

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

ПОГОДЖЕНО

**Директор Навчально-наукового
інституту енергетики, автоматики
і енергозбереження**
(назва ННІ)

(підпис) **Віктор КАПЛУН** _____
(ПІБ)

“ ____ ” _____ 20_ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
інженерії енергосистем**

(підпис) **Євген АНТИПОВ** _____
(ПІБ)

“ ____ ” _____ 20_ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Розробка інтегрованої системи енергозабезпечення тваринницької ферми на
базі геліоколекторів і теплових акумуляторів»**

Спеціальність

_____ **144 – «Теплоенергетика»** _____
(код і назва)

Освітня програма

_____ **Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент** _____
(назва)

Орієнтація освітньої

програми _____ **освітньо-професійна** _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

_____ _____ **Горобець В.Г.** _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ _____ **Міщенко А.В.** _____
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

_____ _____ **Сіранчук А.І.** _____
(підпис) (ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інженерії енергосистем

Є.О.Антипов

канд.техн.наук. доцент
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПБ)
“ ” 20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Сіранчуку Артуру Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

144 – «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітня програма

Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент

(назва)

Орієнтація освітньої

програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Розробка інтегрованої системи енергозабезпечення тваринницької ферми на базі геліоколекторів і теплових акумуляторів»

затверджена наказом проректора НУБіП України від “ 18 ” 11 2024 р.№ 2060 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

11.11.2025 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Завдання кафедри інженерії енергосистем;
2. Наукова література з тематики магістерської роботи;
3. Нормативні документи по проектуванню енергетичних об'єктів;
4. Результати науково-дослідницької роботи кафедри;
5. Результати виробничої практики.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Проектування систем теплопостачання
Електрифікація технологічних процесів.
Проектування геліоводонагрівної установки.
Акумуляування теплової енергії в систмах з ВДЕ
Охорона праці

Дата видачі завдання “ 20 ” 11 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Міщенко А.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Сіранчук А.І.

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

Стор. - 80; бібл. – 20.

Виконано проектування системи тепlopостачання. Виконано вибір системи тепlopостачання, розраховано теплові навантаження, здійснено вибір джерела тепlopостачання.

Виконано вибір електродвигунів приводу технологічного обладнання, вибір електротехнічного обладнання, проводиться розрахунок електричного освітлення, розробка структурних, функціональних та електричних схем керування та захисту електрифікованого технологічного обладнання а також вибір апаратів керування та захисту.

Розділ 4 присвячений розробці геліоводонагрівної установки установки.

В розділі 5 розглянуто способи та засоби акумулювання енергії в системах енергопостачання на базі поновлюваних джерел енергії

В розділі 6 розглянуто питання охорони праці та електробезпеки.

ключові слова: теплоспоживач; теплове навантаження; паливо; котлоагрегат; енергоємність; потенціал енергозбереження відновлювані джерела енергії; сонячний колектор; акумулятор теплоти; асинхронний електродвигун, КТП

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. Загальна характеристика господарства	10
РОЗДІЛ 2. Проектування систем теплопостачання.....	11
2.1. Теплові навантаження системи опалення.....	11
2.2. Теплові навантаження системи гарячого водопостачання.....	13
2.3. Витрати тепла на технологічні потреби.....	14
2.4. Вибір джерела теплопостачання.....	14
2.5. Визначення річних витрат палива.....	22
2.6. Регулювання теплових навантажень.....	23
2.7. Гідравлічний розрахунок теплових мереж.....	28
2.8. Тепловий розрахунок мереж	29
РОЗДІЛ 3. Проектування геліоводонагрівної установки	32
3.1. Використання сонячної енергії в аграрному виробництві	32
3.2. Визначення поглинаючої поверхні геліоколектора	40
3.3. Вибір геліоколектора	42
РОЗДІЛ 4. Способи та засоби акумулювання енергії в системах енергопостачання на базі поновлюваних джерел енергії	46
4.1. Загальні відомості про теплові акумулятори	46
4.2. Типи теплоаккумуляторів та їх характеристики	47
4.3. Класифікація акумуляторів енергії	57
4.4. Використання геліосистеми та ґрунтового акумулятора тепла	63
РОЗДІЛ 5. Охорона праці	66
5.1. Загальні питання охорони праці і навколишнього середовища	66
5.2. Протипожежна безпека	66

5.3 Електробезпека при експлуатації електрообладнання	67
5.4 Розробка заходів, що забезпечують безпеку та нешкідливість	73
5.5. Перелік основних нормативних документів з охорони праці	73
5.6. Блискавкозахист виробничих приміщень	75
5.7. Система протипожежного захисту на об'єктах проектування	77
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ТЕРМІНІВ

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;

ГВП – гаряче водопостачання;

ОВС – опалювально-вентиляційна система;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КУ – котельна установка;

СК – сонячний колектор;

α - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м² · °С);

λ - коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м · С);

R - коефіцієнт опору теплопередачі, (м²·К)/Вт;

τ - постійна часу, с;

δ - товщина шару, м;

l - довжина;

Re - число Рейнольдса;

ξ - коефіцієнт місцевого опору;

t_r - температура гарячої води, °С;

h - висота, мм;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

Q_n - Тепловтрати приміщення, Вт;

Q_{ТР} - Теплонадходження від труб, Вт;

Q_N - Номінальна теплова потужність опалювального приладу, Вт;

ВСТУП

На даному етапі розвитку агропромислового комплексу, коли змінюються форми господарювання, перед сільським господарством ставляться задачі по збільшенню обсягів виробництва, підвищенню якості сільськогосподарської продукції. Для розв'язання поставлених задач і забезпечення активного функціонування всіх галузей АПК необхідно стабільне електропостачання, теплопостачання та газопостачання.

В загальному енергетичному балансі сільських районів теплова енергія складає близько 80%. Вона забезпечує роботу і розвиток сільськогосподарського виробництва, створює сприятливі умови для життя та діяльності людей. Використання газу дозволяє прискорити технічне переозброєння теплового господарства, інтенсифікувати господарське виробництво, підвищити якість продукції, зменшити затрати праці.

При експлуатації тваринницьких комплексів, птахофабрик, тепличного господарства, сховища, холодильного устаткування, тощо, потрібно комплексно вирішувати питання постачання електроенергією, теплотою та газом незалежно від того велике господарство чи мале.

При зменшенні господарств, ще гостріше стало питання по обслуговуванню установок та систем енергопостачання.

Вдосконалення нових систем електропостачання, розширення теплової мережі та впровадження теплоенергетичних установок, газифікація сільських районів поставили нові завдання перед спеціалістами по енергопостачанню.

Тепер сільськогосподарські підприємства не тільки вирощують зернові культури, овочі, отримують продукцію тваринництва, а інтенсивно створюють цехи по переробці овочів, молока, м'яса (консервні, ковбасні цехи, хлібопекарні, олійниці). В таких умовах різні види енергії – електричну, теплову доцільно розглядати в комплексі. Це дозволить раціонально використовувати енергію, впроваджувати заходи по її економії та збереженню.

Розвиток сільськогосподарського виробництва все більше орієнтується на нові технології, які широко ія використовують електричну енергію, теплову та інші види енергії. У зв'язку з цим підвищуються вимоги до якості та надійності енергопостачання споживачів.

Теплова енергія один з основних видів енергії, що споживає людство. Основні її споживачі в сільській місцевості – це птахокомплекси, теплиці, тваринницькі приміщення, житлові та комунально-побутові споруди.

Велика кількість теплоти витрачається на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, на сушіння та переробку продукції. Тому слід велику увагу приділяти раціональному використанню енергоресурсів. А саме впровадженням поновлюваних та нетрадиційних джерел енергії.

Необхідно відмітити, що енергопостачання сільського господарства має характерні особливості. Йому притаманні відокремленість та різноманітність споживачів, нерівномірний характер навантажень.

Всі ці фактори потрібно враховувати при проектуванні систем енергопостачання.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

Вданій кваліфікаційній роботі приведений розрахунок теплоенергозабезпечення тваринницької ферми приватно-орендного сільськогосподарського підприємства (ПОСП) ім. Шевченка» села Кислівка, Таращанського району Київської області. Господарство розташоване на відстані 131 км. від обласного центру міста Києва.

Землі господарства складаються із одного суцільного масиву, розташованого навколо ферми .Земельні масиви закріплені за виробничим підрозділом з тракторною бригадою. Природно-кліматичні умови зони лісостепу, в якій розташоване це господарство характеризується помірно-теплим зволуженим кліматом.

Ґрунти господарства сформовані на лесах , амавіально –демовіальних відкладах. Найбільш поширеною ґрунтоперетворюючою породою є леси .

По структурі товарної продукції ,концентрації інтенсифікації виробництва господарство має виробничий напрямок виробництва птахівничої продукції.

Електроенергію господарство отримує від Таращанського району електричних мереж (РЕМ). Електроенергія надходить в господарство по повітряній лінії 10 кВ , після понижуючої підстанції 35/10 кВ.

Довжина повітряної лінії 10 кВ становить 6,2 км. В господарстві є 2 трансформаторні підстанції потужністю 160 кВА , які знижують напругу з 10 кВ до 0,4 кВ.

Споживання електроенергії господарства всереднньому за останні роки рік становить близько 1 млн кВт*год.

Втрати в повітряних лініях складають близько 4,55 % від загального річного споживання.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Теплові навантаження системи опалення.

Розрахункові теплові потужності споживачів теплоти визначають на основі проектів систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання і технологічного водопостачання споруд та об'єктів.

