

УДК 620.92:621.43.018

О.Ф. Редько, *д-р техн. наук, професор.*

В.С. Бугай, *мол. наук співроб., асистент.*

А.О. Редько, *д-р техн. наук, доцент.*

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

## МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ВІД ГІБРИДНОЇ ПАЛИВНО-ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ТЕПЛОВОЇ СТАНЦІЇ

При створенні геотермальних циркуляційних систем (ГЦС) теплопостачання відстань між видобувною та нагнітальною свердловинами приймається із умови забезпечення постійної температури геотермального теплоносія на виході з видобувної свердловини протягом розрахункового періоду експлуатації. Враховуючи нестационарність тепломасообмінних процесів в ГЦС, температура геотермальної рідини може змінюватися протягом розрахункового періоду експлуатації, як правило, знижуватися [1, 2]. При виконанні техніко-економічних розрахунків, проектуванні систем геотермального теплопостачання температуру геотермального теплоносія на усті видобувної свердловини умовно приймають постійною [3 – 5].

Сталість температури геотермального теплоносія обумовлює складність регулювання відпуску теплоти споживачам. Для забезпечення споживача розрахунковою кількістю теплової енергії виникає необхідність регулювання витрати геотермальної рідини [3, 4]. У зарубіжній та вітчизняній практиці добову нерівномірність споживання теплової енергії компенсують встановленням баків-акумуляторів, використання яких характеризується наступними недоліками: додаткові капіталовкладення в систему, експлуатаційні витрати, втрати теплоти. Для регулювання витрати геотермального теплоносія з видобувної свердловини можуть застосовуватися регулятори витрати.

При температурі геотермального теплоносія нижчій, ніж необхідна в системі теплопостачання за температурним графіком, або при дебіті, що не забезпечує розрахункової теплової потужності, застосовуються пікові догрівачі (котли, електронагрівачі та інші теплогенератори).

Отже, регулювання відпуску теплоти в системах геотермального теплопостачання – складна задача, що потребує розв'язку на стадії проектування, врахування особливостей як геотермального джерела, так і теплового споживача.

Для більшості теплоенергетичних вод України характерний невисокий температурний потенціал, що є нижчим, ніж вимагається нормами для систем теплопостачання, але достатнім для використання.

Тому для забезпечення споживача якісним теплоносієм виникає необхідність у встановленні пікового догрівача.

На рис. 1 наведена схема гібридної паливно-геотермальної теплової станції, що забезпечує тепловою енергією системи опалення та гарячого водопостачання та включає піковий догрівач – теплогенераторну установку, працюючу на природному газі.

Для даної системи прийнято, що теплове навантаження системи гарячого водопостачання  $Q_{гвп}$  повністю покривається геотермальною енергією, а системи опалення  $Q_o$  – від двох джерел: теплової енергії. Періоди роботи геотермального джерела та теплогенеруючої установки на систему опалення, як окремо, так і сумісно, визначаються прийнятим температурним графіком, тепловою потужністю системи опалення, дебітом та температурою геотермальної рідини на усті видобувної свердловини, кліматичними умовами району будівництва.

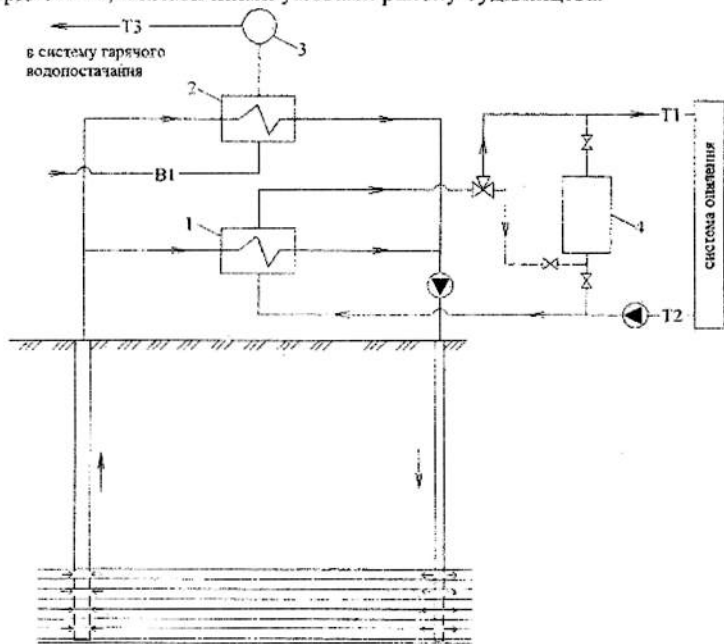


Рис. 1. Схема гібридної паливно-геотермальної теплової станції:

