

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
інженерії енергосистем
(назва кафедри)

Є.О.Антипов

_____ (підпис)

„_____” _____ 2025р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Розробка системи теплопостачання ферми ВРХ з використанням
геліоколекторів»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

02.03 – КР. 2024 «С» 2024.11.12 004 ПЗ

Гарант освітньої програми

канд. техн. наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (Підпис)

О.В. Шеліманова
(ПІБ)

Керівник

канд. техн. наук, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (Підпис)

В.Г. Горобець
(ПІБ)

Виконав

_____ (Підпис)

Ю.О. Шульга
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
інженерії енергосистем
(назва кафедри)

Є.О.Антипов

(підпис)

„____” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Шульзі Юрію Олексійовичу

Спеціальність (напрямок підготовки): 144 "Теплоенергетика"

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: Розробка систем теплопостачання ферми ВРХ з використанням геліоколекторів

Затверджена наказом ректора НУБіП України від "12" 11. 2024 р. №2024«С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру "____" _____ р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи:

Нормативні документи в галузі енергетики

Перелік питань, які потрібно вирішити:

1. Характеристика об'єкта
2. Вибір обладнання для гарячого водопостачання будівлі
3. Принцип роботи обладнання
4. Економічний розрахунок

Перелік додаткових матеріалів: презентація.

Керівник

канд. техн. наук, доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(Підпис)

В.Г. Горобець

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(Підпис)

Ю.О. Шульга

(ПІБ студента)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	5
1.1. Формулювання завдань та цілі роботи.....	5
1.2. Опис об'єкта.....	7
РОЗДІЛ 2 ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ...	9
2.1. Підігрів води на фермі для напування тварин.....	9
2.2. Розрахунок потрібної потужності водонагрівача	13
2.3. Вибір сонячного колектора	17
2.4. Визначення потужності геліосистеми	19
2.5. Вибір об'єму бака-акумулятора.....	24
РОЗДІЛ 3 ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ	30
3.1. Вакуумний колектор	30
3.2. Бак акумулятор	36
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	42
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	46
5.1. Основні вимоги.....	46
5.2. Вимоги охорони праці перед початком роботи	47
5.3. Вимоги охорони праці під час роботи.....	48
5.4. Вимоги охорони праці після закінчення роботи	48
5.5. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях.....	48
ВИСНОВКИ.....	50

ВСТУП

Підвищення енергоефективності в аграрному секторі є важливою умовою сталого розвитку сільського господарства. У зв'язку зі зростанням цін на традиційні енергоносії та необхідністю зменшення впливу на довкілля, все більшої актуальності набуває сонячна енергетика. Сонячні геліосистеми дозволяють частково або повністю забезпечувати потреби господарств у тепловій енергії, знижуючи споживання електроенергії. Однією з найбільш ефективних сфер застосування таких технологій є тваринництво, де наявність гарячої води для напування тварин, санітарних потреб та підтримання мікроклімату є критично важливою для здоров'я поголів'я та ефективності виробництва. У зв'язку з цим впровадження геліоколекторів у систему гарячого водопостачання ферми дозволяє не лише підвищити економію виробництва, а й зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище.

Проектування проводилось для корівника фермерського господарства "Пролісок", розташованого в Полтавській області. Корівник розрахований на утримання 100 дійних корів, має чотирирядну будову з неприв'язним утриманням тварин та розміри 12×40 м при висоті стелі 3,1 м.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка ефективної системи гарячого водопостачання з використанням сонячних геліоколекторів для зазначеного тваринницького об'єкта. Особлива увага приділяється не лише технічній доцільності, а й економічній ефективності. Запропонована система має забезпечити сталу та безперебійну подачу гарячої води з мінімальними витратами, сприяючи загальній модернізації виробництва й підвищенню конкурентоспроможності господарства в умовах сучасного ринку.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Формулювання завдань та цілі роботи

Метою даної роботи є впровадження вакуумних колекторів для економії підприємства. Основні задачі :

- розгляд об'єкта дослідження;
- визначити кількість телоти яку виробляє електроводонагрівач;
- розрахувати потужність геліосистеми;
- здійснити вибір обладнання для гарячого водопостачання корівника;
- довести економічну доцільність;
- зробити висновки щодо доцільності використання геліоколекторів.

Іншими словами, дослідження спрямоване на зменшення витрат на нагрів гарячої води та опалення ферми за рахунок залучення ВДЕ, забезпечуючи при цьому надійне покриття теплових потреб господарства протягом року. Для досягнення цієї мети проводиться комплексна оцінка запропонованої системи з точки зору енергетичної ефективності, економічної доцільності та екологічного ефекту. Зокрема, аналізується, наскільки впровадження сонячних колекторів дозволяє скоротити споживання традиційного палива і витрат енергії, а також зменшити викиди CO₂ порівняно з типовими рішеннями. Мета передбачає досягнення оптимального балансу між витратами на впровадження та експлуатацію системи і отриманими вигодами (економія енергії, скорочення забруднення довкілля, підвищення надійності теплопостачання). Такий підхід узгоджується з міжнародною практикою випробувань енергоефективних технологій на фермах, де рішення оцінюються за технічними, економічними та екологічними показниками одночасно. Наприклад, у передових системах гарячого водо постачання реалізації сонячних теплових установок для тваринництва зафіксовано до 70% економії енергії на підігрів води порівняно з

традиційними електричними нагрівачами. Отже, дослідження має на меті підтвердити подібні результати для умов конкретної ферми та обґрунтувати ефективність інвестицій при впровадженні сонячної системи теплопостачання.

Об'єктом дослідження є система теплопостачання типового комплексу з утримання великої рогатої.

Предметом дослідження є інженерно-технічна концепція та складові частини системи теплопостачання ферми на базі геліоколекторів, тобто архітектура і параметри самої системи, що визначають її ефективність. Сюди входять: вибір та конфігурація джерел теплової енергії (сонячні колектори, а при необхідності – електрокотли як резервні), система акумулювання тепла (теплоізолюваний бак-акумулятор для збереження гарячої води, можливе сезонне накопичення тепла), мережа розподілу теплової енергії (трубопроводи, теплообмінники до точок споживання) та системи керування і контролю. Особлива увага приділяється інтеграції відновлюваних джерел у загальну енергосистему об'єкта: сучасні рішення дозволяють об'єднувати сонячні теплові колектори з тепловими насосами, фотоелектричними модулями та іншими технологіями для досягнення синергії в енергозабезпеченні. Це відповідає сучасним трендам «розумних» енергосистем: на європейських фермах дедалі частіше впроваджується автоматизований контроль клімату і енергоустановок (вентиляції, обігріву, роботи теплових насосів тощо) з метою підвищення ефективності та надійності. Таким чином, предметом дослідження виступає комплекс технічних рішень – від конструкції та типу геліоколекторів (плоских чи вакуумних, стаціонарних чи трекерних) до програмно-апаратних засобів керування – що визначають роботу системи теплопостачання на ВДЕ. При цьому враховуються вимоги міжнародних стандартів (наприклад, серії ISO 9806 щодо випробувань сонячних колекторів на довговічність, надійність та теплотехнічну ефективність), аби розроблена система відповідала критеріям безпеки та якості. У сукупності, досліджуваний предмет охоплює як технологічні аспекти (схеми підключення, режими роботи, показники ККД і втрат тепла), так і методи оцінки їх ефективності та оптимізації, що дозволяє створити науково обґрунтовану та

практично життєздатну систему сонячного теплопостачання для аграрного підприємства.

1.2. Опис об'єкта

Об'єктом проектування є фермерське господарство "Пролісок". Господарство було засноване у 1995 році в селищі Великі Сорочинці що розташовані в Полтавській області. На сьогодні це сучасне аграрне підприємство, яке успішно поєднує традиційне сільське господарство з інноваційними підходами до виробництва.

Селянське фермерське господарство "Пролісок" має у своєму розпорядженні орендовані землі, виробничі площі, тваринницькі комплекси, технічне обладнання та допоміжні споруди. Основні напрямки діяльності включають вирощування зернових та технічних культур, виробництво комбікормів, а також розведення свиней і великої рогатої худоби.

Важливою складовою підприємства є переробка сировини у власному м'ясопереробному комплексі, що дозволяє виготовляти широкий асортимент кінцевої продукції — від ковбас до напівфабрикатів. Завдяки повному виробничому циклу та суворому контролю якості, продукція фермерського господарства користується попитом як у регіоні, так і за його межами.

Господарство "Пролісок" вже впровадило біореактор, що забезпечує частину енергетичних потреб підприємства. У межах подальшої енергоефективної модернізації планується встановлення системи геліоколекторів, що забезпечуватиме теплову енергію для гарячого водопостачання на фермі. Це дозволить зменшити залежність від традиційних джерел енергії та підвищити загальну ефективність енергоспоживання. Метою даної роботи є розробка системи гарячого водопостачання ферми з використанням сонячних геліоколекторів.

Характеристики об'єкту який буде модернізуватися:

- назва приміщення - корівник;
- велика рогата худоба (ВРХ) - дійні корови 100 голів;

- розміри корівника — 12×40 м, висота стелі — 3,1 м.

Будівля ферми являє собою чотирирядний корівник з прив'язним утриманням тварин.

Окрім розвитку традиційних напрямків агровиробництва, фермерське господарство "Пролісок" активно впроваджує сучасні аграрні технології. Для моніторингу стану полів і посівів використовуються дрони та супутникові системи, які дозволяють відстежувати вологість ґрунту, фіксувати розвиток рослин та прогнозувати врожайність. Це дає змогу ефективніше використовувати ресурси та оперативно реагувати на зміни в агроєкосистемі.

Окрім широкого асортименту м'ясної продукції, фермерське господарство "Пролісок" активно працює над розширенням лінійки інноваційних та функціональних харчових продуктів. Серед них — ковбаси зі зниженим вмістом солі та жиру, продукти для дитячого та дієтичного харчування, а також м'ясні снеки, виготовлені із застосуванням сучасних технологій сушіння та вакуумного пакування. Такий підхід дозволяє задовольняти запити найвибагливіших споживачів та відповідати сучасним тенденціям здорового харчування.

Господарство активно інвестує у розвиток власної лабораторії контролю якості, яка оснащена високоточним обладнанням для хіміко-бактеріологічного аналізу. Усі етапи виробництва — від добору сировини до фасування продукції — супроводжуються системним моніторингом, що дозволяє оперативно виявляти та усувати можливі відхилення. Продукція виготовляється згідно з чинними державними стандартами (ДСТУ та ТУ У) та відповідає міжнародній системі управління якістю.

Також господарство налагодило партнерські зв'язки з торговельними мережами, гуртовими покупцями та спеціалізованими еко-магазинами, що дозволяє реалізовувати продукцію не лише у Полтавській області, але й в інших регіонах України. Частина продукції експортується до країн Європейського Союзу, де високо оцінюється якість та натуральність українських м'ясних виробів.

РОЗДІЛ 2

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1. Підігрів води на фермі для напування тварин

Температура води становить 4...6 °С у зимовий час за умови якщо ця вода подається з колодязя. Воду потрібно підігрівати через фізіологічні потреби корів. За умовами температура води в поїлках корів має бути 12...14 °С і не падати нижче 5...7 °С.