Таблиця 2.1. Характеристика приміщень тваринницької ферми

№ на плані	Назва приміщення	Розміри, м			Умови середовища
		довжина	ширина	висота	
I	Стійлове приміщення	71	18	3,2	вологе з хімічно активним середовищем
II	Кормовий проїзд	18	4	3,2	вологе з хімічно активним середовищем
III	Приміщення для конькормів	2,4	2,4	3,2	запилене
IV	Інвентарна	2,4	2,4	3,2	нормальне
V	Підстилочна	6	2,4	3,2	запилене
VI	Тамбури	2,4	2,4	3,2	особливо вологе з хім. активним середовищем
VII	Щитова	5	2,4	3,2	нормальне
VIII	Приміщення для водонагрівача	4	2,4	3,2	вологе

При відсутності детальних матеріалів і необхідних теплофізичних характеристик будівель дозволяється здійснювати розрахунок по збільшених

показниках та нормах витрати теплоти і теплоносія. Отримані значення можуть бути використані для вибору джерела тепловодопостачання та проектування теплових мереж.

Теплову потужність системи опалення Φ_0^* , кВт, будівлі визначають в залежності від вихідних даних за одною з наступних формул:

$$\Phi_0^* = q_0 V (t_e - t_{zo}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.1)$$

де q_0 - питома опалювальна характеристика, Вт/(м³·К);

V – будівельний об'єм споруди по зовнішньому обміру, м³;

t_e – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

t_{zo} – розрахункова температура зовнішнього повітря при проектуванні опалення (параметр Б для холодного періоду), °С;

Для виробничих приміщень:

$$q_0 = 0,38 \text{ Вт/(м}^3\cdot\text{К)}; \quad t_e = 18 \text{ }^\circ\text{С}; \quad t_{zo} = -22 \text{ }^\circ\text{С} \quad (\text{для Київської області});$$

$$\Phi_0^* = q_0 V (t_e - t_{zo}) \cdot 10^{-3} = 341,59 \text{ кВт.}$$

Теплові потужності систем опалення та вентиляції громадських споруд у сільському населеному пункті допускається приймати в межах відповідно 25% і 15% від сумарної річної потужності систем опалення житлових будівель.

Теплові потужності систем опалення Φ_0 , кВт та вентиляції Φ_B , кВт, громадських, допоміжних та виробничих споруд:

$$\Phi_0 = q_0 V (t_e - t_{zo}) \cdot 10^{-3}; \quad (2.2)$$

$$\Phi_B = q_B V (t_e - t_{zB}) \cdot 10^{-3}; \quad (2.3)$$

де q_B – питома вентиляційна характеристика споруди, Вт/(м³·К);

t_{zB} – розрахункова температура зовнішнього повітря при проектуванні вентиляції, °С.

В якості розрахункової температури зовнішнього повітря приймають:

- середню температуру найхолоднішої п'ятиденки при проектуванні опалення та загальнообмінної вентиляції, суміщеної з системою повітряного опалення;

- середню температуру найбільш холодного періоду при проектуванні періоду загальнообмінної вентиляції.

Питома опалювальна та вентиляційна характеристики споруд різного призначення приведені у довідковій літературі та ДБН.

2.2 Теплові навантаження систем гарячого водопостачання.

Витрати води на гаряче водопостачання житлових, громадських, адміністративно-побутових та виробничих споруд визначають за нормами витрат гарячої води.

Середня теплова потужність $\Phi_{з.в.}^{cp}$, кВт системи гарячого водопостачання житлових та громадських будівель:

$$\Phi_{з.в.}^{cp} = \frac{1,2 \cdot m(a + b)(65 - t_{х.з.}) \cdot c_v}{24 \cdot 3600}, \quad (2.4)$$

де m – розрахункова кількість споживачів;

a і b – добові норми витрат води температурою 65°C в виробничих та громадських будівлях із розрахунку на одну людину, що користується гарячим водопостачанням, кг/добу;

$t_{х.з.}$ – температура холодної води зимою ($t_{х.з.}=5^{\circ}\text{C}$);

c_v – питома теплоємність води ($c_v=4,19$ кДж/(кг К)).

$a=100$ кг/добу; $b=38$ кг/добу; $m=12$;

$$\Phi_{з.в.}^{cp} = \frac{1,2 \cdot m(a + b)(65 - t_{х.з.}) \cdot c_v}{24 \cdot 3600}, \quad \Phi_{з.в.}^{cp} = 5,796 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Витрати гарячої води на виробничі потреби приймають у відповідності із технологічними завданнями і вказівками по проектуванню підприємств окремих галузей народного господарства

2.3. Витрати тепла на технологічні потреби.

В тваринницьких приміщеннях максимальні витрати тепла на гаряче водопостачання, для технологічних потреб та приготування кормів визначається наступною формулою.

$$\Phi_{m.n.} = \frac{(\beta \cdot 0,278 \cdot (t_g - t_x) \cdot c_v \cdot q \cdot n)}{24 \cdot 1000}, \quad (2.5)$$

врахувавши, що β - коефіцієнт нерівномірності споживання води на протязі доби;

n – кількість тварин;

c_v – питома теплоємність води;

t_g – температура гарячої води;

t_x – температура холодної води.

Для одного приміщення на 200 голів ВРХ:

$$\beta = 2,25; \quad c_v = 4,19 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}; \quad t_g = 60^\circ\text{C}; \quad t_x = 5^\circ\text{C};$$

Згідно з діючими НТП $q = 15$ кг/добу.

$$\Phi_{m.n.} = \frac{(\beta \cdot 0,278 \cdot (t_g - t_x) \cdot c_v \cdot q \cdot n)}{24 \cdot 1000}, \quad \Phi_{т.п.} = 19,7 \text{ кВт.}$$

На перспективу в господарстві буде 6 приміщень для утримання ВРХ. Тому $\Phi_{т.п.} = 118,2$ кВт.

2.4. Вибір джерела теплопостачання.

При теплопостачанні сільськогосподарських виробничих об'єктів та сільських населених пунктів використовують парові та водогрійні котельні агрегати як низького (з тиском пари не більше 0,17 МПа та температурою підігріву води до 115°C), так і більш високого тиску. В системах централізованого теплопостачання встановлюють парові котельні агрегати з тиском пари не більше 1,37 МПа та температурою перегрітої пари до 250°C .

Основні технічні характеристики котельних агрегатів, що використовуються при теплопостачанні сільськогосподарських об'єктів приведені в довідковій літературі

Тип та число встановлених котельних агрегатів вибирають, виходячи з потужності котельної установки, яка представляє собою суму розрахункових теплових потужностей: систем опалення та вентиляції; систем технологічного теплопостачання (як водяних, так і парових); гарячого водопостачання; власних потреб котельної установки.

Враховуючи витрати теплоти на власні потреби котельні та тепловтрати в мережах, слід приймати розрахункову теплову потужність котельної установки на 10-15% більше суми розрахункових потужностей опалення та вентиляції, гарячого водопостачання та технологічного теплопостачання усіх споживачів теплоти.

Рекомендується встановлювати однотипні котельні агрегати з однаковою тепловою потужністю, кількість сталевих агрегатів має бути не менше двох і не більше чотирьох, чавунних – шести. Вибираючи ж число агрегатів, слід враховувати, що при виході з ладу одного з них, ті, що залишилися мають забезпечити 75...80% розрахункової теплової потужності котельної установки.

Визначимо сумарні затрати теплоти:

$$\Phi_{\text{роз}} = \Phi_{\text{ж}} + \Phi_{01} + \Phi_{02} + \Phi_{03} + \Phi_{04} + \Phi_{\text{г.в.}} + \Phi_{05} + \Phi_{\text{в1}} + \Phi_{\text{в2}} + \Phi_{\text{в3}} + \Phi_{\text{в4}} + \Phi_{\text{в5}} + \Phi_{\text{т.п.}}, \quad (2.6)$$

$$\Phi_{\text{роз}} = 741,6 \text{ кВт.}$$

Сумарна теплова потужність всіх котлів, встановлених в котельні:

$$\Phi_{\text{вст}} = 1,2 \Phi_{\text{роз}}, \quad \Phi_{\text{вст}} = 890 \text{ кВт.}$$

Вибираємо газові котли типу КОЛВІ – 250. <https://vest-m.com.ua/uk/otopleniye/kotel-gazovyj/kolvi-838465932/kotel-kolvi-250.html> .