- 1 – теплообмінник системи опалення; 2 – теплообмінник системи гарячого водопостачання; 3 – бак-аккумулятор системи гарячого водопостачання;  
4 – теплогенеруюча установка

Необхідно відзначити, що регулювання відпуску теплоти безпосередньо від геотермального теплоносія до теплоносія системи опалення чи гарячого водопостачання може бути тільки кількісним.

Потреба у геотермальній рідині для системи опалення при прийнятих протиточній схемі руху теплоносіїв у теплообміннику та мінімально допустимій різниці температур  $10\text{ }^\circ\text{C}$  між гріючим (геотермальним) та нагрівним (теплоносієм у зворотному трубопроводі системи теплопостачання) теплоносіями визначатиметься наступними рівняннями:

$$G_{g.o.}(t) = \frac{Q_o(t) \cdot 10^3}{c \cdot (t_g' - t_{g.o.}''(t))}, \quad (1)$$

якщо  $\tau_1(t) < t_g' - 10$ ; відповідно покриття теплового навантаження системи опалення забезпечується виключно геотермальною енергією;

$$G_{g.o.}(t) = \frac{Q_{o \max} \cdot (t_g' - 10 - \tau_2(t)) \cdot 10^3}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2) \cdot (t_g' - t_{g.o.}''(t))}, \quad (2)$$

якщо  $\tau_1(t) \geq t_g' - 10$ ,  $\tau_2(t) < t_g' - 10$ ; відповідно покриття навантаження системи опалення забезпечується сумісною роботою ПЦС та теплогенеруючої установки;

$$G_{g.o.}(t) = 0, \quad (3)$$

якщо  $\tau_2(t) \geq t_g' - 10$ ; відповідно покриття теплового навантаження системи опалення забезпечується виключно теплогенеруючою установкою.

В формулах (1–3) прийняті наступні умовні позначення:  $t$  – температура зовнішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_g'$  – температура геотермального теплоносія на усті видобувної свердловини,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{g.o.}''(t)$  – температура геотермального теплоносія після теплообмінника системи опалення,  $^\circ\text{C}$ ;  $\tau_1, \tau_2$  – максимальна температура теплоносія системи опалення відповідно в подавальному та зворотному трубопроводах згідно температурного графіка,  $^\circ\text{C}$ ;  $\tau_1(t), \tau_2(t)$  – температура теплоносія системи опалення відповідно в подавальному та зворотному трубопроводах в залежності від температури зовнішнього повітря;  $G_{g.o.}(t)$  – витрата геотермального теплоносія, кг/с;  $Q_{o \max}$  – максимальна теплова потужність системи опалення, МВт.

За тепловими балансами теплообмінників систем гарячого водопостачання та опалення, а також за формулами (1–3) можливо спрогнозувати режими відпуску теплоти гібридної паливно-геотермальної теплової станції (рис. 1) при різних варіантах температурного графіка системи опалення, теплових потужностях системи теплопостачання.

Для прикладу виконано дослідження режимів відпуску теплоти гібридної паливно-геотермальної теплової станції максимальною тепловою потужністю 1 МВт (теплове навантаження системи опалення 0,75 МВт, теплове навантаження системи гарячого водопостачання 0,25 МВт, район будівництва – м. Джанкой АР Крим, температура геотермальної рідини на усті видобувної свердловини 64 °С). Розглянуто два варіанти системи опалення при температурних графіках 90/70 та 70/50 °С. За наведеною методикою побудовані графічні залежності зміни витрати геотермального теплоносія для потреб опалення та потужності теплогенеруючої установки (котла газового) від температури зовнішнього повітря (рис. 2, 3).

