

УДК 621.565.93

АНАЛІЗ РОБОТИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ГРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ

Долгіх Д. О., аспірант¹

Інститут механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України
Тел./факс: (061) 289-81-44

Розглянуто конструкції та типи ґрунтових теплообмінників, складено класифікацію ґрунтових теплообмінників за конструктивно-технічними ознаками, обґрунтовано тип найефективнішого теплообмінника

Ключові слова: ґрунтовий теплообмінник, геотермальна вентиляція, тепловий насос.

Проблема. Забезпечення оптимального мікроклімату в тваринницьких приміщеннях вимагає значних витрат енергії. Усі відхилення від нормативних параметрів повітряного середовища негативно впливають на продуктивність тварин та ефективність виробництва. Внаслідок постійно зростаючої ціни енергоносіїв у всьому світі інтенсивно розвивається альтернативна енергетика: вітрова, сонячна, біогазова, геотермальна і т. д., що свідчить про актуальність розробок у цьому напрямку. Для обґрунтування використання ґрунтових теплообмінників потрібно визначити їх призначення для конкретних умов.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Низькопотенційне тепло Землі може використовуватися в різних типах будівель і споруд багатьма способами: для опалення, гарячого водопостачання, кондиціонування (охолодження) повітря, обігріву доріжок в зимову пору року, для запобігання зледеніння, підігріву полів на відкритих стадіонах і т. п. У англомовній технічній літературі такі системи позначаються як «GHP» – «geothermal heat pumps», геотермальні теплові насоси [1]. Технічні засоби для збору низько потенційної енергії поверхневих шарів ґрунту, або системи теплосбору, в загальному випадку включають в себе ґрунтовий теплообмінник і трубопроводи з'єднані між собою тепло насосним обладнанням.

Крім «вилучення» тепла з ґрунту, ґрунтові теплообмінники можуть використовуватись і для накопичення тепла (або холоду) в ґрунтовому масиві. В загальному випадку можна виділити два види систем теплосбору:

¹Науковий керівник – Ковязин О. С., канд. техн. наук, ст. наук. співроб.

– відкриті системи: в якості джерела низькопотенційної теплової енергії використовуються ґрунтові води, що підводиться безпосередньо до теплових насосів;

– замкнуті системи: теплообмінники розташовані в ґрунтовому масиві. При циркуляції по ним теплоносія із зниженою щодо ґрунту температурою відбувається «відбір» теплової енергії від ґрунту і перенесення її до випарника теплового насоса (або, при використанні теплоносія з підвищеною щодо ґрунту температурою, його охолодження). Основна частина відкритих систем – свердловини, що дозволяють витягати ґрунтові води з водоносних шарів ґрунту і повертати воду назад в ті ж водоносні шари. Зазвичай для цього виконуються парні свердловини [1, 2]. Схема такої системи наведена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Схема відкритої системи використання низькопотенційної теплової енергії ґрунтових вод

Перевагою відкритих систем є можливість отримання великої кількості теплової енергії при відносно низьких витратах. Однак свердловини потребують обслуговування. Крім цього, використання таких систем можливе не у всіх місцях.

Існують системи використання низькопотенційного тепла Землі, які не можна однозначно віднести до відкритих або замкнутих [3]. Наприклад, одна і та ж глибока (глибиною від 100 до 450 м) свердловина, заповнена водою, може бути як експлуатаційною, так і нагнетальною. Діаметр свердловини зазвичай становить 15 см. У нижню частину свердловини поміщається насос, за допомогою якого вода із свердловини подається до випарника теплового насоса. Зворотній вода пове-

ртається у верхню частину водяного стовпа в ту ж свердловину. Відбувається постійне підживлення свердловини ґрунтовими водами, і відкрита система працює подібно замкнутій [3, 4]. Системи такого типу в англійській літературі носять назву «standing column well system» (рис. 2).