КОЛВІ - 250 газовий жаротрубний котел з двома ходами димових газів Призначений для нагрівання води в системах водяного теплопостачання з примусовою циркуляцією. В залежності від того, яким палинкових пристроїв буде укомплектований котел, він може працювати на таких видах палива:

- рідке паливо (мазут, дизельне паливо);

- природний газ;

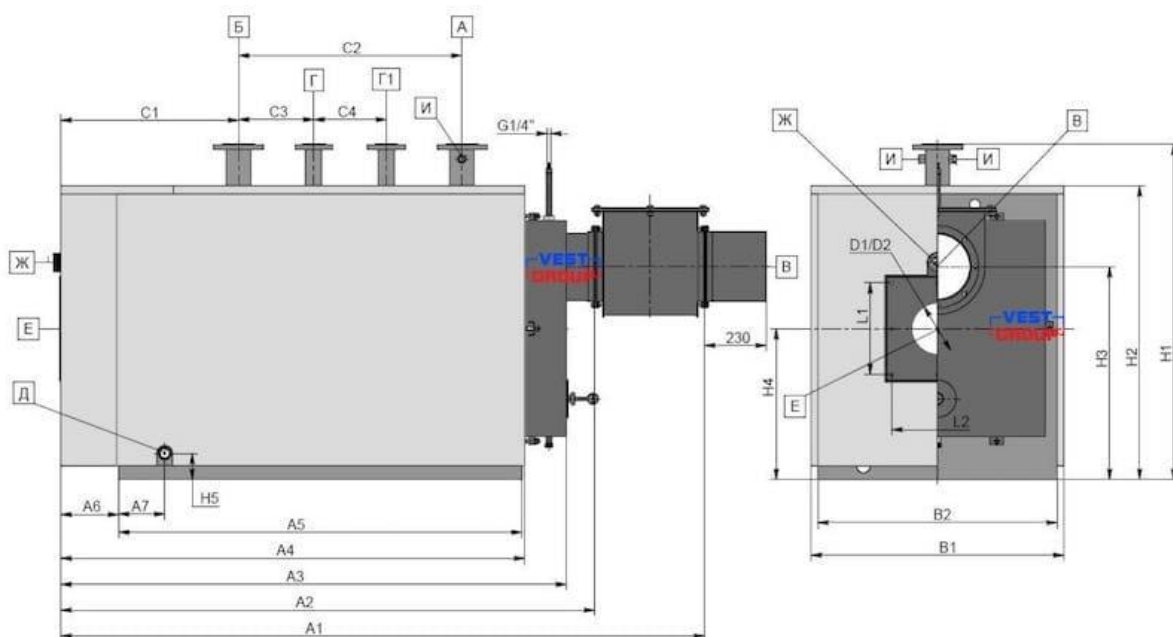
Область застосування: стаціонарні (вбудовані, прибудовані, дахові, окремо розташовані) і транспортабельні опалювальні котельні, які є джерелом тепла для закритих систем теплопостачання.

Технічні характеристики газового жаротрубного котла колві-250

Найменування параметра	Котел колві-250
Номинальна теплопродуктивність, ккал/год	250 000
кВт	291
Паливо	Природний газ/дизельне паливо/мазут
Максимальна температура опалювальної води, °С*	115
Мінімально можлива температура в зворотному трубопроводі, °С*	55
Температура димових газів, не менше, °С**	160
Максимальний робочий тиск води в котлі, бар	5
Мінімальний робочий тиск води в котлі (при максимальній температурі 115°С/95°С), бар	3/2
Поверхня нагріву, м ²	5,14
Витрата природного газу, м ³ н/год***	33,8
Витрата дизельного палива, кг/год****	25,9
Гідравлічний опір котла при Т=15°С,кПа	2,2
Аеродинамічний опір котла, мм вод. ст	32
Маса котла, кг	710
Водяний об'єм котла, л	240

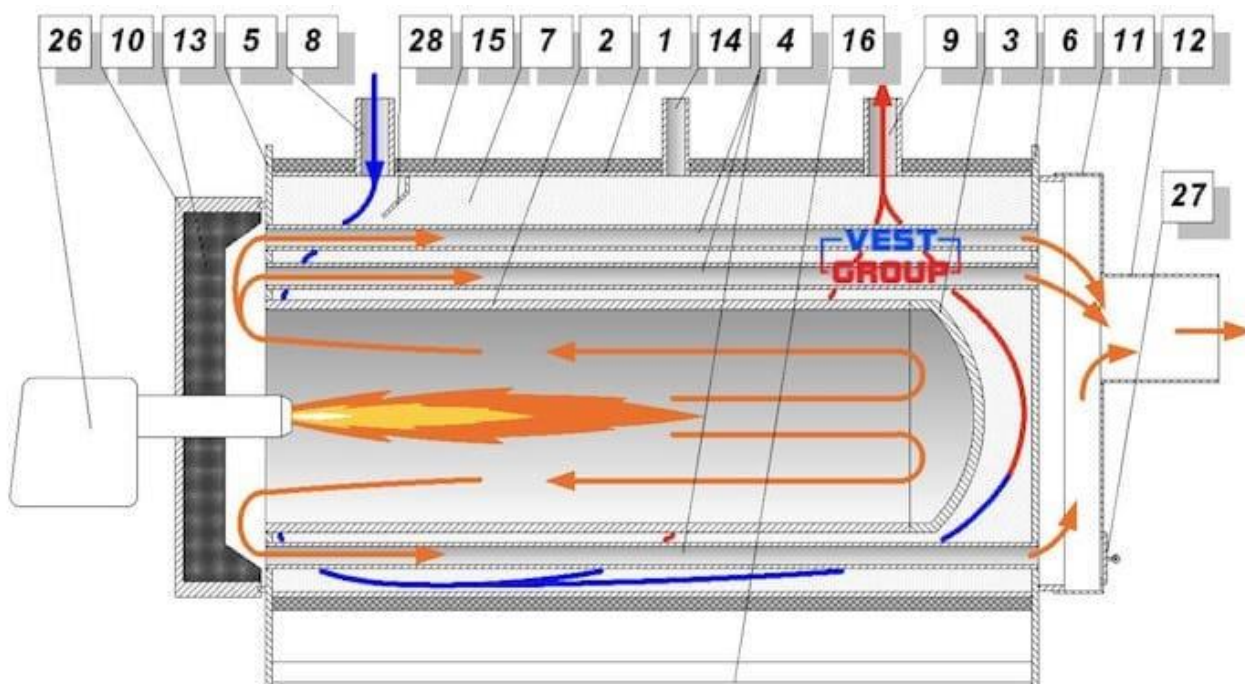
- *- котли КОЛВІ поставляються налаштованими на роботу з максимальною можливою температурою опалювальної води 95°С (за замовленням 115°С)
- ** - значення температури димових газів при номінальній теплопродуктивності становить 180°С.
- *** - за нижчої теплотворної здатності природного газу $Q_{н^p}=8050$ ккал/м³н;
- **** - за нижчої теплотворної здатності дизельного палива $Q_{н^p}=10500$ ккал/м³н

Габаритні розміри газового котла КОЛВІ-250



Розміри в мм						
A1	A2	B1	C1	C2	H1	H2
2160	1745	940	570	680	1245	1090

Конструкція газового жаротрубного котла Колві 250

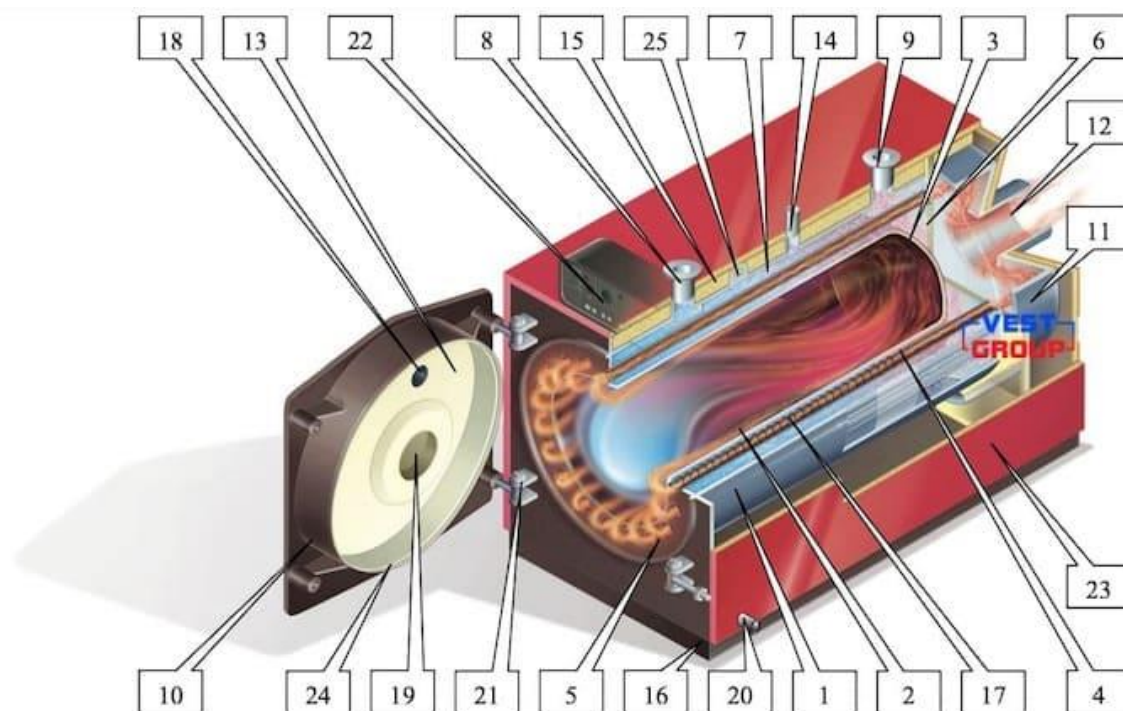


Конструктивно котел являє собою горизонтально розташовану збірно-зварену циліндричну конструкцію, що складається із зовнішньої обичайки - корпусу котла (поз.1), внутрішньої обичайки з днищем - топки котла (поз.2 і поз.3) і димогарних труб (поз.4), зварених з передньої і задньої трубними решітками (поз.5 і поз.6). Конструкція розташована на опорній рамі (поз.16). Внутрішня порожнина, утворена корпусом і топкою котла є водяним трактом котла (поз.7). В порожнині водяного тракту розташований пучок димогарних труб. Підведення і відведення теплоносія – води здійснюється через патрубки «зворотної води Т2» (поз.8) і «прямий води Т1» (поз.9), розташованих на верхній утворює корпусу котла. На верхньої твірної корпусу котла розташований також патрубок для монтажу запобіжного клапана. Напрямна, розташована в порожнині водяного тракту (поз.28) забезпечує потік теплоносія до теплонапруженості передньої трубної решітці. У нижній частині корпусу розташований патрубок для дренажу.