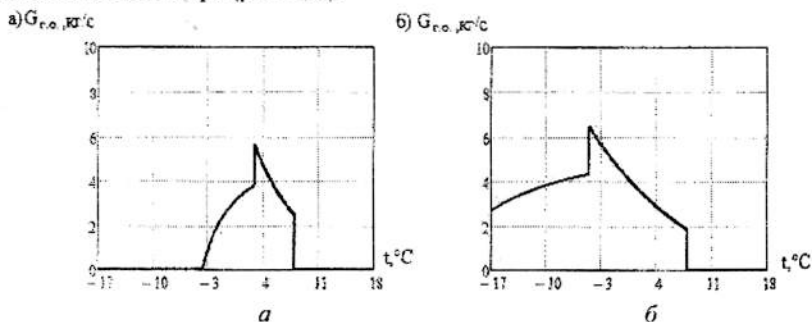


Рис. 2. Графіки зміни витрати геотермального теплоносія для забезпечення повного чи часткового покриття теплового навантаження системи опалення в залежності від температури зовнішнього повітря:  
 а - при температурному графіку 90/70 °С;  
 б - при температурному графіку 70/50 °С

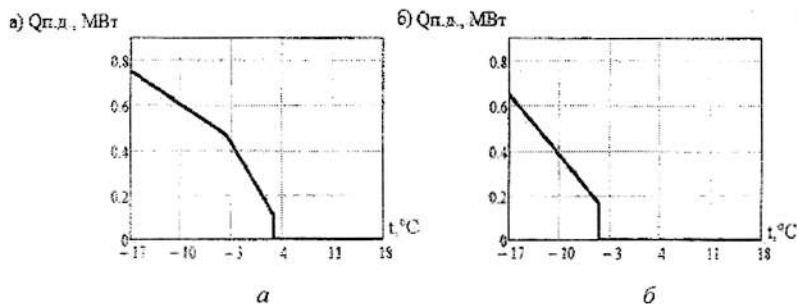


Рис. 3 – Графіки зміни теплової потужності пікового дорганівача гібридної паливно-геотермальної теплової станції для покриття теплового навантаження системи опалення в залежності від температури зовнішнього повітря:  
 а - при температурному графіку 90/70 °С;  
 б - при температурному графіку 70/50 °С

### Висновки

За аналізом графіків встановлено, що при температурному графіку 70/50 °С включення пікового догрівача потрібне при температурі -5 °С (необхідна максимальна теплова потужність теплогенератора 648 кВт), тоді як при температурному графіку 90/70 °С – при температурі +2 °С (необхідна максимальна теплова потужність теплогенератора 750 кВт). При температурному графіку 70/50 °С використання геотермального теплоносія на потреби опалення відбувається протягом всього опалювально періоду, а при температурному графіку 90/70 °С температурного потенціалу геотермального теплоносія недостатньо, щоб забезпечити параметри теплоносія системи опалення згідно температурного графіка, тому при температурах зовнішнього повітря -4 °С та нижче покриття теплового навантаження забезпечується тільки піковим догрівачем.

Отже, дана методика може використовуватися для прогнозування режимів відпуску теплоти гібридної паливно-геотермальної теплової станції, що є основою для визначення техніко-економічних показників роботи станції, порівняльного аналізу роботи декількох варіантів станції, наприклад, при різних температурних графіках, температурі геотермального теплоносія на усті видобувної свердловини, теплових потужностях системи теплопостачання.

### Список літератури

1. Дядькин Ю. Д. Разработка геотермальных месторождений / Ю.Д. Дядькин. – М.: Недра, 1989. – 229 с.: ил.
2. Богуславский Э. И. Добыча и использование тепла Земли / Э.И. Богуславский, В.Ж. Арене, Ю.Д. Дядькин // Физико-химическая геотехнология. – М.: Изд-во МГТУ, 2001. –
3. Геотермальное теплохладоснабжение жилых и общественных зданий и сооружений. Нормы проектирования: ВСН 56-87. – [Действующий от 1988-01-07]. – М.: Стройиздат, 1989. – 72 с. – (Всдомственные строительные нормы).
4. Гаджиев А. Г. Геотермальное теплоснабжение / А.Г. Гаджиев, Ю.И. Султанов, П.Н. Ригер, А.Н. Абдуллаев, А.Ш. Мейланов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 120 с., ил. – (Б-ка теплотехника).
5. Локин Б. А. Использование геотермальных вод для теплоснабжения / Б.А. Локшин – М.: Стройиздат, 1974. – 152 с.

Надійшла до редакції

9.11.11 р.