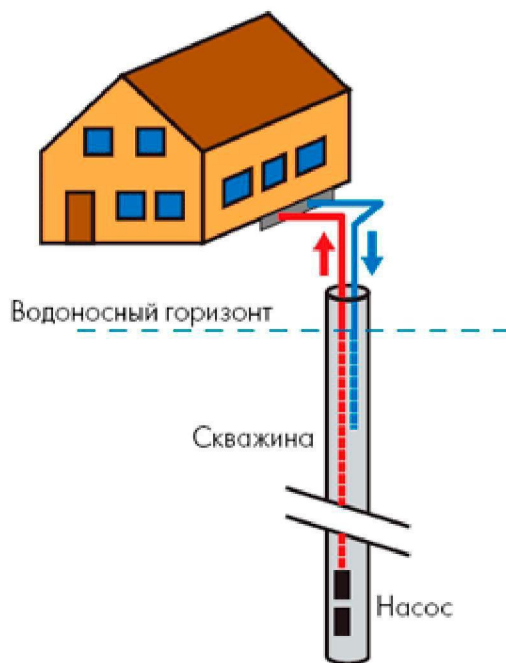
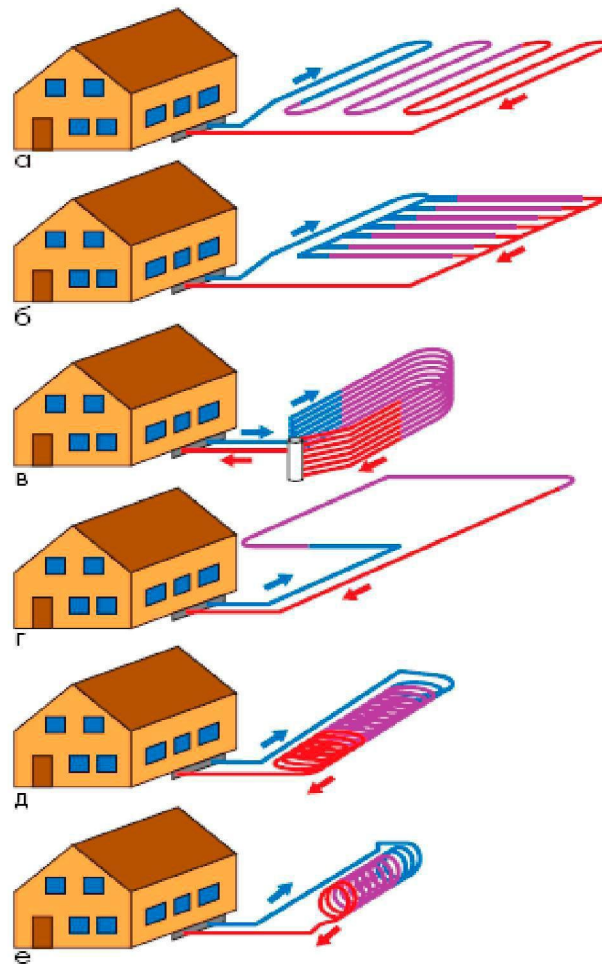


Рисунок 2 – Схема свердловини типу «standing column well»

Замкнуті системи, в свою чергу, поділяються на горизонтальні і вертикальні. Горизонтальний ґрунтовий теплообмінник розміщується, як правило, поруч з будинком на невеликій глибині (але нижче рівня промерзання ґрунту в зимовий період). Використання горизонтальних ґрунтових теплообмінників обмежене розмірами наявної площадки. У країнах Західної і Центральної Європи горизонтальні ґрунтові теплообмінники зазвичай являють собою окремі труби, покладені відносно щільно і сполучені між собою послідовно або паралельно (рис. 3а, 3б) [1, 5, 6]. Для економії площі ділянки, були розроблені, вдосконалені типи теплообмінників, наприклад, теплообмінники у формі спіралі, розташовані горизонтально або вертикально (рис. 3д, 3е). Така форма теплообмінників поширена в США [1].



а – теплообмінник з послідовно з'єднаних труб; б – теплообмінник з паралельно сполучених труб; в – горизонтальний колектор, покладений в траншеї; г – теплообмінник у формі петлі; д – теплообмінник у формі спіралі, розташованої горизонтально (так званий «slinky» колектор); е – теплообмінник у формі спіралі, розташованої вертикально [1].

Рисунок 3 – Види горизонтальних ґрунтових теплообмінників

Якщо система з горизонтальними теплообмінниками використовується тільки для отримання тепла, її нормальне функціонування можливе тільки за умови отримання достатньої кількості тепла з поверхні землі за рахунок сонячної радіації. З цієї причини поверхня вище теплообмінників повинна бути піддана впливу сонячних променів.

Вертикальні ґрунтові теплообмінники дозволяють використовувати низькопотенційну теплову енергію ґрунтового масиву, лежачого нижче «нейтральної зони» (10–20 м від рівня землі). Системи з вертикальними ґрунтовими теплооб-

мінниками не вимагають ділянок великої площі і не залежать від інтенсивності сонячної радіації, падаючої на поверхню [1–3]. Вертикальні ґрунтові теплообмінники ефективно працюють практично у всіх видах геологічних середовищ, за винятком ґрунтів з низькою температуропровідністю, наприклад, сухого піску або сухого гравію. Системи з вертикальними ґрунтовими теплообмінниками одержали дуже широке поширення, і є більш переважачими ніж системи з горизонтальними теплообмінниками.