1-корпус котла, 2-топка котла (жарова труба), 3 - днище топки, 4 - димогарні труби, 5 - передня трубна решітка, 6 - задня трубна решітка, 7 - водяний тракт котла, 8 - патрубок підведення теплоносія (Т2), 9 - патрубок відводу теплоносія (Т1), 10 - дверцята топки, 11 - збірний короб димових газів, 12 - патрубок димових газів, 13 - жаростійкий бетон, 14 - патрубок для монтажу запобіжного клапана, 15 - теплоізоляція, 16 - опорна рама, 26 - пальник котла, 27 - шлюз для видалення забруднень, 28 - напрямна для «зворотної води».

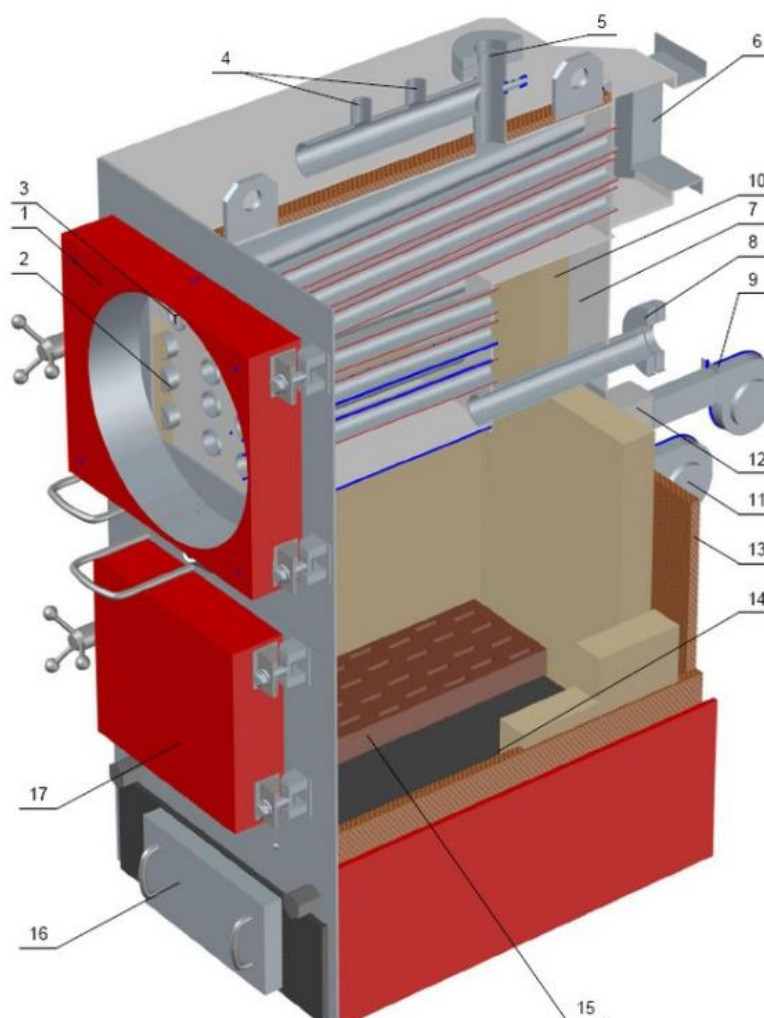
Порожнину внутрішньої обичайки з днищем утворює топкову камеру тушикового типу. Димові гази від днища повертаються до дверцят і, повертаючи, проходять всередині димогарних труб (поз.4), в яких встановлені турбулізатори (поз.17), надходять у короб димових газів (поз.11), від куди через патрубок виводяться в атмосферу через димову трубу. З передньої сторони корпусу котла на спеціальних петлях (поз.21) навішується дверцята топки (поз.10). Петлі забезпечують відкриття дверцят, як на ліву, так і праву сторону, а також можливість надійної затягування ущільнення. З боку топки дверцята захищена ізоляційної плитою з жароміцного бетону (поз.13), виконуючу роль

поворотної камери для димових газів при переході їх з топки котла в димогарні труби. По периметру дверцята розташована канавка для ущільнювального шнура (поз.24). Дверцята обладнана оглядовим вікном (поз.18) і амбразурою для установки пальника (поз.19). Короб димових газів кріпиться до задньої трубної решітці корпусу на шпильках і має по периметру ущільнення, аналогічне ущільнення дверцят топки. В нижній частині короба розташований шлюз для видалення забруднень (поз.27) при чищенні газоходів. Топка котла, дверцята топки, навешенная на петлі передньої трубної решітки, димогарні труби і збірний короб димових газів, закріплений на задній трубній решітці, утворюють газовий тракт котла.



1 - корпус котла, 2 - топка котла (жарова труба), 3 - днище топки, 4 - димогарні труби, 5 - передня трубна решітка, 6 - задня трубна решітка, 7 - водяний тракт котла, 8 - патрубок підведення теплоносія (Т2), 9 - патрубок відводу теплоносія (Т1), 10 - дверцята топки, 11 - збірний короб димових газів, 12 - патрубок димових газів, 13 - жаростійкий бетон, 14 - патрубок для монтажу запобіжного клапана, 15 - теплоізоляція, 16 - опорна рама котла, 17 - турбулізатор, 18 - оглядове вікно, 19 - амбразура для установки пальника, 20 - патрубок для дренажу, 21 - петлі для навісу дверцят, 22 - пульт керування, 23 -

Колві- 250А Твердопаливний



- | | |
|---|---|
| 1 Двері теплообмінника; | 9 Вентилятор вторинного повітря; |
| 2 Жаротрубний теплообмінник; | 10 Шамотні цеглини; |
| 3 Турбулізатор; | 11 Вентилятор первинного повітря; |
| 4 Патрубки для підключення запобіжних клапанів; | 12 Регулятор подачі повітря; |
| 5 Патрубок виходу теплоносія; | 13 Термоізоляція; |
| 6 Димохід; | 14 Камера підігріву первинного повітря; |
| 7 Камера підігріву вторинного повітря; | 15 Колосники; |
| 8 Патрубок входу теплоносія; | 16 Дверцята зольника; |
| | 17 Двері топки. |

2.5. Визначення річних витрат палива.

Річні витрати теплоти на опалення (МДж):

$$Q_{op} = 3.6\Phi_0 \frac{(t_b - t_{cp})n_0z_o}{(t_b - t_{zn}) \cdot 1000} \quad (2.12)$$

$$Q_{op} = 1517 \text{ МДж}$$

де: Φ_0 – теплова потужність системи опалення;

t_b – середня розрахункова температура внутрішнього повітря по всім споживачам

t_{zn} – розрахункова температура зовнішнього повітря;

t_{cp} – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний сезон;

n_0 – тривалість опалювального сезону;

z_o – середня тривалість роботи системи опалення за добу.

$$n_0 = 31; \quad z_o = 24; \quad t_b = 18^{\circ}\text{C}; \quad t_{zn} = -10^{\circ}\text{C}; \quad t_{cp} = -6^{\circ}\text{C}.$$

Річні витрати теплоти на вентиляцію (МДж).

$$Q_{op} = 3.6\Phi_v \frac{(t_b - t_{cp})n_0z_v}{(t_b - t_{zn}) \cdot 1000}, \quad Q_{ep} = 159 \text{ МДж}.$$

де: Φ_v – теплова потужність вентиляції;

t_b – середня розрахункова температура внутрішнього повітря по всім споживачам;

t_{zn} – розрахункова температура вентиляції зовнішнього повітря;

t_{cp} – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період;

n_0 – тривалість опалювального періоду;

z_v – середня тривалість роботи системи вентиляції на добу.

Річні витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{ep} = 3,6 \cdot 24 \cdot \Phi_{гв} \cdot (n_0 \cdot \varepsilon \cdot (350 - n_0)) \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

$$Q_{ep} = 3,122 \cdot 10^4 \text{ МДж},$$

де: ε - коефіцієнт, що враховує зниження витрат теплоти на гаряче водопостачання в літній період по відношенню до зимового, $\varepsilon=0,65$.

Річна витрата теплоти по всім споживачам.

$$Q_{cn} = Q_{ep} + Q_{op} + Q_{zvp}, \quad Q_{cn} = 32900 \text{ МДж.}$$

Річні витрати палива :

$$B_{piv} = \frac{Q_{cn}}{q \cdot \eta} \quad (2.14)$$

де q - нижча теплота згоряння палива МДж/кг (МДж/м³);

η - К.К.Д. котла.

2.6. Регулювання теплових навантажень.

Центральне регулювання використовують в джерелі теплопостачання, місцеве – в абонентних вводах (теплових пунктах), індивідуальне – безпосередньо біля теплоспоживаючого обладнання (наприклад, змінюючи витрати теплоносія через калорифер чи опалювальний прилад).

В системах теплопостачання сільськогосподарських об'єктів основним є теплове постачання систем опалення. У зв'язку з цим передбачають центральне регулювання за опалювальним навантаженням на основі температурних графіків, за допомогою яких визначають залежність температури води в трубопроводах теплових мереж від температури зовнішнього повітря (чи від теплового навантаження).