Водопостачання автопоїлок у холодний період організовано за допомогою звичайної внутрішньої водопровідної мережі з нижнім розведенням: магістральний трубопровід (2) прокладено під рівнем автопоїлок (4), а підведення води до кожної поїлки здійснюється по стояках знизу догори.

Для підігріву води у зимовий час мережу під'єднують до теплообмінної установки, що містить:

- вихровий насос із електродвигуном (1),
- бойлер електричного нагріву (5),
- змішувальний бак (8).

Насос та нагрівальний бак монтують у технічному приміщенні ферми, а змішувач із теплоізоляцією на горищному перекритті. Змішувальний резервуар (8) зроблено з листового заліза та обладнано герметичною кришкою з вмонтованою трубою, через яку надходить холодна вода із зовнішньої мережі. Простір між баком і захисним коробом (6) заповнюють утеплювачем для мінімізації тепловтрат.

Після запуску системи холодна вода подається через ввід (10) і стояк (9), одночасно заповнюючи змішувальний та нагрівальний баки, а також головний трубопровід (2). Щоб видалити повітря, відкривають кран (7); коли повітря виходить і система повністю заповнена, кран закривають, вмикають насос (1) і запускають електронагрівач бойлера (5). Таким чином забезпечується

своєчасний підігрів води до комфортної для тварин температури та безперебійна подача води в автопоїлки.

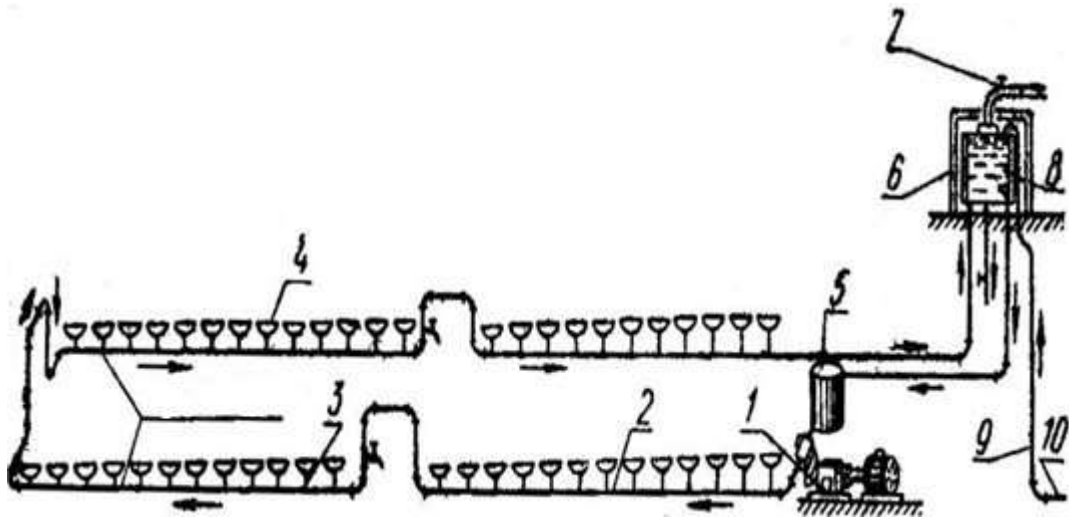


Рис. 2.1. Схема системи автопоїння з електронагрівом

1 – насос з електродвигуном, 2 – головна магістраль, 3 – стояк автопоїлки, 4 – автопоїлка, 5 – нагрівальний бак, 6 – короб, 7 – кран, 8 – бак, 9 – стояк, 10 – ввід.

Під час роботи насоса вода рухається по замкненому контуру: із насоса (1) надходить до головного трубопроводу (2), далі спрямовується у змішувальний бак (8), переходить у нагрівальний бак (5) і повертається назад до насоса. Паралельно до цього по стояках (3) гаряча суміш подається у автопоїлки (4). Одночасно у змішувальний бак безперервно надходить холодна вода із зовнішньої мережі, де вона інтенсивно перемішується з уже підігрітою, забезпечуючи постійну підтримку оптимальної температури у поїлках.

Промисловість випускає серію уніфікованих акумуляційних електронагрівників УАП замість старої серії ВЕТ. Водонагрівники місткістю 50 і 100 л випускаються в однофазному виконанні, а місткістю 200, 300, 400, 600, 800 і 1600 л – у трифазному виконанні.

Водонагрівник типу УАП (рис.2.2) має зварний циліндричний резервуар з листової сталі, трубчасті нагрівальні елементи, терморегулятор, термометр, систему подачі води та станцію керування. Живлення водою здійснюється через

спеціальний поплавковий клапан, який забезпечує підтримання сталого рівня води в резервуарі. Нагрівні елементи розділені на дві групи, одна з яких міститься у верхній, а друга – в нижній частинах резервуара. За допомогою вимикачів можна ввімкнути кожену групу нагрівників окремо або відразу дві групи, регулюючи таким чином потужність водонагрівника. Задана температура нагрівання води підтримується автоматично. Під час вмикання обох груп водонагрівників відбувається форсоване нагрівання, а під час вмикання лише нижнього нагрівника здійснюється акумуляційний режим. Надійна теплоізоляція дозволяє вмикати водонагрівник вночі, а вдень користуватись теплою водою, бо зниження температури води не перевищує $0,6 - 0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ а годину.

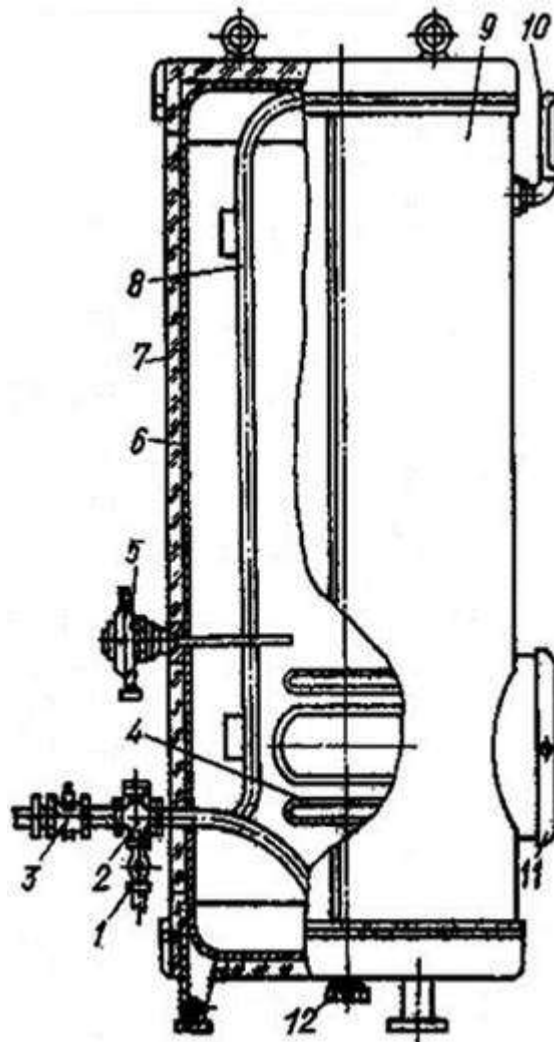


Рис. 2.2. Електронагрівник УАП-400/0,9-М1

- 1 – кран гарячої води; 2 – вентиль холодної води; 3 – зворотний клапан;
4 – трубчасті електронагрівники; 5 – терморегулятор; 6 – резервуар;

7 – шар теплоізоляції; 8 – водозабірна труба; 9 – кожух; 10 – термометр; 11 – кришка контактних з'єднань; 12 – зливний патрубок.

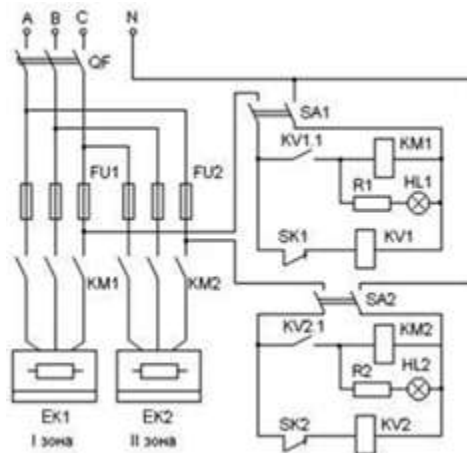


Рис. 2.3. Схема керування електроводонагрівачем

Водонагрівач може працювати в трьох режимах:

- 1) форсований нагрів (вкл. SA1 і SA2) - включаються групи нагрівачів "Зона 1" і "Зона 2" загальною потужністю 18 кВт (УАП-800) або 30 кВт (УАП-1600);
- 2) акумуляційний режим (вкл. SA1) - включається група нагрівачів "Зона 1" потужністю 12 кВт (УАП-800) або 18 кВт (УАП-1600);
- 3) розігрів 0,25 ємності (вкл. SA2) - включається група нагрівачів "Зона 2" потужністю 6 кВт (УАП-800) або 12 кВт (УАП-1600).

Задана температура нагрівання води підтримується автоматично. При підвищенні температури води розмикаються контакти температурних реле SK1 і SK2. Спрацьовують проміжні реле KV1 і KV2 і розмикають свої контакти в колах живлення електромагнітних пускачів KM1 і KM2. Пускачі вимикають нагрівники [7].

Технічні характеристики електроводонагрівників акумуляційного типу

Показники	УАП- 400/ 09-М1	УАП- 800/ 09-М1	УАП- 1600/ 09-М1	САОС- 400/90- И1	САОС- 800/90- И1
Місткість бака, л	400	800	1600	400	800
Потужність, кВт	12	18	30	12	18
Температура води на виході, °С	90	90	90	90	90
Час розігріву води до 80 °С, год	2,9	5	6	3,3	5,0
Надлишковий тиск води, МПа				0,4	0,4
ККД, %				96	96

2.2. Розрахунок потрібної потужності водонагрівача

Розрахункова потужність ємнісних водонагрівачів, Вт:

$$P_{\text{розр}} = \frac{k_3 \cdot m \cdot c \cdot (t_1 - t_2)}{3.67 \cdot T \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \eta_{\text{т.с}}} \quad (2.1)$$

де k_3 — коефіцієнт запасу потужності (1,1...1,2);

m — маса води яку нагріватимуть 400 л;

c — теплоємність води, 4,19 кДж/(кг·°С);

t_1 — температура холодної води, (4 – 8 °С);

t_2 — температура гарячої води (90°);

T — число годин роботи електроводонагрівача (4,6 год.);

$\eta_{\text{в}}$ — ККД водонагрівача (0,90);

$\eta_{т.с}$ — ККД теплової мережі (для ємнісних і проточних електроводонагрівача $\eta_{т.с} = 0,8...0,9$, для циркуляційної системи автопоїння $\eta_{т.с} = 0,5...0,7$).

$$P_{розр} = \frac{1,2 \cdot 400 \cdot 4,19 \cdot (90 - 4)}{3,6 \cdot 4,6 \cdot 0,9 \cdot 0,7} = 16578 \text{ Вт}$$

Потрібну активну поверхню нагрівників визначають за формулою:

$$S = \frac{P_{розр}}{\sigma_{доп}}, \text{ см}^2 \quad (2.2)$$

$\sigma_{доп}$ — допустиме питоме навантаження на поверхню трубки (9-11 Вт/см²);

$$S = \frac{16578}{10} = 1657,8 \text{ см}^2$$

Потім з каталогу вибирають трубчастий нагрівальний елемент, який відповідає заданим умовам роботи, і визначають його активну поверхню (S_1) за формулою:

$$S_1 = \pi \cdot d \cdot L, \text{ см}^2 \quad (2.3)$$

де d — діаметр трубки (2,2 см); L — занурювальна довжина одного трубчастого нагрівального елемента, (43 см).

$$S_1 = 3,14 \cdot 2,2 \cdot 43 = 297 \text{ см}^2$$

Потрібну кількість нагрівників визначають за формулою

$$n = \frac{S}{S_1} \quad (2.4)$$

$$n = \frac{1657}{297} = 5,57 \text{ шт.}$$

Отже, за розрахунком занурюваний електронагрівальний елемент потужністю 5 кВт із різьбленням М22 встановлюється безпосередньо всередині корпусу водонагрівника. Корпус ТЕНа виготовлено з нержавіючої сталі, що

забезпечує стійкість до корозії, а різьбова частина з чорного металу гарантує надійне герметичне з'єднання з патрубком водонагрівника.

