varphi_{ср}$ и $\varphi_{ср.тек}$ – средний отопительный и текущий коэффициенты отпуска тепла; $\bar{\varphi}$ – средний относительный коэффициент отпуска тепла после выключения пикового догрева;

$$\bar{\varphi} = \frac{\varphi_{то} + \varphi_{к}}{2\varphi_{то}},$$

$\varphi_{то}$ – коэффициент отпуска тепла, соответствующий моменту отключения пикового догрева;

$$\varphi_{к} = \frac{t_{Т.В} - t_{В} - 5}{t'_T - t'_B - 5},$$

где $\varphi_{к}$ – коэффициент отпуска тепла, соответствующий моменту окончания отопительного сезона.

Величина коэффициента полезного действия $\eta_{геот}$ в случае непосредственной подачи геотермальной воды к потребителям, когда степень энергетического совершенства для горячего водоснабжения равна 1 и $t'_T = t_{Т.В}$, составит 0,05–0,31 (для системы отопления); 0,15–0,42 (для системы вентиляции), 0,76–0,99 (для горячего водоснабжения).

Заключение. Приведенные значения $\eta_{геот}$ свидетельствуют о том, что наименее энергетически совершенным потребителем является отопление. В то же время ограничение использования геотермальных вод одним горячим водоснабжением требует устройства двух параллельных систем теплоснабжения, что является, как правило, экономически нерациональным. В связи с этим необходимо добиваться повышения $\eta_{геот}$ для отопления, что может быть достигнуто применением специальных низкотемпературных систем конвективного, лучистого и воздушного отопления или путем использования пикового догрева и тепловых насосов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВСН 56-87 Геотермальное теплоснабжение жилых и общественных зданий и сооружений. Нормы проектирования. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901707728>.
2. Поваров О.С., Томаров Г.В. Развитие геотермальной энергетики в России и за рубежом // Теплоэнергетика. – 2006. – № 3. – С. 2–10.
3. Шетов В.Х., Бутузов В.А. Геотермальная энергетика // Энергосбережение. – 2006. – № 4. – С. 70–71.

Мальшева Анна Александровна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция», Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. Россия. 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26. Тел.: Тел.: +7 (495) 781-80-07.

Ключевые слова: геотермальные системы; теплоснабжение; температура; водоснабжение.

GEOTHERMAL HEAT SUPPLY SYSTEMS

Malysheva Anna Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Heat and Gas Supply and Ventilation", National Research Moscow State University of Civil Engineering. Russia.

Keywords: geothermal heat systems; heat supply; temperature; water supply.

The issues of evaluating the effectiveness of geothermal heating systems are regarded. These options indicate the possibility of obtaining different energetic effect with the same hydrogeological parameters.