При побудові графіків приймають:

початок та закінчення опалювального періоду при температурі зовнішнього повітря $t_{н.г}=8^{\circ}\text{C}$ для житлових, громадських та виробничих будівель, опалювальне навантаження яких прямо пропорційне різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря;

розрахункову температуру внутрішнього повітря в житлових приміщеннях $t_b=18^{\circ}\text{C}$, у виробничих будівлях $t_b=16^{\circ}\text{C}$;

розрахункову температуру води у зворотньому трубопроводі $\tau'_{2,0}=70^{\circ}\text{C}$;

розрахункову температуру води у подаючому трубопроводі $\tau'_{1,0}=150^{\circ}\text{C}$ (допускається також 95, 110, 120, 130, 140°C).

Розрахункові температури води відповідають розрахунковій (максимальній) тепловій потужності систем опалення.

Для будівель із значним тепловиділеннями чи витратами теплоти в середині приміщення потрібно визначити з рівняння:

$$\tau'_{1,0} = t_e + \Delta t'_0 \bar{Q}_0^{0.8} + (\delta\tau'_0 - 0.5\Theta') \bar{Q}_0 \quad (2.15)$$

$$\tau'_{2,0} = t_e + \Delta t'_0 \bar{Q}_0^{0.8} - 0.5\Theta' \bar{Q}_0 \quad (2.16)$$

де $\Delta t'_0$ - розрахунковий температурний напір в опалювальних приладах, $^{\circ}\text{C}$;

$\delta\tau'_0$ - розрахункова різниця температур мережної води в трубопроводах на тепловому пункті, $^{\circ}\text{C}$;

Θ' - розрахункова різниця температур води в опалювальній системі, $^{\circ}\text{C}$;

\bar{Q}_0 - відносне опалювальне навантаження (по відношенню до розрахункової при температурі зовнішнього повітря $t_{н.о.}$).

Значення температури напору та різниць температур обчислюють з врахуванням розрахункових температур води в трубопроводах:

$$\Delta t'_0 = 0.5(\tau'_{3,0} + \tau'_{2,0}) - t_e; \quad (2.17)$$

$$\delta\tau'_0 = \tau'_{1,0} - \tau'_{2,0}; \quad (2.18)$$

$$\Theta' = \tau'_{3,0} - \tau'_{2,0}; \quad (2.19)$$

де $\tau'_{3,0}$ - розрахункова температура води в подаючому трубопроводі опалювальної системи (без змішувального пристрою), $^{\circ}\text{C}$.

$$t_b=18^{\circ}\text{C}; \quad \tau_1=150^{\circ}\text{C}; \quad \tau_2=70^{\circ}\text{C}; \quad \tau_3=150^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_0 = 0.5(\tau_3 + \tau_2) - t_e \quad \Delta t_0 = 92^{\circ}\text{C};$$

$$\delta\tau_0 = \tau_1 - \tau_2 \quad \delta\tau_0 = 80^{\circ}\text{C};$$

$$\Theta = \tau_3 - \tau_2 \quad \Theta = 80^{\circ}\text{C}.$$

Відносне опалювальне навантаження для будівель, в яких споживна потужність прямо пропорційна різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря:

$$\bar{Q}_0 = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{n.o}} \quad (2.20)$$

де t_n – поточна температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

$$t_n = -14^{\circ}\text{C}; \quad t_{n.o} = -18^{\circ}\text{C}$$

$$Q_0 = \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{n.o}}, \quad Q_0 = 0.889 \text{ кВт}$$

$$\tau_1 = t_g + \Delta t_0 Q_0^{0.8} + (\delta\tau_0 - 0.5\Theta) Q_0 \quad \tau_1 = 137,283^{\circ}\text{C};$$

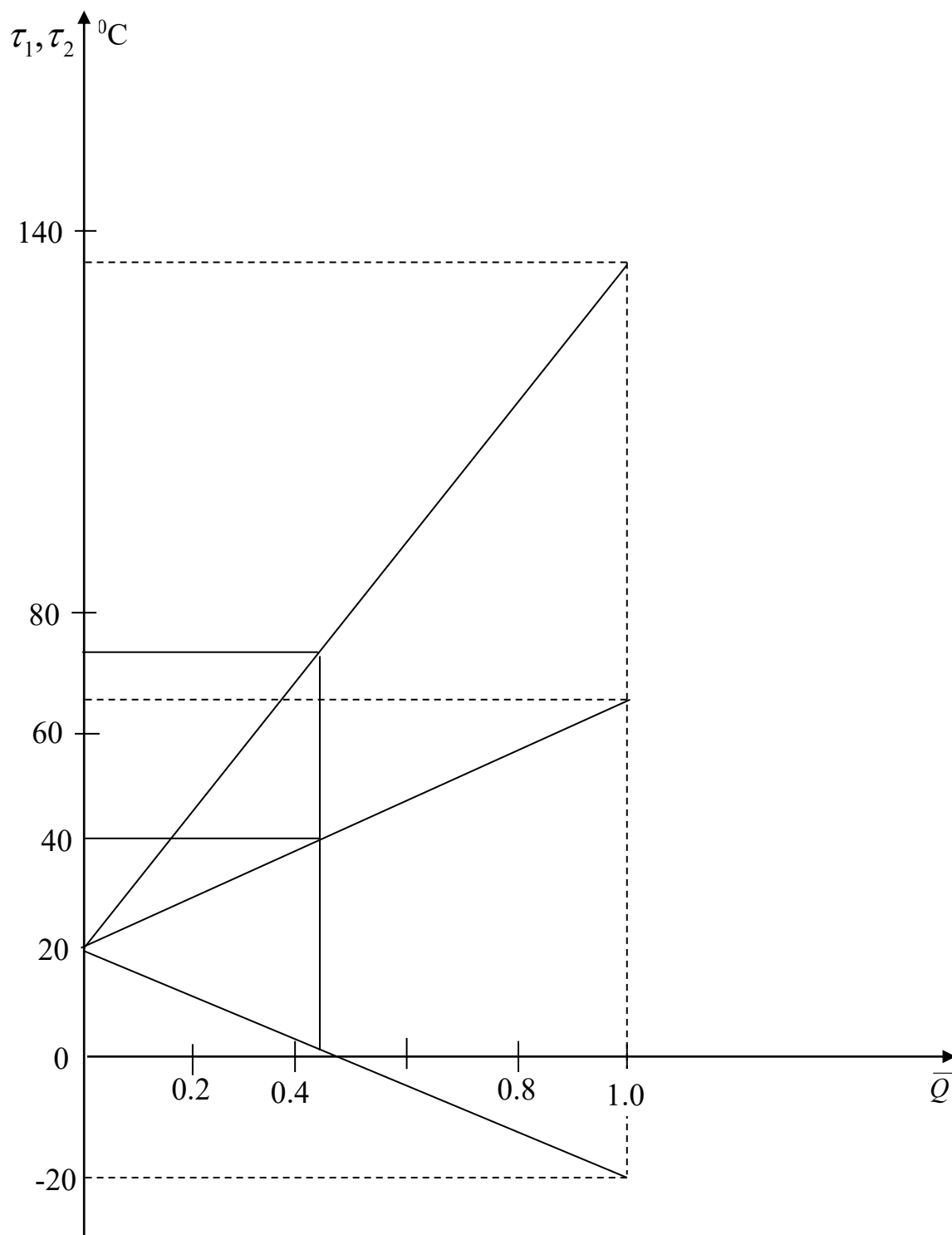
$$\tau_2 = t_g + \Delta t_0 Q_0^{0.8} - 0.5\Theta Q_0 \quad \tau_2 = 66,171^{\circ}\text{C}.$$

При наявності системи гарячого водопостачання температуру води в подаючому трубопроводі відкритих систем тепlopостачання приймають не менше 60°C , закритих – не менше 70°C . Мінімальна допустима температура мережної води має бути не менше значення температури води в системі гарячого водопостачання, що вимагається.

В зв'язку з цим проводять вирівнювання (“зрізка”) температурного графіка (1). Нижня його частина має вигляд горизонтальної лінії, проведеної при вищевказаній температурі. Температуру зовнішнього повітря, що відповідає точці “зламу” графіка, позначають як $t_{н.н.}$. При температурах зовнішнього повітря вище $t_{н.н.}$ підтримується сталою температура не тільки в подаючому, а й в зворотньому трубопроводах мережі.

Температурний графік (1), що має “зрізку” в нижній частині, називають опалювально побутовим.

Температурний графік №1



Регулювання теплового навантаження в системі гарячого водопостачання розраховують за середньою (середньогодинною) тепловою потужністю гарячого водопостачання при наявності баків-акумуляторів або за розрахунковою (максимальною) при їх відсутності.

В закритих системах тепlopостачання сільськогосподарських об'єктів звичайно використовують паралельну схему включення водопідігрівачів систем гарячого водопостачання відносно систем опалення.

У відкритих системах тепlopостачання передбачають розбір води: з подаючого трубопроводу при температурі мережної води 60°C ; з подаючого та зворотнього трубопроводів через змішувач при температурі мережної води вище 60°C ; тільки із зворотнього трубопроводу при температурі зворотньої води не менше 60°C .

При центральному регулюванні за опалювальним навантаженням витрати мережної води на опалення залишається постійним, а витрата на гаряче водопостачання змінюється на протязі доби: він нстановлюється місцевими регуляторами витрат на теплових пунктах.