Таблиця 2.2

Характеристики ТЕНа

Параметр	Значення
Потужність	5 кВт
Діаметр різьблення	22 мм (М22)
Міжцентрова відстань	60 мм
Занурювальна довжина	430 мм
Крок різьблення	1,5 мм
Матеріал нагрівального елемента	нержавіюча сталь
Матеріал різьблення	чорний метал

Середня температура вхідної води з колодязя – 4 ° С. Вона повинна бути нагріта до 12 ° С.

$$\Delta t = 12 - 4 = 8 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Потужність системі автопоїння (кВт), що споживається водонагрівачем для нагріву води за добу можна визначити за формулою:

$$P = \frac{K_c \cdot K_{ch} \cdot g \cdot c \cdot n \cdot (t_1 - t_2)}{3600 \cdot 24 \cdot \eta_n \cdot \eta_{Т.з}} \quad (2.5)$$

де K_c — коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання (1,2...1,3);

K_{ch} — коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання (1,6...2);

g – добова норма води на одну корову, 120 л/гол;

c – питома теплоємність і щільність води, 4,191 кДж/(кг °С) 1 кг/л;

n – кількість голів худоби 100 гол;

η_n — к. к. д. водонагрівача 0,9;

$\eta_{т.з}$ – к. к. д. що враховує втрати теплоти в системі (0,5...0,7);

t_2, t_1 — початкова й кінцева температура води, 12 – 4°С.

$$P = \frac{1,3 \cdot 1,6 \cdot 120 \cdot 4,191 \cdot 100 \cdot (12 - 4)}{3600 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 0,7} = 15,37 \text{ кВт}$$

В літній період року ця потужність зростає на (10 – 12%), тобто:

$$P_{л} = (15,37 \cdot 0,2) + 15,37 = 18,444 \text{ кВт}$$

В зимовий період року потреби на одну корову значно менші 80 л/гол:

$$P_3 = \frac{1,3 \cdot 1,6 \cdot 80 \cdot 4,191 \cdot 100 \cdot (12 - 4)}{3600 \cdot 24 \cdot 0,9 \cdot 0,7} = 10,24 \text{ кВт}$$

Виходячи з розрахунку найбільша кількість тепла споживається в літку.

2.3. Вибір сонячного колектора

Сонячна енергія є безкоштовним та доступним джерелом енергії, яке можна використовувати для генерації електроенергії, опалення води та інших процесів. Для отримання сонячної енергії використовуються сонячні колектори, які перетворюють сонячну радіацію в теплову енергію.



Рис. 2.4. Типи вакуумних колекторів

Сьогоднішні технології сонячної енергетики надають безліч конструктивних рішень геліосистем, що відрізняються за принципами конструювання та призначення. У силу своєї ефективності, універсальності та гнучкості найбільшого поширення набули рідинні системи з акумулятором теплової енергії, якими можна виступати як бак з водою або спеціальною рідиною, так і басейн, а також ґрунт.

Основними видами сонячних колекторів є плоскі, трубчасті та концентруючі. Плоскі сонячні колектори складаються з плоскої поверхні, на яку падає сонячна радіація, та теплообмінника, який передає тепло до робочої рідини. Трубчасті сонячні колектори складаються з трубок, які містять робочу

рідину та проходять через теплообмінник. Концентруючі сонячні колектори використовують дзеркала або лінзи для збільшення інтенсивності сонячної радіації та її фокусування на малий промінь, що дозволяє отримувати велику кількість тепла.

Рідинні геліосистеми включають в собі елементи з чітко позначеними функціями: сонячний колектор, що перетворює та поглинає енергію, акумулятор теплової енергії, поглинає та зберігає енергію та з'єднувальний трубопровід, що доставляє теплову енергію в акумулятор.

Плоскі сонячні колектори мають просту конструкцію та є найбільш поширеними. Вони легкі та недорогі в виготовленні, але мають низьку ефективність, особливо в умовах низьких температур. Трубчасті сонячні колектори мають більшу ефективність, оскільки вони здатні нагрівати робочу рідину до вищих температур, але їх виробництво є більш складним та коштовним. Концентруючі сонячні колектори мають найбільшу ефективність, але їх виробництво та обслуговування є найскладнішими та найкоштовнішими.

Крім того, існують гібридні сонячні колектори, які комбінують різні типи для отримання кращої ефективності. Наприклад, гібридні плоскі трубчасті колектори використовують трубки, які вбудовані в плоску поверхню, що дозволяє забезпечити більшу ефективність та зменшити витрати.

У кожного типу сонячних колекторів є свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при виборі. Плоскі колектори є дешевим та простим в використанні, але їхній низький ККД не дозволяє отримувати значні кількості енергії. Трубчасті колектори є більш ефективними, але їхнє виробництво та обслуговування є більш складним. Концентруючі колектори є найефективнішими, але їхнє виробництво та обслуговування є дуже складним та вимагає спеціальних знань та умінь. Одним із головних переваг сонячних колекторів є їхнє екологічне виробництво та використання. Вони не викидають в атмосферу шкідливих викидів та не забруднюють довкілля. Крім того, вони є енергоефективними та економічними у використанні, оскільки вони використовують безкоштовну енергію від сонця.

У випадку правильного використання та обслуговування, сонячні колектори можуть прослужити дуже довго та ефективно. Вони є одним з найбільш перспективних джерел альтернативної енергії, що можуть допомогти знизити залежність від традиційних джерел енергії та забезпечити стабільне енергетичне забезпечення для майбутніх поколінь.

Вибираємо сонячний колектор Altek через ефективний принцип роботи. Сонячний колектор Altek SC-LH складається з полегшеної алюмінієвої рами, в якій знаходяться трубчасті елементи з діаметром конденсатора 14 мм і елементами кріплення на похилий дах. Трубчастий елемент складається з двох трубок, простір між зовнішньою та внутрішньою трубкою заповнено вакуумом. Зовнішня трубка виготовлена зі скла, а внутрішня із міді Heat Pipe. Зовнішня трубка прозора, а на внутрішню нанесене спеціальне покриття для кращого поглинання сонячної енергії. По внутрішніх трубках циркулює вода. Вакуумний прошарок між трубками зберігає 95% тепла. Вода надходить у колектор через патрубок зі зворотним клапаном, циркулюючи трубками нагрівається енергією сонця і надходить у споживання. Завдяки високому ступеню поглинання сонячної радіації в похмуру погоду та гарним ізоляційним характеристикам трубок, сонячні трубчасті колектори нагрівають воду протягом усього року та працюють при значних низьких температурах (до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$). Вакуумні трубки мають високу міцність і довговічність, прості в монтажі та заміні. Система Altek SC-LH працює із централізованим водопостачанням. [6]

2.4. Визначення потужності геліосистеми

В частині 3.2 ми порахували кількість енергії, яка витрачається на нагрів води. Виходячи з цих даних можна розрахувати кількість трубок вакуумного колектора.

Розрахуємо кількість енергії, яка поглинається і перетворюється в теплову енергію сонячними колекторами Altek. Вибираємо розташування сонячної

установки в Полтавській області. Значення сонячної радіації беремо з таблиці інтенсивності сонячної радіації в Україні.

Таблиця 2.3

Сонячна інсоляція в Полтавській Області

січ	лют	бер	квіт	трав	чер	лип	сер	вер	жов	лис	гру	рік
1,1	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25

Як видно з таблиці найвищий рівень інсоляції в липні становить 5,51 кВт·год·м²/день а найменший в грудні 0,91 кВт·год·м²/день. Вакуумний колектор Altek здатний поглинати > 93% завдяки трьохшаровому селективному покриттю на абсорбері.

Таблиця 2.4.

Параметер вакуумної труби

Параметер вакуумної труби	SC-LH3
Розмір конденсатора	Ø24×70 мм
Діаметр стрижня теплової трубки	—
Структура	цільноскляна концентрична трубка
Якість скла	боросилікатне скло 3,3 (T=0,91)

Поглинаюче покриття	тришарове селективне покриття
Метод нанесення	цільове магнетронне напилення
Коефіцієнт поглинання (α , АМ 1.5)	$\geq 0,93$
Емісія тепла (ϵ при $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)	$\leq 6,5\%$
Ступінь вакууму	$P \leq 5 \cdot 10^{-3}\text{ Па}$
Параметр стагнації (Y)	200 ... 240 $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{kW}$
Середній коефіцієнт теплових втрат	$\leq 0,65\text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$
Стійкість до граду	$\varnothing 25\text{ мм}$
Стійкість до промерзання	до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$
Стійкість до вітру	до 30 м/с
Пускова температура	$20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Час до пуску	не більше 10 хв
Вага	$2,29\text{ кг} \pm 0,18\text{ кг}$
Термін служби	не менше 15 років

Значення передачі поглиненої енергії сонця вакуумними трубками Altek в липні місяці:

$$E_1 = E_{\text{лип}} \cdot 0,93 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{день}} \quad (2.6)$$

$$E_1 = 5,44 \cdot 0,93 = 5,06 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{день}}$$

де $E_{\text{лип}}$ – кількість сонячної радіації на 1 м^2 в липні ($5,44 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^2/\text{день}$)

Для грудня місяця:

$$E_1 = E_{\text{груд}} \cdot 0,93 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{день}} \quad (2.7)$$

$$E_1 = 0,91 \cdot 0,93 = 0,84 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{день}}$$

де $E_{\text{груд}}$ – кількість сонячної енергії на 1 м^2 в грудні ($0,91 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^2/\text{день}$)

Площа поглинання вакуумної трубки складає $0,1044 \text{ м}^2$ оскільки зовнішній діаметр 58 мм і довжина 1800 мм . Відповідно розраховуємо, що одна трубка здатна передавати і отримувати сонячне тепло у розмірі:

В місяці липні

$$E_{\text{од.труб}_1} = E_1 \cdot 0,1044 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{день}} \quad (2.8)$$

$$E_{\text{од.труб}_1} = 5,06 \cdot 0,1044 = 0,528 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{день}$$

де E_1 – значення передачі поглинутої енергії вакуумними трубками в липні $5,51 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^2/\text{день}$.