Незважаючи на малу вивченість вертикальних ґрунтових теплообмінників і відносно не велику історію їх застосування (10–15 останніх років), вони отримують все більше поширення у світовій практиці. Перш за все це пов'язано з відсутністю необхідності відчуження значних земельних ділянок під ґрунтові теплообмінники. В горизонтальному варіанті теплообмінник займає як правило значну площу [1]. Крім того циркуляція теплоносія в вертикальних теплообмінниках пов'язана з значно меншими затратами енергії на привод циркуляційних насосів в порівнянні з горизонтальними теплообмінниками. Але основною перевагою вертикальних теплообмінників є висока технологічність їх спорудження, що дозволяє створювати ґрунтові теплообмінники практично необмеженої теплової потужності, лімітовані лише технологічними можливостями бурового обладнання і вартісними показниками теплообмінника (схема опалення та гарячого водопостачання будинку рис. 4.).



Рисунок 4 – Схема опалення та гарячого водопостачання одноквартирного житлового будинку за допомогою теплонасосної установки з вертикальним ґрунтовим теплообмінником

Теплоносій циркулює по трубах (найчастіше поліетиленовим або поліпропіленовим), покладеним у вертикальних свердловинах глибиною від 50 до 200 м. Зазвичай використовується два типи вертикальних ґрунтових теплообмінників (рис. 5.):

U-подібний теплообмінник, що представляє собою дві паралельні труби, з'єднані в нижній частині. В одній свердловині розташовуються одна або дві (рідше три) пари таких труб. Перевагою такої схеми є відносно низька вартість виготовлення. Подвійні U-образні теплообмінники – найбільш широко використовуваний в Європі тип вертикальних ґрунтових теплообмінників [1, 2, 7].

Коаксіальний (концентричний) теплообмінник. Найпростіший коаксіальний теплообмінник являє собою дві труби різного діаметру. Труба меншого діаметру розташовується усередині іншої труби. Коаксіальні теплообмінники можуть бути і більш складних конфігурацій.



Рисунок 5 – Перетин різних типів вертикальних ґрунтових теплообмінників

Системи з вертикальними ґрунтовими теплообмінниками можуть використовуватися для тепло- та холодопостачання будівель різних розмірів. Для великої будівлі досить одного теплообмінника; для великих будівель може знадобитися пристрій цілої групи свердловин з вертикальними теплообмінниками.

Мета. Провести аналіз та розробити класифікацію ґрунтових теплообмінників за конструктивно-технічними ознаками.

Результати досліджень. Складено схему ґрунтових теплообмінників за конструктивно-технічними ознаками.