Середня температура води в зворотньому трубопроводі теплових мереж:

$$\tau_{z.cp} = \frac{M_0 \tau_{z.o} + M_в \tau_{z.в} + M_{z.в} \tau_{z.zв}}{M_0 + M_в + M_{z.в}}, \quad (2.21)$$

де M_0 , $M_в$, $M_{г.в}$ – витрати мережної води системами опалення, вентиляції та гарячого водопостачання, кг/с;

$\tau_{z.zв}$ - температура зворотньої води після водопідігрівачів, $^{\circ}\text{C}$.

$$\tau_0 = 70^{\circ}\text{C}; \quad \tau_в = 70^{\circ}\text{C}; \quad \tau_{z.в} = 65^{\circ}\text{C}.$$

$$\tau_{z.cp} = \frac{(M_0 \tau_{z.o} + M_в \tau_в + M_{z.в} \tau_{z.в})}{M_0 + M_в + M_{z.в}},$$

$$\tau_{z.cp} = 66,497^{\circ}\text{C}.$$

2.7. Гідравлічний розрахунок теплових мереж.

Основні завдання гідравлічного розрахунку при проектуванні теплових мереж – визначення діаметрів трубопроводів, втрат тиску (напору) по всій мережі та на окремих її ділянках, а також тисків (напорів) у різних точках теплових мереж.

Результати гідравлічного розрахунку використовують для вибору насосів, обладнання теплових пунктів та для побудови п'єзометричних графіків.

$$\Delta h = 4,19$$

$$Q_m = 3.6 \frac{\Phi_{роз}}{\Delta h(\tau_1 - \tau_2)} \quad (2.22)$$

$$Q_m = 28.776$$

де Q_m – витрати теплоносія

Δh – відповідні значення тепловикористання теплоносія.

Приймаємо питому втрату тиску $\Delta p = 70$ Па/м, а по додатку 2 середню густину теплоносія $\rho = 970$ кг/м³. Тоді за формулою:

$$d = 0.263 \cdot \frac{Q_m^{0.38}}{(\rho \cdot \Delta p)^{0.19}} \quad (2.23)$$

$$d = 0.125 \text{ м}$$

$$\lambda = \frac{0.014}{d^{0.25}} \quad (1.28) \quad \lambda = 0,024$$

У відповідності з ДСТУ 8943:2019 приймаємо труби з внутрішнім діаметром 125 мм, для яких коефіцієнт тертя становитиме 0,024.

Швидкість руху теплоносія, м/с, визначаємо:

$$W = 0.354 \frac{Q_m}{\rho \cdot d^2} \quad (2.24)$$

$$W = 0.672 \text{ м/с};$$

По довжині трубопровода використовуємо 4 П-подібних компенсатори, 4 засувки та 4 гнучких відводи радіусом $R = 2d$. Сума коефіцієнтів місцевого опору (для однієї труби) становить:

$$\xi_1 = 0,17; \quad \xi_2 = 0,45; \quad \xi_3 = 0,25.$$

$$\Sigma \xi = 4 \cdot \xi_1 + 4 \cdot \xi_2 + 4 \cdot \xi_3 \quad (2.25)$$

$$l_e = \Sigma \xi \frac{d}{\lambda} \quad (2.26)$$

$$l_e = 18.475, \quad l = 520 + 260$$

$$\Delta p_c = (l + l_e) \Delta p \cdot 10^{-3} \quad (1.32)$$

$$\Delta p_c = 55.893 \text{ Па/м}$$

Отже, загальні витрати тиску в подаючому та зворотньому трубопроводі становлять 65,7 кПа.

2.8. Тепловий розрахунок мереж.

Завдання теплового розрахунку мереж: розрахунок тепловтрат; вибір конструкції теплоізоляційного покриття; визначення падіння температури теплоносія.

В якості теплоізоляційного матеріалу широко розповсюджена мінеральна вата, з якої виготовляють мати, плити, циліндри та напівциліндри.

Вулканітові та совелітові вироби використовують при тепловій ізоляції трубопроводів повітряної прокладки у вигляді плит та напівциліндрів.

Теплопровідність, Вт/(м·К), різних видів теплової ізоляції, а також кріпильних виробів та швів теплоізоляційного покриття.

$$\lambda = \lambda_0 + b t_{cp}, \quad (2.27)$$

де λ_0 - теплопровідність при $t_{cp} = 0^\circ\text{C}$, Вт/(м·К);

b – температурний коефіцієнт, Вт/(м·К⁰С);

t_{cp} – середня температура теплоізоляційного шару, ⁰С.

$$\lambda_0 = 0,12 \text{ Вт/(м·К)}; \quad b_0 = 0,0002 \text{ Вт/(м·К}^0\text{С)}; \quad t_{cp} = 75^\circ\text{C}.$$

$$\lambda = \lambda_0 + b_0 t_{cp}, \quad \lambda = 0,135 \text{ Вт/(м·К)}$$

Допускається рахувати середню температуру теплоізоляційного шару на 10% більше середньоарифметичного значення температур теплоносія та

навколишнього середовища. Після завершення розрахунку теплоізоляційної конструкції необхідно визначити температуру зовнішньої її поверхні та уточнити значення теплопровідності.

При тепловому розрахунку слід приймати за розрахункову температуру теплоносія:

для водяних теплових мереж – середню за рік температуру гарячої води;

для парових теплових мереж – максимальну температуру водяного пару;

для конденсатопроводів та мереж гарячого водопостачання – максимальну температуру конденсату чи води.

У якості розрахункової температури навколишнього середовища при наземному прокладанні потрібно приймати середньорічну температуру зовнішнього повітря, а при підземній – середню за рік температуру ґрунту на глибині закладання теплових мереж. Середньорічна температура ґрунту $6...10^{\circ}\text{C}$.

Термічний опір при однотрубному безканалному прокладанні:

$$R = R_{iz} + R_{\Gamma},$$

де R_{iz} – термічний опір теплоізоляційного покриття, $\text{м}^{\circ}\text{К}/\text{Вт}$.

R_{Γ} – термічний опір ґрунту, $\text{м}^{\circ}\text{К}/\text{Вт}$.

Термічний опір теплоізоляційного покриття:

$$R_{iz} = \frac{1}{2\pi\lambda_{iz}} \ln \frac{d_3}{d_6} \quad (2.28)$$

де λ_{iz} - теплопровідність теплоізоляційного виробу, $\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{К})$;

$$d_3 = 0,475 \text{ м}; \quad d_6 = 0,125 \text{ м}$$

Товщину шару ізоляції приймаємо рівною 175 мм.

$$R_{iz} = \frac{1}{2\pi\lambda_{iz}} \ln \frac{d_3}{d_6}, \quad R_{iz} = 1,574 \text{ м}^{\circ}\text{К}/\text{Вт}.$$

Термічний опір ґрунту:

$$\lambda_2 = 2,3 \text{ – для вологого ґрунту}$$

$$h_0 = 0,96$$

$$R_2 = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln\left(2\frac{h_0}{d_3} + \sqrt{4\cdot\left(\frac{h_0}{d_3}\right)^2 - 1}\right) \quad (2.29)$$

$$R_r = 0,144 \text{ м·К/Вт}$$

$$R = R_{i3} + R_r, \quad R = 1,717$$

Так як теплопровід двотрубний, потрібно визначити додатковий опір за формулою:

$b = 0,25$ м – відстань між осями труб.

$$R_{\text{дод}} = \frac{1}{2\pi\lambda_2} \ln\sqrt{4\cdot\left(\frac{h_0}{d_3}\right)^2 - 1} \quad (2.30)$$

$$R_{\text{дод}} = 0,142$$

Визначимо питомі втрати тепла подаючим трубопроводом

$$t_1 = 137^\circ\text{C}; \quad t_2 = 66^\circ\text{C}; \quad t_{\text{гр}} = 8^\circ\text{C}.$$

$$q = \frac{(t_1 - t_{\text{сп}})R - (t_2 - t_{\text{сп}})R_{\text{дод}}}{R^2 - R_{\text{дод}}^2} \quad (2.31)$$

$$q = 72,873 \text{ Вт}/(\text{м}^3\cdot\text{К})$$

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ ГЕЛІОВОДОНАГРІВНОЇ УСТАНОВКИ

3.1 Використання сонячної енергії в аграрному виробництві.

Річне надходження сумарної сонячної радіації коливається в межах 1050...1400 кВт·год/м². При цьому частка розсіяної радіації становить 44..50 %. Частка прямої радіації в період з листопада по лютий становить 20..44%, з березня по жовтень - 40 - 60%, а на південному березі Криму влітку сягає 65..70%. Протягом року максимум розсіяної і прямої радіації припадає на липень, а в поясі Донецьк - Київ - Ковель - на серпень. При цьому сумарна радіація для цих регіонів коливається в межах 105...210 кВт·год / м², а на півдні України сягає 315 кВт·год / м².

Оцінюючи можливості використання сонячної енергії як доповнення до традиційних джерел енергії всю територію України умовно можна поділити на чотири зони. В першій зоні річна сума сонячної радіації на горизонтальній поверхні становить 1000.. 1100 кВт·год / м²; в другій -1100... 12000 кВт·год / м²; в третій - 1200...1300 кВт·год /м²; в четвертій -1300...1400 кВт·год / м². В період з 1 квітня по 30 вересня сума сонячної радіації в цих зонах, відповідно, рівна 800...850; 850...900; 900...1000; >10.00 кВт·год / м .

Розташування зазначених зон відображає карта - схема України на рис.3.1.

Системи, що використовують сонячну енергію, поділяють на пасивні і активні.

Принцип пасивного застосування енергії Сонця полягає у безпосередньому нагріванні огорожувальних конструкцій споруд сонячними променями з наступною передачею теплоти у приміщення, що обігрівається. Поблизу зовнішньої поверхні огороження, пофарбованої у чорний колір з боку випромінення Сонця, екрани з одного чи більше засклених шарів. Через шар між склом і поверхнею стіни проходить повітря, що нагрівається і

потім надходить у приміщення. Огородження, орієнтовані на південь, рекомендується виготовляти з матеріалів, що мають високий коефіцієнт теплозасвоєння. Серед асивних систем використання сонячної енергії найбільшого поширення набула система Тромба-Мішеля.