В грудні місяці

$$E_{\text{од.труб}_2} = E_{\text{груд}} \cdot 0,1044 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{день}} \quad (2.9)$$

$$E_{\text{од.труб}_2} = 0,84 \cdot 0,1044 = 0,088 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{день}}$$

де $E_{\text{груд}}$ – кількість сонячної енергії на 1 м^2 в грудні $0,91 \text{ кВт} \cdot \text{год} \cdot \text{м}^2/\text{день}$.

За даними розрахунків обчислюємо необхідну кількість трубок, яку потрібно встановити.

В даній роботі розраховано, що в зимовий час для нагріву води необхідно затратити 10,24 кВт·год електроенергії, в літній час 18,444 кВт·год.

Кількість енергії, яку може передати одна вакуумна трубка, залежить від місяця, і становить 0,528 кВт і 0,088 кВт.

Кількість трубок необхідної в липні

$$N_{\text{труб}} = P_{\text{пот.доб}} / E_{\text{од.труб}} \quad (2.10)$$

$$N_{\text{труб}} = 18,44 / 0,528 = 35 \text{ шт. трубок.}$$

де $P_{\text{наг.доб}}$ – потужність, що споживається водонагрівачем для нагріву води в циркуляційній системі автопоїння за добу 18,444 кВт·год.

$E_{\text{од.труб}_1}$ – кількість сонячного тепла отримана однією трубкою, кВт · год/день.

Кількість трубок необхідної в грудні

$$N_{\text{труб}} = 10,24 / 0,088 = 116 \text{ шт. трубок.}$$

Отже, за результатами розрахунків можна визначити скільки колекторів доцільно встановити на будівлі ферми. Оскільки колектор в літній період не вимикається, то кількість трубок, яка необхідна, становить 30 штук. Не можна робити вибір базуючись на зимовому періоді року, оскільки занадто велика кількість труб влітку призведе до виведення з ладу системи за рахунок великого надлишку теплової енергії.

Взявши до уваги ці факти, на фермі ВРХ «Пролісок» необхідно встановити 1 вакуумний сонячний колектор на 30 трубок фірми Altek марки SC-LH3-30.

2.5. Вибір об'єму бака-акумулятора

Баки-акумулятори (теплоакумулятори, буферні ємності) – це теплоізовані резервуари для накопичення нагрітої води або теплоносія. Їхній принцип роботи базується на високій теплоємності води. У геліосистемі теплота, зібрана сонячними колекторами, надходить у бак: він слугує тепловим «резервуаром», та теплообмінником. Оскільки все тепло яке надходить до баку по замкнутій системі одразу передається через теплообмінник до води що слугує для потреб корів.

Основними функціями бака-акумулятора є:

Накопичення надлишкового тепла: збір енергії, що виробляється колекторами під час високої інсоляції, для подальшого використання.

Забезпечення гарячою водою при нестачі сонця: подача теплоносія чи гарячої води в ранкові, вечірні або нічні години, коли сонячна інсоляція відсутня.

Оптимізація роботи системи: зменшення циклічності пусків котла або електрокалориферів, стабілізація температури та запобігання перегріву колекторів.

Комбінація з іншими джерелами тепла: можливість підключення до одного бака кількох генераторів тепла (наприклад, геліоколекторів, котлів на твердому паливі чи електрокотлів) для гібридних схем обігріву.

Як зазначено в технічних рекомендаціях, правильно спроектований бак-акумулятор дозволяє уникнути втрат тепла: надлишкова енергія зберігається в баку (замість її скидання), а потім використовується у періоди пікового попиту.

Необхідність використання бака-акумулятора

Добова нерівномірність сонячного випромінювання породжує невідповідність між виробництвом тепла геліоколекторами та споживанням його будинком. Інтенсивність сонячної радіації змінюється протягом дня: максимум

– в середині дня, а вранці та ввечері – значно нижча. Водночас піки попиту на гарячу воду (наприклад, ранковий душ або вечірні потреби в ГВП) часто припадають на час, коли сонця вже немає. Без бака-акумулятора надлишки сонячного тепла в полудень були б втрачені, а в пікові години споживачам не вистачало б нагрітої води. Наявність теплоакумулятора вирівнює цей розрив: надлишок енергії акумулюється вдень, а віддається вночі чи за потребою. Таким чином забезпечується безперервне постачання гарячої води та максимальне використання сонячної енергії навіть у сутінках чи в хмарні дні.

Вплив об'єму бака-акумулятора на ефективність геліосистеми

Правильне співвідношення об'єму накопичувача і площі сонячних колекторів критично важливе для ефективності системи. Надмірно великий бак вимагає більше часу на прогрів води до робочої температури. Занадто малий бак не вміщує весь потенційний надлишок тепла: енергію доведеться скидати або просто втрачати, що також знижує корисний ефект.

Дотримання цих рекомендацій гарантує, що теплоакумулятор поглине більшість надлишкової сонячної енергії і не вимагатиме надто багато часу на прогрів у періоди обмеженої інсоляції. Внаслідок цього підвищується загальна продуктивність геліосистеми, оскільки накопичувач рівномірніше розподіляє теплове навантаження і зменшує потребу в додатковому нагріві резервним джерелом.

Об'єм теплового акумулятора визначається за формулою:

$$V = (0,06 \dots 0,08) \cdot F \quad (2.11)$$

де F – площа сонячного колектора м^2

$$F = F_{\text{од.тр}} \cdot n \quad (2.12)$$

де $F_{\text{од.тр}}$ – площа однієї трубки $0,1044 \text{ м}^2$

n – кількість трубок одного вакуумного колектора, 30 шт

$$F = 0,1024 \cdot 30 = 3,072 \text{ м}^2$$

В системі теплопостачання запропоновано лише 1 колектор, в результаті загальна площа дорівнює $F = 3,072 \text{ м}^2$

$$V = 0,08 \cdot 3,072 = 2,457 \text{ м}^3$$

Вибираємо бак-акумулятор для гарячої води емальований ТЕПЛОБАК ВТЕ-1-300AR (0,3 м³).

Модель ВТЕ-1 з об'ємом 300 літрів є найоптимальнішим рішенням для систем сонячного теплопостачання. Поєднує в собі високу універсальність та надійність: бойлер із чорної сталі з внутрішнім шаром емалі й магнієвим анодом гарантує довготривалий захист від корозії, жорсткий пінополіуретан товщиною 50 мм забезпечує мінімальні тепловтрати, а великий теплообмінник і отвір для ТЕНа дають змогу швидко і ефективно під'єднати будь-яке джерело тепла. Бічний ревізійний фланець і вбудований термометр спрощують експлуатацію та обслуговування, тож саме ВТЕ-1 найкраще задовольнить вимоги як приватних, так і комерційних об'єктів.

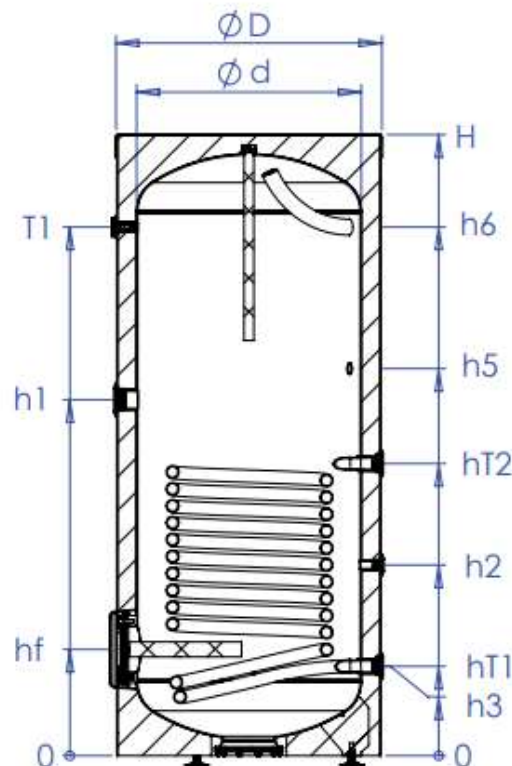


Рис. 4 - Робоче креслення теплоакумулятора ВТЕ-1

Максимальний робочий тиск бака 8 бар

Максимальний робочий тиск теплообмінника 6 бар

Максимальна робоча температура 95 С°

Таблиця 2.5.

Назви отворів

h3	вхід холодної води - G 1"
h6	вихід гарячої води - G 1"
hT2	патрубок подачі теплоносія - G 1"
hT1	патрубок виходу теплоносія - G 1"
T2	патрубок термосенсора - G ½"
h5	рециркуляція - G ¾"
h1	отвір для ТЕНа - G 1½"
T1	термометр - Ø14x1.5
h2	патрубок терморегулятора - G ½"

2.6. Підбір контролера геліосистеми

Контролер MeiTronic W20B призначений для керування геліосистемами з примусовою циркуляцією теплоносія. Він автоматизує процес збору сонячної енергії, нагріву та подачі води, а також здійснює повний моніторинг усіх ключових вузлів системи. У типовій схемі MeiTronic W20B під'єднується до датчиків температури колекторів і бойлера, керує насосом циркуляції, клапаном подачі холодної води та допоміжним нагрівальним елементом. Це дозволяє підтримувати задані параметри температури й рівня води без постійного втручання оператора, гнучко налаштовувати логіку роботи й захищати систему від аварійних ситуацій.

Основні функції та переваги

- Індикація на графічному дисплеї: відображення поточних температур у сонячному колекторі та бойлері, стану циркуляційного насоса й рівня води.

Дисплей підтримує кілька мов інтерфейсу та підсвітку для роботи в умовах низької освітленості.

Автоматичне управління циркуляцією: контролер вмикає або вимикає насос залежно від різниці температур «колектор – бойлер», забезпечуючи максимальну ефективність збирання енергії. Можна задати гистерезис температури та мінімальний інтервал включень насоса.

- Підтримка температури бойлера: MeiTronic W20B керує допоміжним електронагрівачем або ТЕНом, увімкнення якого відбувається за заздалегідь запрограмованим графіком або при падінні температури нижче встановленої межі. Є можливість задати до чотирьох часових інтервалів підігріву.

- Захист від замерзання та перегріву: за низької температури в колекторі контролер активує дротовий кабель нагрівання на трубопроводах, запобігаючи заморожуванню. При надмірному нагріві колектора або в резервуарі блокує роботу насоса та включає аварійні режими охолодження (наприклад, циркуляцію холодної води).

- Контроль рівня води: за допомогою зовнішнього або вбудованого датчика рівня контролер відстежує наявність достатньої кількості теплоносія в системі й блокує циркуляцію при недостатньому рівні. Підтримка роботи з поповненням через зовнішній насос або електромагнітний клапан.

- Ручний та програмований режими: оператор може вручну запускати насос, відкривати клапан або вмикати нагрів у будь-який момент через меню пристрою. Налаштування годинника, часових графіків, порогів температур і рівня води зберігаються в енергонезалежній пам'яті.

