

ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ РОБОТИ ТЕПЛОНАСОСНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АКУМУЛЬОВАНОЇ ТЕПЛОТИ ГРУНТУ

Цветкова Марія Олександрівна (доповідач), Безродний М.К., Притула Н.О.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського» Україна, Київ
тел. (044) 406-80-78, факс (044) 454-90-93, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua;
npritula@ukr.net; gobovamaria@gmail.com

Мета роботи. Визначення раціонального співвідношення між характеристиками вертикального ґрунтового теплообмінника (ВГТО), таких як глибина свердловини, діаметра труби, швидкості руху теплоносія в нижньому контурі теплонасосної системи (ТНС) в залежності від умов роботи ВГТО (акумулявання теплоти в ґрунті та з врахуванням зміни питомого теплового потоку протягом опалювального періоду) та теплонасосної установки (ТНУ). Дані характеристики повинні забезпечити оптимальну швидкість теплоносія в нижньому контурі ТНС, що дозволить отримати мінімальні питомі затрати електроенергії на ТНС теплопостачання в цілому.

Результати. В результаті числових досліджень, що базуються на аналізі системи рівнянь затрати енергії та теплового балансу окремих елементів теплонасосної схеми, встановлено, що існує оптимальна швидкість теплоносія у ВГТО, якій відповідають мінімальні сумарні затрати енергії на привід насоса та компресора теплового насоса (ТН). Ця оптимальна швидкість теплоносія має змінюватись протягом опалювального сезону. На цій основі отримано співвідношення між характеристиками ґрунтових теплообмінників, що забезпечують мінімум сумарних енергетичних затрат на ТНС опалення. Визначено, що питомі затрат зовнішньої енергії на ТНУ при забезпеченні оптимальної швидкості теплоносія у нижньому контурі слабо змінюються протягом опалювального сезону і значно нижчі ніж при використанні природної теплоти ґрунту (без акумуляції). Встановлено, що більш висока швидкість теплоносія спостерігається на початку опалювального періоду з урахуванням акумулявання енергії в ґрунті. Оптимальна швидкість теплоносія повинна зменшуватись до кінця опалювального сезону для забезпечення мінімальних питомих затрат енергії на ТНС. Також відмічено, що оптимальна швидкість зростає зі збільшенням глибини свердловини та зменшенням діаметра труби теплообмінника.

Висновки. **1.** Розроблено методику визначення оптимальних умов роботи ґрунтових теплообмінників для ТНС низькотемпературного водяного опалення, що забезпечують мінімум енергетичних затрат на вироблення теплоти. **2.** Розрахунки показали, що оптимальна швидкість теплоносія залежить від глибини свердловини, діаметра труби теплообмінника та типу ґрунту, слабо залежать від теплофізичних характеристик теплоносія і майже не залежать від температури теплоносія

на вході до випарника ТН. 3. Отримані співвідношення можуть бути використані при визначенні оптимальних умов роботи ВГТО в ТНС низькотемпературного опалення з метою досягнення її максимальної енергетичної ефективності.

OPTIMAL WORKING CONDITIONS OF HEAT PUMP HEATING SYSTEMS USING HEAT ACCUMULATED IN SOIL
Tsvetkova Maria Aleksandrovna (speaker), Bezrodny M.K., Prytula N.O.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Ukraine, Kyiv

Tel. (044) 406-80-78, fax (044) 454-90-93, e-mail: m.bezrodny@kpi.ua;

nprytula@ukr.net; gobovamaria@gmail.com

Objective. Determination of the rational correlation between characteristics of the vertical ground heat exchanger (VGHE), such as depth of the well, diameter of pipe, velocity of the coolant in the lower contour of heat pumping system (HPS) depending on conditions of the VGHE operation (accumulation of heat in soil taking into account changes in the specific heat flux during the heating season) and heat pump installation (HPI). These characteristics should ensure optimal coolant velocity in the lower contour of the HPS to provide minimum specific electricity cost of the HPS total heat supply.

Findings. As a result of numerical studies based on the analysis of the system of energy costs equations and heat balance of individual elements of the heat pump system, it was found that there are an optimal value of the coolant velocity in VGHE corresponding to minimum total energy cost of the pump drive and heat pump (HP) compressor. This optimum coolant velocity would change during the heating season. On this assumption there was obtained the ratio between characteristics of the soil heat exchangers which ensure minimum total energy cost of the HPS heating. It was determined that the specific cost of external energy for HPI, providing an optimum velocity of the heat carrier in the lower contour is ensured, change only little during the heating season and are significantly lower than in case when natural heat of soil (without accumulation) is used. It was found that at the beginning of the heating season higher rate of heat carrier is observed due to the energy accumulation in soil. The optimal rate of the heat carrier should get reduced by the end of the heating season to ensure minimal specific energy cost of HPS. It was also noted that the optimal rate grows as the depth of the well increases and diameter of the tube of the heat exchanger reduces.

Conclusions. 1. The method of determination of optimal conditions for soil heat exchangers operation in low temperature water heating HPS was worked out to ensure minimum energy costs of heat production. **2.** The calculations showed that the optimal velocity of the heat carrier depends on the depth of the well, diameter of the tube of the heat exchanger and the type of soil; there is a weak dependence on thermal and physical characteristics of the heat

carrier and almost no dependence on the heat carrier temperature at the inlet to the HP evaporator. **3.** The determined ratios can be used to define optimum conditions of the VGHE operation in low temperature heating HPS to ensure the maximum of its energy efficiency.