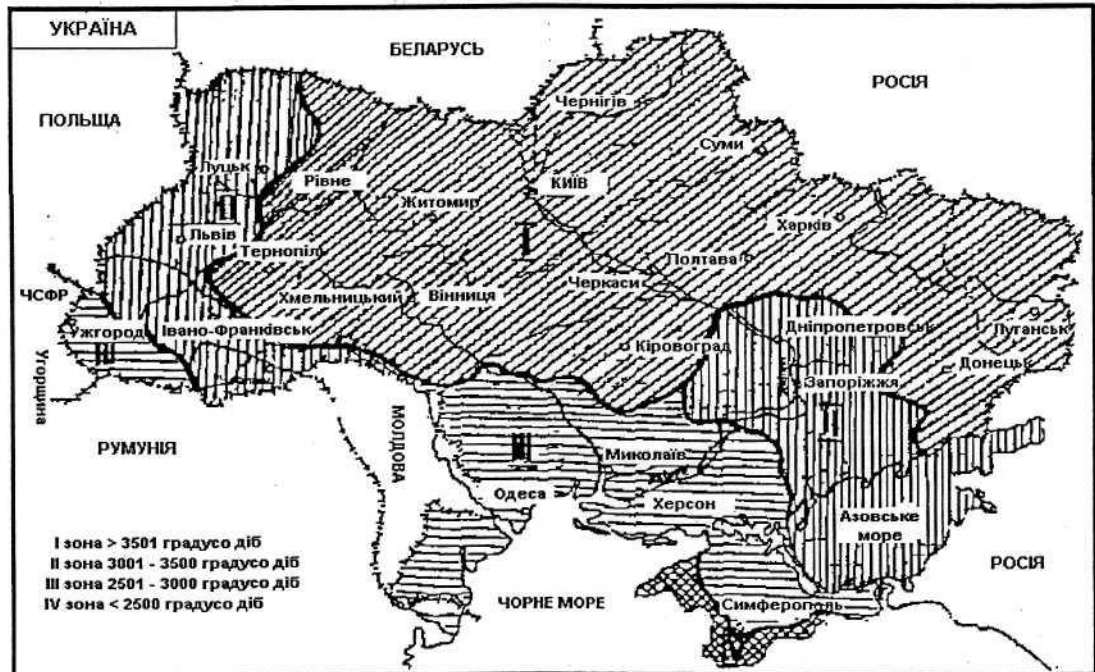


Рис.3.1. Карта-схема температурних зон України за надходженням, сонячної радіації

Активні системи сонячного теплопостачання (ССТ) ефективніші. Найбільш простий і поширений приймач сонячної енергії в активних системах - плоский геліоколектор, в якому як теплоносії використовується вода або повітря.

В сільському господарстві існують великі можливості для застосування сонячних установок в рослинництві, тваринництві і садівництві. Мова йде перш за все про геліотеплиці, сушильні установки, гаряче водопостачання і опалення ферми ВРХ, свиней, птиці та підігрів води для басейнів для утримання риби, для холодильної установки.

Наприклад, в сільському господарстві Голландії - країни з найбільш сучасним сільським господарством, споживається 1/3 всієї теплової енергії, що

використовується в аграрному секторі економіки країни ЄЕС, причому 60% приходить на енергоспоживання в садівництві та теплицях. Гаряче водопостачання ферм з температурою 10...80°C становить близько 20% теплоспоживання в аграрному секторі опалення свинарників, пташників, молочних ферм необхідне повітря або вода з температурою 10...80 С. Нижче розглядається деякі типи геліоустановок для сільського господарства.

Призначення геліоустановок - сприймання сонячної енергії, перетворення її в теплову, зберігання отриманої теплоти певний час і транспортування її до споживача. Вони складаються із колектора, теплообмінника, теплоакумулятора, насосів і трубопроводів. Сонячна енергія перетворюється в теплову в колекторі. Розрізняють плоскі колектори з вигнутою поверхнею і об'ємні.

Плоскі колектори можуть працювати в сонячну погоду. Накопичену теплоту виводить із колектора повітряний або рідинний теплоносій. В сільській місцевості теплозахисний екран, як правило, виконують із двох і більше шарів світлопрозорої плівки, листів пластика або скла. Відстань між шарами приймають рівним 10... 15 см. Теплоприймач рекомендується виготовляти із матеріалу з високою теплопровідністю: листів міді або алюмінію, пофарбованих в темний колір. Плоскі колектори можуть бути індустріального виготовлення усіх типів конструкційних колекторів.

Колектори з вигнутою поверхнею концентратора сонячної енергії, дозволяють отримати дуже високу температуру (до 500°C і вище). В основному вони працюють в сонячні дні, так як приймають лише пряме сонячне випромінювання.

Об'ємним сонячним колектором може бути приміщення закритого типу, а також горище. їх можна використовувати для систем сонячного теплопостачання.

Система сонячного теплопостачання включає сонячні колектори (геліоприймачі), акумулятори теплової енергії, трубопроводи і насоси і резервне джерело теплової енергії.

Плоскі колектори можуть бути настінними і даховими. Їх площу рекомендується передбачати рівною половині площі підлоги обігрівуючого.

приміщення. Це вимагає встановлювати в житловому приміщенні даховий і настінний колектори одночасно. В сільськогосподарських приміщеннях достатньо одного із них - настінного чи дахового. Конструкція настінного колектора-акумулятора може бути багат шаровою. Зовні до каркасу із дерев'яних брусків прикріплюють листи хвилястого склопластику, який має високу світлопрохідність. Середині викладають стіну із порожніх бетонних блоків, товщиною 20 см. Між блоками залишають ширину 10 см для надходження повітря. Зі сторони приміщення прокладають теплоізоляційний шар і роблять внутрішню обшивку. Літом повіт

повітря поступає в приміщення через щілину, зимою - через настінний колектор-акумулятор.

Настінні колектори часто мають повітряний теплоносій, але існують колектори з водяним теплоносієм. Наприклад, на одній із ферм в штаті Канзас (США) в приміщенні свинарника розміром 17x 17 м, південна стіна загальною площею 100 м², виконана із сонячних панелей, покритих склопластиком. Під панелями на відстані 150 мм встановлені мідні труби, які проходять через бетонну підлогу свинарника.

Найбільший ефект від акумуляції теплоти отримують в підземних акумуляторах, де умови зберігання теплоти кращі, ніж в наземних акумуляторах. Якщо до складу геліоустановки входять повітряний теплоносій і підземний акумулятор з кам'яним заповнювачем, то акумулятор доцільно розміщувати в безпосередній близькості від сонячного колектора. Такий акумулятор працює, наприклад на фермі для індичок в штаті Міссурі (США, 38°С). Площа колектора 186 м².

Плоскі дахові колектори рахують більш дешевими, порівнюючи із настінними. При їх використанні виникає необхідність дублювати огорожу. Горище і всі огорожуючі конструкції приміщення добре теплоізольовують. Такий колектор змонтований на південному скаті даху свинарника,

побудованого в штаті Огайо (США, 41°п.ш.). Дахові сонячні колектори з водяним теплоносієм можуть мати конструкцію, аналогічну конструкції настінних колекторів або особливу, придатну тільки для дахів. Наприклад у ФРН споруджений економічний і простий у монтажі даховий колектор з ребристими пластиковими повітропроводами.

Плоскі дахові колектори можна змонтувати за різним призначенням, але найбільший ефект від їх застосування отримують в тваринницьких приміщеннях. При необхідності збільшити загальну площу сонячних колекторів, даховий колектор з'єднують із стінним.

Дахові колектори можна суміщати з підземним гравійним акумулятором або водяним резервуаром.

Окремостоячі (автономні) плоскі сонячні колектори мають деякі переваги у порівнянні із вмонтованими в приміщення: можуть обслуговувати декілька приміщень, кут їх нахилу і розмір вибирають в залежності від місцевих умов (не залежать від нахилу покрівлі); їх площу можна постійно збільшувати, добавляти окремі секції; місце розташування колектора і акумулятора теплової енергії легше з'єднати. Разом з тим, вони часто бувають дорожчими від вмонтованих.

Об'ємний колектор-акумулятор можна використовувати для обігріву двох приміщень при блокуванні споруд різного призначення. Прикладом служить геліопташник-парник. Такі пташники можуть знайти широке застосування на малих фермах у фермера або у сільськогосподарських цехах промислових підприємств. Зимой в парнику вирощують овочі та вітамінну траву. Він може служити солярієм для птиці.

Широке використання сонячної енергії на нагрівання води для технологічних потреб в тваринництві дозволяє скоротити потребу в електроенергії на ці цілі майже на 70%. Гаряча вода потрібна на фермі щодня, на протязі всього року. Тому коефіцієнт корисної дії системи сонячного гарячого водопостачання буде високим, а звідси і строк окупності значно меншим. До самих простих ССГВ відносять одноконтурну термосифонну.

Одноконтурною її називають тому, що носієм тепла служить вода, яка іде до споживача. Бак-акумулятор може бути піднятий на опорах для зручності роздачі води і додаткового сонячного обігріву.