- Комунікація та розширення: MeiTronic W20B має вихід RS-485 (Modbus RTU), що дозволяє інтегрувати контролер у систему «розумний будинок» або SCADA. Підтримує підключення додаткових зональних датчиків і модулів керування.

Рекомендації щодо встановлення

Монтаж контролера слід виконувати в сухому приміщенні з температурою від +5 °C до +40 °C і захистом від прямого попадання води (рівень IP20 або

вище). Корпус кріпиться на стіні за допомогою комплектної монтажної пластини: спочатку фіксують пластину дюбелями, потім «заводять» на неї корпус. Під час підключення переконайтесь, що всі клеми затягнуті з рекомендованим моментом, кабелі розведені за групами (силові, датчикові, керуючі) і надійно заізолювані. Живлення подається через трансформатор 230 В→24 В, обов'язково заземлення GND.

Підключення датчиків і пристроїв

Датчики температури встановлюють у середній зоні колекторів і в патрубку входу/виходу бойлера згідно з кресленням.

Циркуляційний насос підключають до виходу «Pump» контролера, дотримуючись полярності та рекомендованої потужності.

Електромагнітний клапан і електронагрівач приєднують до виходів «Valve» і «Heater» відповідно — після очищення та промивання ліній подачі холодної води.

Всі датчики під'єднані до гвинтових клем у передній частині панелі з позначеннями «T1», «T2», «Level».

Графічний LCD-дисплей показує:

- поточний час і дату;
- температуру в колекторі (T1) та в бойлері (T2);
- стан реле насоса, клапана й ТЕНу;
- рівень води (графічна шкала або відсотки);
- повідомлення про помилки (E1...E9) та аварійні сигнали.
- Меню розділене на блоки «Налаштування часу», «Графік нагріву»,
- «Пороги», «Комунікація» та «Сервіс». Для навігації використовуються чотири кнопки під дисплеєм (“Menu”, “Up”, “Down”, “Enter”).

Завдяки цим можливостям MeITronic W20B забезпечує повну автоматизацію геліосистем, підвищує їхню надійність і дозволяє гнучко налаштовувати роботу під будь-які умови експлуатації. [8]

РОЗДІЛ 3

ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

3.1. Вакуумний колектор

Вакуумні трубчасті колектори складаються з ряду герметичних циліндричних трубок, кожна з яких утворена двома скляними оболонками з вакуумом між ними. Зовнішня оболонка виготовлена зазвичай із боросилікатного скла, що має високу прозорість для сонячного випромінювання, а внутрішня захищена селективним абсорбуючим покриттям, яке ефективно поглинає сонячні промені і перетворює їх на теплоту [1] [2]. Після поглинання променистої енергії тепло передається теплоносію: за рахунок вакууму між оболонками практично відсутні конвекційні та провідні втрати тепла, що значно підвищує ефективність колектора [2]. Усередині кожної трубки зазвичай розташований металічний теплообмінний елемент або трубка (мідна чи алюмінієва), по якій циркулює рідина (вода чи теплоносій) – саме їй передається зібране тепло. Завдяки відсутності повітря між стінками колби теплові втрати зводяться до мінімуму, тому навіть за хмарної погоди або при низьких температурах вакуумні колектори можуть нагрівати теплоносій до значно вищих температур, ніж плоскі панелі [2][1].

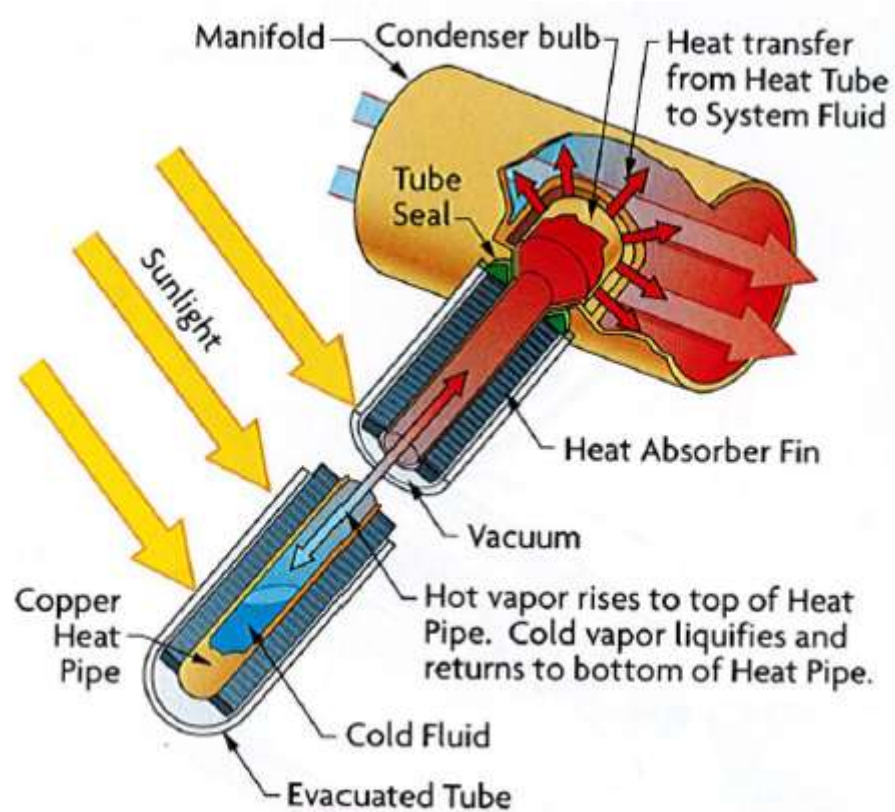


Рис. 3.1. Будова вакуумного колектора

Внаслідок цього вакуумні трубки забезпечують кращу роботу за розсіяного світла і в холодну пору: вони здатні ефективно працювати навіть при сильному похолоданні та зібрати тепло розсіяного випромінювання, як це доведено для холодних кліматичних зон[1][2].

Основні типи вакуумних трубчастих колекторів

За конструкцією теплового каналу розрізняють кілька основних типів вакуумних колекторів: колектори з тепловими трубками (Heat Pipe), колектори з U-подібною трубкою та прямоочні (Manifoldless) колектори. У колекторах типу *Heat Pipe* усередині кожної вакуумної трубки міститься герметична мідна чи алюмінієва трубка, наповнена рідиною з низькою температурою кипіння (теплопровідна рідина)[3]. Під дією сонячного випромінювання рідина в нижній (абсорбційній) частині Heat Pipe випаровується, переносючи приховану теплоту випаровування в конденсатор – металевий колекторний модуль (маніфольд) на верхній частині збірника[3]. Там пар конденсується, віддає тепло теплоносію системи, а сконденсована рідина стікає назад униз по стінках теплої трубки, і

цикл повторюється. Така схема дозволяє ефективно переносити тепло в герметизований колектор-накопичувач без безпосереднього контакту води з вакуумною середою.

U-подібні колектори мають всередині кожної вакуумної трубки дві внутрішні трубки (наприклад, мідні) з U-подібним з'єднанням на нижньому кінці. Через одну із трубок теплоносій подається, проходить U-поворотом і повертається другою трубкою назад нагору. Абсорбер у вигляді металевої вставки або тонкого ребра передає тепло безпосередньо цим U-подібним трубкам. Такий колектор також з'єднується із маніфольдом (збірником) зверху, але завдяки прямому контакту абсорбера з теплоносієм зменшується кількість проміжних теплопередач[2].

Прямоточні (coaxial) колектори схожі на попередній тип, але внутрішні трубки розташовані концентрично: всередині трубки розміщено дві одна в одній – внутрішню і зовнішню трубу. Теплоносій спочатку по внутрішній трубці опускається з маніфольда вниз, звідки пов'язкою U-подібного з'єднання повертається і піднімається назад по зовнішній трубці до маніфольда[2]. В цьому випадку поглинач розташований у внутрішньому просторі, а зовнішня стінка відіграє роль вакуумної ізоляції й алюмінієвого рефлектора. Завдяки відсутності проміжного теплообмінника прямоточні колектори зазвичай дещо ефективніші, оскільки теплоносій поглинає тепло без посередництва додаткової робочої рідини[2].

Порівняння типів колекторів

Ефективність: Прямоточні (U- та coaxial) колектори можуть демонструвати дещо вищий ККД у порівнянні з Heat Pipe-колекторами, оскільки відсутні втрати на конденсацію та реконденсацію проміжного теплоносія[2]. З іншого боку, сучасні теплові трубки з високоефективними селективними покриттями також досягають ККД понад 80–90%. Згідно з даними, максимальний оптичний ККД коаксіального Heat Pipe-колектора досягає близько 65% через низку стадій теплопередач[3], тоді як U-подібні конфігурації за рахунок прямого передачі тепла можуть мати вищий ККД.

Область застосування: Усі типи застосовуються для гарячого водопостачання, опалення приміщень, підігріву басейнів чи теплиць. Heat Pipe-колектори популярні для систем з примусовою циркуляцією і зручні у монтажі (трубки легко змінювати поштучно). Прямоточні моделі зручні в інтеграції в існуючі трубопроводи та здатні працювати під високим тиском.

Ціна: Зазвичай Heat Pipe-колектори простіші в конструкції і дешевші у виробництві, тоді як спеціалізовані прямоточні системи з дво-трубними збірками можуть коштувати трохи дорожче. Водночас, відсутність дорогого теплообмінника у прямоточних вирівнює ціну.

Чутливість до заморожування: У Heat Pipe-колекторах робоча рідина знаходиться в герметичній трубці (часто це спиртовий розчин), тому ризик замерзання без циркуляції теплоносія мінімізовано. В U- та прямоточних колекторах теплоносій безпосередньо контактує з вакуумними трубками, тому при зупинці циркуляції необхідно використовувати антифриз або зливати систему, щоб уникнути руйнування скляних елементів при замерзанні води[2].

Надійність і сервіс: Heat Pipe-колектори відомі своєю ремонтпридатністю – у разі пошкодження однієї трубки її можна легко замінити, не заливаючи всю систему. В прямоточних колекторах при поломці однієї трубки доводиться спустити весь теплоносій із системи для заміни[2].

Конструкція та принцип роботи колектора Altek SC-LH

Серія вакуумних колекторів Altek SC-LH є напірною геліосистемою з термосифонною циркуляцією у кожній трубці. Кожен трубчастий елемент складається з двох скляних оболонок: зовнішньої прозорої та внутрішньої, покритої селективним абсорбуючим шаром[4]. Між ними створено високий вакуум (нижче 0,01 Па), що забезпечує ~95% втрат тепла (теплоізоляція)[4]. Внутрішня трубка виготовлена з міді і виконує роль теплообмінника: по ній циркулює вода з системи опалення чи водопостачання. Спеціальне поглинальне покриття (часто титано-нітрид-оксидне) на внутрішній трубці максимально ефективно поглинає сонячну радіацію, перетворюючи її на теплоту[4].

Теплова енергія передається від трубки до теплоносія за допомогою маніфольда – алюмінієвого каркасу у верхній частині конструкції, що виконує роль теплообмінника[3]. У моделі SC-LH внутрішні мідні трубки закінчуються в порожнині маніфольда (діаметром 14 мм), де гаряча вода від кожної трубки збирається і далі по трубопроводу поступає в ємність накопичувача[4][3]. Таким чином тепла енергія з концентрованих точок переходить у рідкий теплоносій централізовано, не зменшуючи тепловіддачу через кілька ступенів.