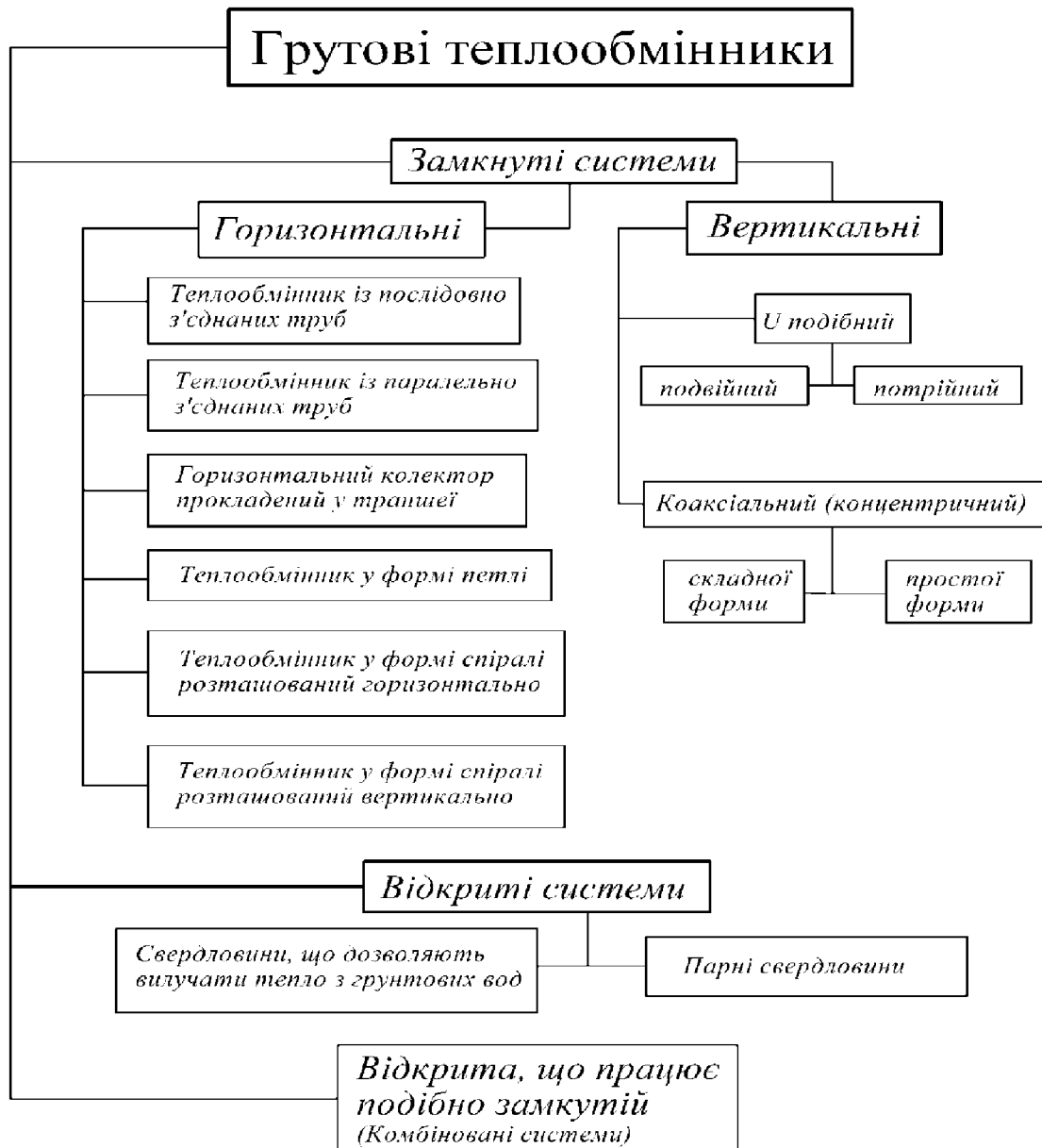


Рисунок 6 – Класифікація ґрунтових теплообмінників за конструктивно-технічними ознаками

Висновки. На основі аналізу та класифікації ґрунтових теплообмінників за конструктивно-технічними ознаками стало зрозуміло що вертикальні ґрунтові теплообмінники є найбільш ефективними з оглянутих. Розробки у цьому напрямку є актуальними з точки зору використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії в тваринництві, дозволяють значно скоротити витрати на охолодження або підігрів припливного повітря для створення сприятливого мікроклімату в тваринницькому приміщенні.

Перелік посилань

1. *Васильев Г. П.* Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев Земли : монография / Г. П. Васильев. – М. : Граница, 2006. – С. 13 – 23. – 173 с. – ISBN: 5-94691-202-X.

2. *Васильев Г. П.* Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных системах / Г. П. Васильев, Н. Шилкин. – ВАВОК, 2003. – № 2. – С. 52–60.

3. Розробити систему автономного енергозабезпечення тваринницьких об'єктів агропідприємств на основі комплексного використання відновлюваних джерел енергії: звіт про НДР (пром.жн.) : № ДР 0111U004416 / кер. О. С. Ковязін, вик. В. П. Головаха, А. В. Шапошнікова // Інститут механізації тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – 116 с.

4. *Васильев Г. П.* Энергоэффективные здания с теплонасосными системами теплоснабжения / Г. П. Васильев // Научн. журнал «ЖКХ», 2002. – № 12.

5. *Александров А. В.* Индивидуальные тепловые пункты и котельные крышного исполнения / А. В. Александров // Информационный научно-технический журнал «Строительные материалы, оборуд., технологии XXI века. – М. : ООО Центр Научно-Технической Информации "Композит", 2004. – № 10 (69). – С 35–37. – ISSN 1729-9209.

6. *Белозерцев В. Н.* Автономные, экономичные и экологически чистые системы локального теплоснабжения / В. Н. Белозерцев, В. В. Бирюк, Р. А. Серебряков. – Науч. тр. ВИЭСХ. – М., 2000. – Т. 86. – С. 175–180.

7. *Баротфи И.* Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах / И. Баротфи, П. Рафаи. – М. : Агропромиздат, 1988. – 228 с. – ISBN: 100-0-00004-549-0.

ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF GROUND HEAT EXCHANGERS

Summary. Presented scheme «Classification of ground heat exchangers to design and technical features».