Матеріали виготовлення Altek SC-LH відповідають вимогам довговічності та корозійної стійкості: зовнішня скляна оболонка – з боросилікатного скла, внутрішня труба – з міді, яка має високу теплопровідність, а рама – з алюмінію. Завдяки легкому алюмінієвому каркасу колектор легко монтується на покрівлі чи фасаді: елементи мають кріплення, що дозволяють фіксувати їх під кутом до 45° на похилому даху[4].

Система спроектована для цілорічної роботи в суворих умовах. Навіть при холодній погоді та мінусових температурах колектор продовжує нагрівати воду: заявлено роботу до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ [4]. Вакуум між трубками зберігає тепло всередині, тому зовнішня стінка під час роботи залишається відносно прохолодною, а ефективність нагріву залишається високою [4] [1]. Сама конструкція трубок у моделі Altek SC-LH міцна і модульна – кожну трубку можна швидко замінити окремо, що зменшує витрати на обслуговування і гарантує довговічність всієї системи.

Переваги вакуумних колекторів порівняно з плоскими

Низькі теплові втрати: Вакуум між шарами стекол майже повністю виключає теплопровідність та конвекцію зовнішнього повітря, тому втрати тепла з абсорбера дуже малі. У плоскому колекторі теплоізоляція обмежена товщиною мінеральної вати, а фронтальне скло заповнене повітрям, через що втрати більші. Як наслідок, вакуумний колектор працює з вищим коефіцієнтом корисної дії навіть за схожих умов погоди[2][1].

Вища ефективність при розсіяному світлі: Завдяки циліндричній формі поглинача вакуумні трубки збирають пряме і розсіяне сонячне випромінювання більш ефективно – навіть коли сонце низько над горизонтом або хмарно, поверхня трубки залишається орієнтованою перпендикулярно променям[2]. У сукупності з відмінною ізоляцією це дозволяє отримувати тепло навіть в холодний та похмурий день, коли плоскі колектори майже не працюють[1][2].

Робота в холодну пору: Як показують дослідження, вакуумні трубчасті колектори можуть довести температуру води до досить високих значень навіть при низьких зовнішніх температурах, на відміну від плоских, де інтенсивне охолодження задньої стінки стримує нагрівання[1]. Це особливо важливо для клімату України з холодними зимами: вакуум забезпечує збереження тепла і підтримку високого ККД системи у міжсезоння і зимовий період.

Компактність та модульність: Вакуумні трубки зазвичай легші й тонші плоских панелей, що знижує навантаження на конструкцію даху. При цьому ефективна площа поглинання на одиницю криється більша, бо враховується вся поверхня циліндра. Кожна трубка працює автономно, тому при виході з ладу одного елемента інші продовжують функціонувати без значної втрати продуктивності.

Чому вакуумний колектор Altek SC-LH – доцільний вибір для України?

У кліматичних умовах України, де зима може бути холодною і тривалою, а сонячна інсоляція змінною, вибір вакуумного трубчастого колектора обґрунтований його універсальністю і високою продуктивністю навіть у несприятливих умовах. Завдяки високому ККД, збереженню тепла та можливості працювати при низьких температурах, такі системи забезпечують стабільне гаряче водопостачання та опалення протягом року[1][4]. Серія Altek SC-LH особливо вигідна для агропромислових об'єктів: вона дозволяє автономно підігрівати воду для господарських потреб, підтримувати температуру в теплицях чи опалювати виробничі приміщення з мінімальними енерговитратами. Надійність конструкції та морозостійкість (робота до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$) гарантують безперебійну роботу в українських зимових умовах[4][1]. Таким чином, Altek

SC-LH поєднує переваги вакуумних колекторів – високу ефективність, низькі тепловтрати і всесезонність – що робить його оптимальним рішенням для аграрних об'єктів в Україні.

3.2. Бак акумулятор

3.1.1. Функціональне призначення. Накопичення теплоти. Бак-акумулятор призначений для збереження надлишкової теплової енергії, виробленої сонячними колекторами, і її передачі у систему ГВП у зручний момент. Оскільки «сонячні панелі не експлуатуються без накопичувача» і виділене тепло має бути передано теплоносієві через теплообмінник, накопичувач забезпечує можливість використання сонячного тепла в позасонячний час. Наприклад, для ГВП пікове споживання гарячої води зазвичай не співпадає з піком її вироблення сонячними колекторами, тому без накопичення цей надлишок тепла довелося б скидати – оптимальним рішенням є його «зберігання» в баку.

Стабілізація роботи системи. Буферний бак згладжує температурні перепади в системі: він накопичує та віддає тепло рівномірніше, ніж прямий потік від колектора чи котла. Це забезпечує більш плавний температурний режим і зменшує гідравлічні удари. Наприклад, у схемах з електро-водонагрівачем теплоакумулятор «згладжує температурні хвилі», запобігаючи перегрівам і різким коливанням температури у корівнику.

Компенсація добової нерівномірності. Бак-акумулятор «згладжує» розбіжності між надлишком тепла вдень та його дефіцитом у нічний час. Він грає роль буфера, що дозволяє накопичити надлишок сонячного тепла вдень і віддавати його в систему, коли колектори не працюють. Так накопичувач дозволяє практично повністю використовувати зібраний денний потенціал сонячного опалення або ГВП.

3.1.2. Принцип роботи. Бак-акумулятор — це вертикальна теплоізольована ємність з водяним теплоносієм. Під час заряджання теплоносії від колектора (зазвичай через насос і диференційний контролер) поступає до внутрішнього теплообмінника (змійовика) або безпосередньо в бак. Там він віддає надлишкове тепло воді у накопичувальному баку, підігрівуючи її. Коли колектор припиняє подавати тепло, накопичена в баку гаряча вода (або вміст бака) віддає тепло споживачам (опаленням, ГВП) через циркуляцію по другому контуру. Висока теплоємність води дає змогу довго зберігати тепло, а товста ізоляція мінімізує втрати.

Всередині бака утворюється температурна стратифікація: гаряча вода збирається у верхній частині, а холодна — опускається в низ завдяки різній щільності. Щоб підтримувати стратифікований режим, бак виготовляють високим і вузьким (відношення висоти до діаметра $\geq 2,5$): тоді холодна вода акумулюється внизу, а гаряча концентрується зверху, і може віддаватися при заборі гарячої води з верхньої зони.

Для обміну теплом часто використовують внутрішні теплообмінники. У накопичувач вбудовують один або кілька змійовиків (зазвичай з нержавіючої сталі) різного розміщення. Нижній змійовик проходить у холодній зоні бака і забирає максимальну кількість тепла з колектора (внаслідок більшого перепаду температури), а верхній змійовик знаходиться у гарячій зоні бака і працює зазвичай як додатковий (резервний) нагрівач. Наприклад, двоконтурна модель із двома змійовиками дозволяє завжди підтримувати наявність гарячої води: якщо сонце не дає достатньо тепла для нагріву бака через нижній змійовик, у роботу включається верхній, приєднаний до котла або електронагрівача. У баках лише з одним змійовиком додатково монтують електричний ТЕН для резервного підігріву води.

При зарядці чи розрядці відбувається циркуляція теплоносіїв: насос подає гліколь з колектора в змійовик, після чого охолоджений колекторний контур повертається в колектор, а нагріта вода з бака подається до системи опалення чи гарячого водопостачання. Система керується датчиками температури і

контролерами (реалізують, наприклад, роботу насоса за перепадом температур – ΔT -контроль).

3.1.3. Типи баків-акумуляторів Одноконтурні баки – з одним теплообмінником (змійовиком) або без нього (прямого нагріву). У таких баках все тепло передається через єдиний змійовик, або (у моделі прямого нагріву) холодна вода прямим струменем надходить у бак і нагрівається, хоча пряма циркуляція зазвичай застосовується лише у теплому кліматі (щоб не використовувати антифриз).

Двоконтурні баки – оснащені двофункційними змійовиками (або двома змійовиками): один контур для сонячного колектора, другий – для котла чи електричного нагрівача. Як зазначено вище, двоконтурний бак забезпечує безперервне гаряче водопостачання і підвищує надійність системи.

Баки з вбудованим бойлером (бак-бойлери) – мають подвійне резервуарне виконання, де один внутрішній бак служить для ГВП (емальований або нержавіючий), а навколо нього є зовнішній шар для опалювальної води. Такі пристрої дозволяють одразу отримувати гарячу воду без окремого водонагрівача.

З прямим чи непрямим нагрівом. У косвальних системах (закритий контур) використовується антифризний гліколь у колекторному контурі та внутрішній змійовик у баку-акумуляторі – це забезпечує захист від замерзання в холодному кліматі. У прямих (відкритих) системах баки можуть бути «водяними», тобто вода безпосередньо циркулює через колектор і бак – але такі рішення використовують тільки в теплих регіонах через ризик замерзання.

3.1.4. Матеріали та теплоізоляція Внутрішній корпус накопичувального бака виготовляють переважно зі сталі. Бюджетні моделі роблять із вуглецевої сталі з харчовим емалевим покриттям, а преміум-моделі – з нержавіючої сталі. У середині бака обов'язково встановлюють магнієвий анод для захисту від корозії (його періодично замінюють).

Щільна теплоізоляція є критичною. Зазвичай для ізоляції застосовують пінополіуретан (ППУ) високої щільності або мінеральну вату. Рекомендована товщина теплоізоляції – близько 100–200 мм. Пінополіуретан з

теплопровідністю $\leq 0,035$ Вт/(м·К) при товщині ≥ 100 мм забезпечує втрати всього 2–3 °С за добу. У великих системах застосовують навіть 10–20 см пінополіуретану чи мінеральної вати. Така ізоляція дозволяє суттєво знизити витрати тепла і підвищити ефективність роботи геліосистеми.

3.1.5. Конструктивні особливості Типова конструкція теплонакопичувального бака передбачає кілька основних елементів:

Патрубки (входи/виходи). Зазвичай є приєднання для подачі холодного теплоносія (нижня частина бака) та відбору гарячої води (верхня частина). Додаткові патрубки призначаються для труб теплообмінників (наприклад, до котла або другого контуру) і для підключення зовнішньої системи опалення. Багато резервуарів мають чотири основних штуцери: два – на верхній частині (подача від джерела тепла і видача нагрітої води), і два – на нижній (зворотна лінія з котла/опалення і подача холодного теплоносія). Правильне розведення цих труб забезпечує гідравлічне розділення контурів і стабільну роботу.

Запобіжні елементи. У системі з баком-акумулятором передбачають захист від надлишкового тиску та закипання: встановлюють запобіжний клапан скидання тиску, а також розширювальний бак (для систем із штучною циркуляцією) і автоматичний воздухоотводчик. Це допомагає уникнути перегріву колектора та пошкодження обладнання (наприклад, система відводить зайвий теплоносій при великому нагріві, перекачуючи його в розширювач або скидаючи).

Фланці та люки. Зазвичай у баку передбачено ревізійний люк (фланець великого діаметра) для сервісного обслуговування і монтажу анода. Через люк можна очищати бак від накипу чи осаду та проводити заміну магнієвого анода. Іноді на передній панелі є фланець для встановлення електричного нагрівача (ТЕН) – він дозволяє підключати в бак електрододател або інший нагрівальний елемент.

Гнізда для датчиків. У сучасних баках передбачають посадкові місця для температурних датчиків (термопар) – зазвичай це патрубки $\frac{1}{2}$ " чи $\frac{3}{4}$ " з

бобишкою, куди вставляють датчик регулятора. Це необхідно для автоматики ΔT -контролера, який керує насосом сонячного контуру.

Матеріал теплообмінника. Змійовики (якщо є) виготовляють із корозієстійких матеріалів – часто з нержавіючої сталі або міді. Наприклад, Drazice NADO ємності мають внутрішні нержавіючі теплообмінники для проточних схем ГВП.

Теплоізоляція. Зовнішній контур бака вкритий товстим шаром ізоляції (пінополіуретан, мінвата), який захищає бак від тепловтрат і впливу вологи. Матеріал ізоляції повинен мати малий коефіцієнт теплопровідності і бути водонепроникним – для цього застосовують жорсткий ППУ або щільну мінеральну вату.

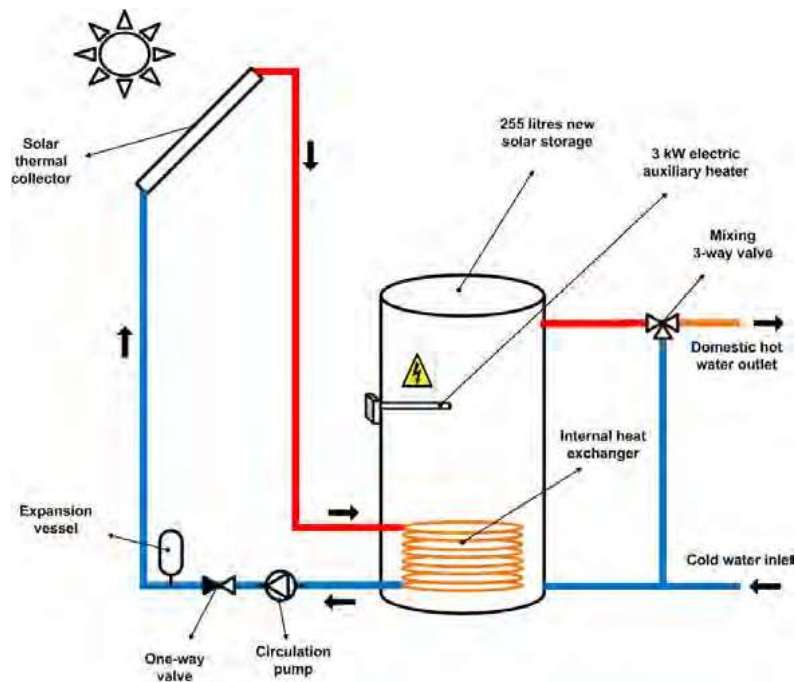


Рис. 3.2. Активна (примусова) схема геліосистеми із закритим контуром: антифриз циркулює насосом через зовнішній теплообмінник бака

У сучасних системах частіше застосовують примусову циркуляцію. У такій схемі теплоносій (найчастіше гліколева суміш) від колекторів поєднується з баком-акумулятором через зовнішній або внутрішній теплообмінник. Насос нагнітає рідини колекторного контуру через змійовик у баку, де тепло передається воді накопичувача. Така замкнена схема з антифризом дозволяє експлуатувати систему у холодних регіонах і уникнути проблем із замерзанням.

Акумулятор у таких системах обов'язково має допоміжне електричне чи водяне нагрівання, аби у похмурі періоди система працювала безперебійно.

Таким чином, теплоаккумулятор є ключовим елементом геліосистеми, який підвищує її ефективність і комфорт, проте вимагає оптимального підбору обсягу та якісної ізоляції. У комплексі з правильною схемою підключення він дозволяє максимально використовувати сонячну енергію і забезпечити надійну роботу системи опалення та ГВП.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

В розрахунках визначимо ефективність та термін окупності геліоустановки для підігріву води на підприємстві. Визначимо чи доцільно встановлювати колектори, які закритимуть частину теплоспоживання.

Виходячи з попередніх даних на підігрів води водонагрівачем затрачалося електроенергії 10,24 кВт·год електроенергії в грудні , і в липні 18,444 кВт·год

Кількість електроенергії, що витрачається на нагрів води водонагрівачем за рік:

$$W_{\text{ел}} = W_{\text{д.ел}} \cdot 365 \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (4.1)$$

де $W_{\text{д.ел}}$ – кількість електричної енергії, що споживається за рік електричним водонагрівачем, взято середнє значення (14,34 кВт)

$$W_{\text{ел}} = 14,34 \cdot 365 = 5234,83 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вартість електроенергії яка витрачається для нагріву води:

$$C_{\text{ел}} = W_{\text{ел}} \cdot c; \text{ грн} \quad (4.2)$$

де c – вартість 1 кВт·год електроенергії (4,32 грн)

$$C_{\text{ел}} = 5234,83 \cdot 4,32 = 22615 \text{ грн} \cdot \text{рік}$$

Вартість нагріву 1 м³ води:

$$C = \frac{C_{\text{ел}}}{V}; \text{ грн/м}^3 \quad (4.3)$$

де V – об'єм нагрітої води за рік (3650 м³)

$$C_{\text{соб}} = \frac{22615}{3650} = 6.19 \text{ грн} \cdot \text{м}^3$$

Взявши до уваги дані з таблиці 2.3 розраховуємо річну економію. Підставивши дані з таблиці в формулу 2.8 отримаємо повну картину річної генерації.

Таблиця 4.1

Генерація теплової енергії від трубок

Місяць	Інсоляція, кВт·год/ м ² /день	Тепло від 1 трубки, кВт·год/ день	Тепло від 30 трубок, кВт·год/ день
Січень	1,1	0,107	3,21
Лютий	1,96	0,19	5,69
Березень	3,05	0,296	8,88
Квітень	4	0,389	11,67
Травень	5,4	0,525	15,75
Червень	5,44	0,529	15,87
Липень	5,51	0,535	16,05
Серпень	4,87	0,474	14,22
Вересень	3,42	0,332	9,96
Жовтень	2,11	0,206	6,18
Листопа д	1,15	0,112	3,36
Грудень	0,91	0,089	2,67
Середнє	3,25	0,316	9,48

При використанні геліоколекторів електрична енергія не використовується, отже економія за рік буде дорівнювати витратам на електроенергію (22615 грн)

Час окупності сонячних колекторів складе:

$$T = \frac{K_{\text{кол}}}{E-3}, \text{ рік} \quad (4.4)$$

де $K_{\text{кол}}$ – капітальні затрати на сонячні колектори

$$K_{\text{кол}} = V_{\text{кол}} + V_{\text{вакум}} + V_{\text{мон}} + V_{\text{кон}}; \text{ грн} \quad (4.5)$$

де $V_{\text{кол}}$ – вартість колектора (46 256 грн),

$V_{\text{вакум}}$ – вартість бака акумулятора (38000 грн),

$V_{\text{мон}}$ – вартість монтажу (12000 грн),

$V_{\text{нон}}$ – вартість контролера (3207 грн).

$$K_{\text{кол}} = 46256 + 38000 + 12000 + 3207 = 99463 \text{ грн}$$

З – експлуатаційні затрати на колекторну систему (7000 грн)

$$T = \frac{99463}{22615 - 7000} = 6,35 \text{ рік}$$

В умовах стрімкого зростання тарифів на електроенергію та необхідності зменшення собівартості виробництва одним із найбільш привабливих рішень стає використання сонячних геліоколекторів для підігріву води. У цьому підрозділі розглядається фінансова доцільність встановлення геліосистеми на фермі для нагріву води, оцінюються поточні витрати, розраховується рівень економії, а також визначається термін окупності проекту та загальний виграш протягом гарантійного ресурсу.

У проекті враховано середнє добове споживання електроенергії електроводонагрівачем на рівні близько 14,3 кВт·год. Це забезпечує роботу у найхолодніші місяці року (грудень) та максимальне навантаження у піковий літній місяць (липень). За діючим тарифом (4,32 грн/кВт·год) витрати на електроенергію для нагріву води перевищують 22 600 грн на рік. З огляду на те, що собівартість нагріву одного кубометра води досягає понад 6 грн, щорічні витрати на гарячу воду є вагомим елементом собівартості продукції фермерського господарства.

Розгортання сонячної геліосистеми дозволяє звести до мінімуму використання електроенергії для потреб гарячого водопостачання. Геліоколектори, які інтегруються із накопичувальним баком, забезпечують близько 100 % покриття температурного навантаження водонагрівача впродовж сонячної активності. Таким чином, економія електроенергії за рік дорівнює повній вартості електроенергії для нагріву води – понад 22 600 грн. Навіть якщо врахувати, що система потребує періодичного підключення резервного нагрівання у похмуру погоду або в нічний час, загальна економія залишається близькою до цієї суми.

Ключовим етапом економічного аналізу є зіставлення капітальних витрат із місячною та річною економією. Загальні інвестиції у геліосистему на фермі складаються з вартості самого колектора (близько 46 300 грн), накопичувального бака-акумулятора ($\approx 38\,000$ грн), системи контролю та автоматики ($\approx 3\,200$ грн) і монтажних робіт (приблизно 12 000 грн). Усе це дає сумарний обсяг капіталовкладень у межах 99 500 грн. У річній експлуатації система вимагає приблизно 7 000 грн на технічне обслуговування, заміну теплоносія та електроенергію циркуляційного насоса, що не перевищує 30 % річної економії.

За результатами розрахунку строк окупності проекту складає трохи більше ніж шість років. Це означає, що вже на початку сьомого року всі витрати на придбання та встановлення геліосистеми повністю компенсуються отриманою економією. Починаючи з восьмого року і протягом решти гарантійного ресурсу вакуумних трубок (25 років), система працює практично безкоштовно, забезпечуючи чистий фінансовий вигреш щорічно в розмірі близько 15–16 тисяч гривень. У сукупності за весь строк служби це становить понад півмільйона гривень чистого ефекту.

Крім економічного вигрешу, впровадження геліоколекторної системи підтверджує енергетичну автономію ферми та екологічну відповідальність підприємства. Використання сонячної енергії знижує навантаження на електромережу і зменшує викиди CO₂, що особливо важливо в контексті сучасних вимог до сталого розвитку та зелених технологій.

Таким чином, інвестиція в геліоколектори на фермі є економічно виправданою та соціально значущою. Вона дозволяє значно скоротити поточні витрати на гарячу воду, зменшити вплив на довкілля та підвищити конкурентоспроможність господарства на енергетичному ринку.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Основні вимоги

5.1.1. До самостійної роботи з водонагрівачем мають допуск особи, які досягли віку 18 років, пройшли ознайомлення з інструкцією з охорони праці при роботі з водонагрівачем (електротитаном, бойлером), спеціальне навчання, не мають яких-небудь протипоказань за станом здоров'я, пройшли вступний інструктаж з охорони праці та інструктаж з техніки безпеки на робочому місці.

5.1.2. Під час роботи з водонагрівачем необхідно дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку, встановлених в дошкільному навальному закладі (ДНЗ) режимів праці та відпочинку, інструкції з охорони праці при роботі з водонагрівачем.

5.1.3. При роботі з водонагрівачем можливий вплив на працівників наступних небезпечних та шкідливих факторів:

- термічні опіки у разі дотику до нагрітих частин водонагрівача;
- ураження електричним струмом при несправному заземленні корпусу електричного титану і відсутності діелектричного килимка.

5.1.4. У процесі роботи з водонагрівачем повинні застосовуватися спецодяг і засоби індивідуального захисту: халат, фартух бавовняний, головний убір (косинка або ковпак).

5.1.6. На підлозі біля електричного титану (бойлера) повинен знаходитися діелектричний килимок, на стіні – інструкція з охорони праці при роботі з водонагрівачем (електротитаном, бойлером).

5.1.7. На харчоблоці (кухні) дошкільного навчального закладу повинна бути медична аптечка, укомплектована набором усіх необхідних медикаментів і

перев'язувальних матеріалів для надання першої невідкладної медичної допомоги потерпілим при травмах.

5.1.8. Харчоблок дитячого садка повинен бути обов'язково обладнаний усіма первинними засобами пожежогасіння.

5.1.9. Співробітники харчоблоку (кухні) дошкільного навчального закладу (ДНЗ) зобов'язані суворо дотримуватися правил протипожежної безпеки, знати і вміти швидко знаходити місця розташування первинних засобів пожежогасіння.

5.1.10. При нещасному випадку потерпілий або очевидець зобов'язаний терміново доповісти про подію адміністрації освітнього закладу. При виникненні будь-яких несправностей обладнання, слід негайно припинити роботу і повідомити про це адміністрацію навчального закладу.

5.1.11. У процесі виконання роботи необхідно дотримуватися правил носіння спецодягу, користування колективними засобами захисту, дотримуватися правил особистої гігієни, тримати в належній чистоті своє робоче місце.

5.1.12. Співробітники харчоблоку (кухні) дошкільного навчального закладу (ДНЗ), які допустили невиконання або порушення інструкції з охорони праці при роботі з бойлером, притягуються до дисциплінарної відповідальності і, за необхідності, підлягають позачерговій перевірці знань з охорони праці.

5.2. Вимоги охорони праці перед початком роботи

5.2.1. Надіти на себе спецодяг, волосся треба старанно заправити під косинку або ковпак.

5.2.2. Перевірити відсутність на робочому місці сторонніх предметів.

5.2.3. Переконатися в наявності на підлозі біля титану діелектричного килимка.

5.2.4. Перевірити наявність і надійність приєднання до корпусу бойлера захисного заземлення, а також цілісність кабелю електроживлення, водопостачання.

5.3. Вимоги охорони праці під час роботи

5.3.1. Перевірити відсутність протікання води зі зливного крана і корпуса водонагрівача.

5.3.2. Необхідно обов'язково стати на діелектричний килимок, потім включити водонагрівач і переконатися у справній його роботі.

5.3.3. Щоб уникнути опіків гарячим паром, не дозволяється відкривати кришку водонагрівача під час закіпання води.

5.3.4. Слід дотримуватися обережності при наливанні гарячої води з електричного титану в посуд.

5.3.5. Заповнювати гарячою водою посуд допускається не більше ніж на три чверті від його ємності.

5.3.6. Щоб уникнути опіків гарячою водою, заповнений посуд слід переносити, використовуючи для цього рушник або прихватки.

5.4. Вимоги охорони праці після закінчення роботи

5.4.1. Необхідно відключити водонагрівач від електромережі, привести в належний порядок своє робоче місце.

5.4.2. Зняти спецодяг, привести себе в порядок, вимити руки з милом.

5.5. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

5.5.1. У разі будь-якої несправності в роботі водонагрівача, а також порушенні захисного заземлення корпусу, необхідно негайно зупинити роботу і

відключити обладнання від електромережі. Роботу дозволяється продовжувати тільки після усунення всіх несправностей.

5.5.2. При виникненні короткого замикання і займання водонагрівача, слід негайно відключити його від електромережі, оповістити про виниклу пожежу до найближчої пожежної частини, повідомити адміністрацію дошкільного навчального закладу і приступити до ліквідації осередку загоряння за допомогою вогнегасника.

5.5.3. У разі отримання травми слід негайно доповісти про це завідуючому ДНЗ (за його відсутності – іншій посадовій особі), при необхідності, транспортувати постраждалого до найближчого медичного закладу.

5.5.4. При ураженні електричним струмом, необхідно негайно відключити водонагрівач (електротитан, бойлер) від електромережі, негайно надати потерпілому першу невідкладну медичну допомогу. При відсутності у потерпілого дихання і пульсу, необхідно зробити йому штучне дихання і/або непрямий масаж серця, реанімаційні заходи необхідно виконувати до повного відновлення дихання і пульсу або до приїзду бригади швидкої допомоги, при необхідності слід направити постраждалого до найближчого медичного закладу.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження була розроблена комплексна система гарячого водопостачання для корівника фермерського господарства «Пролісок» з використанням сонячних геліоколекторів, що дозволяє значно знизити енергетичні витрати на підігрів води для напування тварин та санітарно-гігієнічних потреб. Було виконано детальний аналіз теплового балансу об'єкта, в ході якого визначено середньодобові потреби в тепловій енергії для підігріву води в різні сезони, що стало підставою для розрахунку необхідної площі колекторів та об'єму акумуляційного баку. За кліматичними умовами Полтавської області обрано вакуумні колектори Altek SC-LH3-30, які мають високий коефіцієнт поглинання і ефективно працюють за низьких температур, а за показниками місячної інсоляції було підтверджено достатність обраної площі колекторів для потреб господарства в літні місяці та їхню роботу в холодніший період завдяки накопиченню тепла.

Для забезпечення безперебійного гарячого водопостачання обрано буферний бак-акумулятор об'ємом 300 літрів, розрахунковий обсяг якого відповідає кількості теплової енергії, зібраної геліосистемою протягом світлового дня. Автоматизацію та моніторинг роботи системи здійснює контролер MeiTronic W20B, що гарантує підтримання заданих температурних режимів, захист від замерзання і перегріву, контроль рівня води та гнучкі налаштування графіків нагріву. Це дозволяє мінімізувати втручання оператора і забезпечити стабільну експлуатацію обладнання.

Проведений техніко-економічний аналіз підтвердив економічну доцільність проекту: щорічна економія електроенергії становить понад 3500 кВт·год, що еквівалентно приблизно 22 600 гривням за рік, а строк окупності інвестицій у встановлення геліосистеми складає близько семи років. Окрім фінансової вигоди, впровадження сонячних колекторів суттєво знижує викиди CO₂ і зменшує залежність від традиційних джерел енергії, сприяючи підвищенню екологічної безпеки та енергетичної незалежності господарства. Таким чином,

розроблена система гарячого водопостачання з використанням вакуумних колекторів, акумуляційного бака й автоматизованого контролера відповідає всім вимогам корівника «Пролісок», забезпечує надійну роботу в будь-який сезон і слугує прикладом ефективного застосування відновних джерел енергії у тваринництві.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ EN 12975-1:2001 «Системи теплові сонячні та їхні компоненти. Колектори сонячні. Частина 1. Загальні технічні вимоги». — К.: Держстандарт України, 2002. — Затверджено наказом Держстандарту України № 659 від 28.12.2001.
2. ДСТУ EN 12975-2:2019 «Установки сонячні термічні та їхні складники. Сонячні колектори. Частина 2. Методи випробувань». — К.: Держстандарт України, 2019. — Затверджено наказом Держстандарту України № 383 від 29.11.2019.
3. ДСТУ EN 12976-1:2019 «Системи теплові сонячні та їхні складники. Промислове виготовлення. Частина 1. Загальні вимоги». — К.: Держстандарт України, 2019. — Затверджено наказом Держстандарту України № 382 від 29.11.2019.
4. ДСТУ EN 12977-1:2019 «Системи теплові сонячні та їхні складники. Індивідуальне виготовлення. Частина 1. Вимоги до сонячних водонагрівачів і комбінованих систем». — К.: Держстандарт України, 2019. — Затверджено наказом Держстандарту України № 382 від 29.11.2019.
5. ДСТУ EN 12977-2:2019 «Системи теплові сонячні та їхні складники. Системи, виготовлені на замовлення. Частина 2. Методи випробувань сонячних водонагрівачів і комбінованих систем». — К.: Держстандарт України, 2019. — Затверджено наказом Держстандарту України № 383 від 29.11.2019.
6. ДСТУ ISO 9806-1:2005 «Колектори сонячні. Методи випробування. Частина 1. Теплові характеристики та перепад тиску закслених сонячних колекторів для нагрівання рідини». — К.: Держстандарт України, 2005. — Затверджено наказом Держстандарту України № 239 від 02.09.2005.

7. ДСТУ ISO 9806-2:2005 «Колектори сонячні. Методи випробування. Частина 2. Кваліфікаційні випробування». — К.: Держстандарт України, 2005. — Затверджено наказом Держстандарту України № 239 від 02.09.2005.
8. ДСТУ 4885:2007 «Енергоощадність. Геліоенергетика. Методика визначення ресурсів». — К.: Держстандарт України, 2009. — Затверджено наказом Держстандарту України № 341 від 04.12.2007.
9. ДСТУ ISO 50001:2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання». — К.: Держстандарт України, 2020. — Затверджено наказом Держстандарту України № 104 від 03.06.2020.
10. Міністерство розвитку громад та територій України. Наказ від 19.04.2019 № 100 «Про затвердження Технічного регламенту енергетичного маркування водонагрівачів, баків-акумуляторів та комплектів з водонагрівача і сонячного обладнання».
11. Міністерство соціальної політики України. Наказ від 05.03.2018 № 333 «Про затвердження Правил охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском».
12. hydrosolar.ca. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://hydrosolar.ca/blogs/news/how-do-vacuum-tubes-collector-work#:~:text=Evacuated%20tube%20collectors%20are%20made,high%20transmittance%20for%20solar%20irradiation>
13. Alternative Energy Tutorials. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-hot-water/evacuated-tube-collector.html#:~:text=Unlike%20flat%20panel%20collectors%2C%20evacuated,hence%20the%20name%20evacuated%20tubes>
14. sunservis.com.ua. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://sunservis.com.ua/ua/p2573890407-solnechnyj-kollektor-altek.html#:~:text=між%20зовнішньою%20та%20внутрішньою%20трубкою,колектор%20через%20патрубок%20із%20зворотним>
15. artenergy.com.ua. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<https://www.artenergy.com.ua/novosti/karta-solnechnoi-insoliatsii-ukrainy>

16.ecodoma.in.ua. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://ecodoma.in.ua/vidyii-solnechnyih-kollektorov.html>

17.vukladach.pp.ua. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/elektroenergetuka/elektrotehnologija/elektrotehnologija/1/1.3.htm>

18.meibes.ua. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.meibes.ua/assets/attachments/equipment/automatics/heating-controllers/w20_manual.pdf

19.osvita-docs.com. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://osvita-docs.com/node/36>