Експериментальний завод КиївЗНІЕП випускає плоскі колектори з поглиначем із алюмінієвих плакованих сплавів. Колектор має алюмінієвий корпус і теплоізоляцію з пінополістиролу. Габаритні розміри 124x100 мм, площа заклої поверхні 0,7 м². Останнім часом все частіше застосовують плоскі колектори, корпус яких виготовляють з пластмасових матеріалів. У разі повітряного опалення будівель доцільно використовувати колектори з повітряним теплоносієм. Такі колектори застосовують для сушіння зерна, сіна тощо. Якщо система теплопостачання призначена не тільки для опалення, а й для гарячого водопостачання, то перевага віддається водяним теплоносіям.

Зводячи житлові будинки і виробничі споруди із сонячним теплопостачанням, можна встановлювати колектори на зовнішніх огороженнях будівлі, на прибудовах до будинку або споруджувати окремо від будівлі конструкції для колекторів. Для широт нашої країни поверхня теплоприймачів має дорівнювати 1,2 ...2,0 м для забезпечення гарячою водою одного мешканця, 4,5.. .9,0 м² - для опалення потужностей площею 15 м².

Максимальна видатність 1 м² колектора у літній сонячний день становить 70... 100 л води з температурою 55...70°C. При цьому річна економія умовного палива становить 0,13...0,15 т.

Оскільки надходження енергії Сонця не збігається з графіком теплоспоживання, то виникає потреба в акумуляторах теплоти. Як акумулятори теплоти застосовують тверді або рідкі теплоємні речовини (графіт, щебінь, воду) і речовини з фазовим переходом (парафін, глауберова сіль, гідрат або вторид літію, тощо). Можна акумулювати теплоту також безпосередньо в ґрунті. Рекомендований об'єм рідинних акумуляторів становить 70...90 м³/м² геліоприймача у системі гарячого водопостачання, а акумуляторів, що складаються з гравію - 50... 100 кг/м² каміння у системі повітряного опалення.

Для безперебійного теплопостачання споживачів крім сонячного підігрівника передбачають ще резервне джерело теплоти, що працює на органічному паливі або на електричній енергії. Схема сонячної системи може бути одно-, дво- або триконтурною. Принципову схему двоконтурної сонячної установки, що призначена для опалення приміщень, зображено на рис.4.2. Перший контур з'єднує сонячний колектор з акумулятором теплоти. Другий контур призначений для передавання теплоти в обігріване приміщення. Установа містить резервний підігрівник (опалювальний котел).

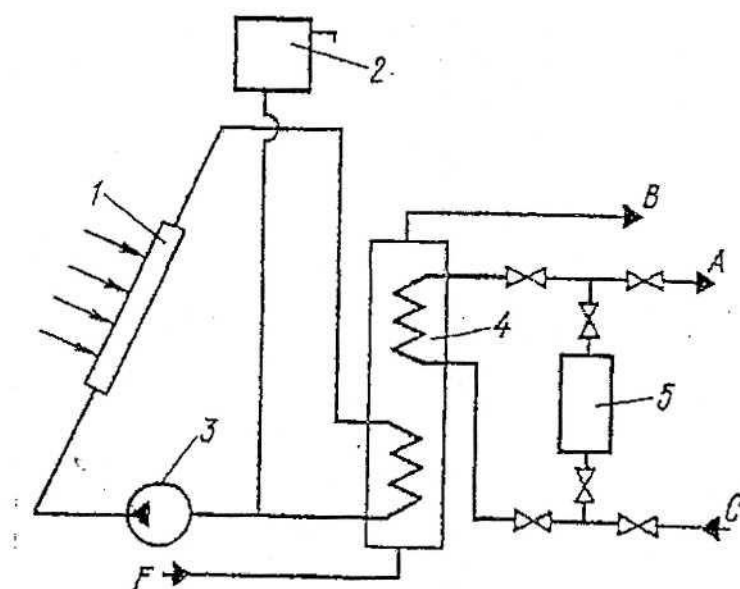


Рис. 3.2 Принципова схема двоконтурної сонячної установки для опалення приміщень: 1 - сонячний нагрівник; 2 - розширний бак; 3 - циркуляційний насос; 4 - бак-акумулятор гарячої води; 5 - опалювальний котел.

Схему сонячної системи теплопостачання реммайстерні у Золотоніському районі Черкаської області зображено на рис.4.3. У схемі передбачено резервний котел, а також автоматизацію роботи системи. Експлуатація установки засвідчила, що вона дає можливість заощадити 21т умовного палива на рік.

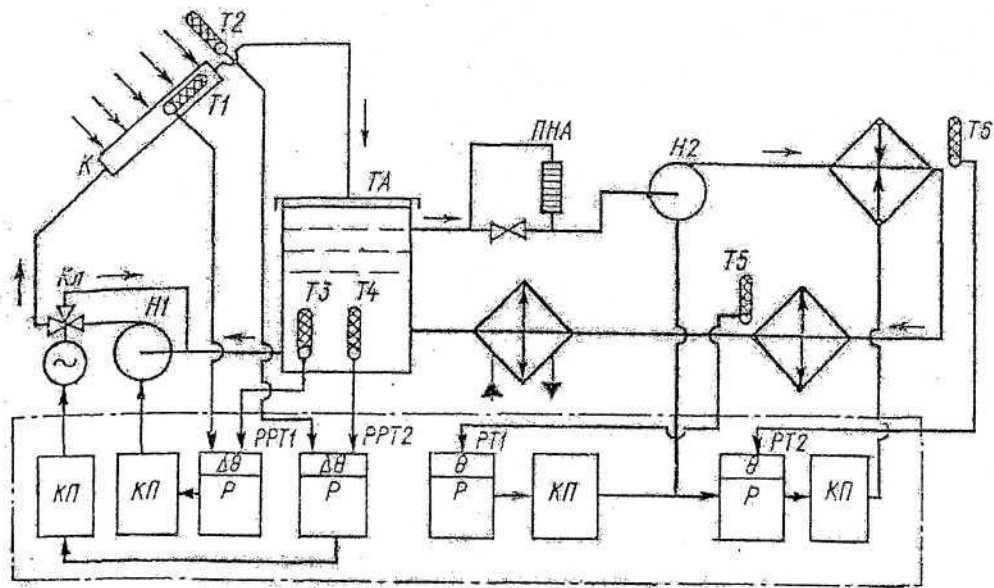


Рис. 3.3 Принципова схема сонячно-електричної системи тепlopостачання: ТА - теплоаккумулятор; Н1, Н2 - насоси; ПНА - протинакипний апарат; Кл - регулювальний клапан; Т1... Т6 - термоопори; РТ1, РТ2 - регулятори температури; КП - комутуючий пристрій; РРТ1, РРТ2 - регулятори різниці температур.

Енергію Сонця застосовують для кондиціонування повітря, а також для вироблення холоду. Для цього, як правило, використовують абсорбційні холодильні установки.

Перспективними є установки, що безпосередньо перетворюють сонячну енергію в електричну. Для цього призначені фотоелектричні перетворювачі (ФЕП), їх ще називають напівпровідниковими батареями (СБ). Більшість фотоелементів - це кремнієві фотодіоди. Метод фотоелектрики ґрунтується на властивості напівпровідникових матеріалів збільшувати свою провідність під впливом світлового випромінювання.

Батарея сонячних елементів є комбінацією послідовно і паралельно з'єднаних елементів. Послідовне з'єднання елементів дає можливість

підвищити вихідну напругу. Для підвищення струму елементи слід з'єднувати паралельно.

3.2 Визначення поглинаючої поверхні геліоколектора.

Для забезпечення стабільної роботи геліоводонагрівної установки необхідно до її складу включати дублююче джерело теплової енергії, наприклад, електричне. Розрахунок ведемо для місяця з найбільшою за період роботи сумою сонячної радіації.

Площа поглинаючої поверхні геліоколекторів визначаємо за формулою:

$$A = \frac{1.16 \cdot M \cdot (t_r - t_x)}{q_i} \quad (3.1)$$

де, M - ата гарячої води споживачем, л/добу;

t_r, t_x - відповідно температури гарячої та холодної води, °С;

η - ККД колектора;

$\sum q_i$ - рна інтенсивність сонячного випромінювання в площині колектора, Вт/м²

Інтенсивність падаючої сонячної радіації для кожного світлового дня визначаємо за формулою:

$$Q_i = P_s I_s + P_d I_d \quad (3.2)$$

де I_s - інтенсивність прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню, Вт/м²;

I_d - інтенсивність розсіяної сонячної радіації, Вт/м² ;

P_s, P_d - відповідно коефіцієнти, що враховують кут нахилу колектора плоского для прямої і розсіяної радіації.

Приймаємо $P_s=1,05$. Коефіцієнт положення геліоколектора розраховуємо за формулою:

$$P_d = \cos^2 \frac{b}{2} \quad (3.3)$$

де b - кут нахилу сонячного колектора до горизонту.

$$b = 47 - 15 = 22^\circ$$

$$P_o = \cos^2 \frac{32}{2} = 0.92$$

Використовуючи залежність I_d/I_3 , при $k_r=0,6$, знаходимо

$$I_d/I_3=0,24, I_d=0,24 I_3-$$

$$I_d=0,24 \cdot 579=138,96 \text{ Вт/м}^2.$$

$$q_i = 0,5579 + 0,92 \cdot 138,96 = 735,8 \text{ Вт/м}^2.$$

Коефіцієнт корисної дії колектора

$$\eta = 0.8 \left(\Theta - \frac{8 \cdot U (0.5(t_1 - t_2) - t_{cp})}{\sum q_i} \right) \quad (3.4)$$

де Θ - приведена оптична характеристика колектора. Приймаємо для односклових колекторів $\Theta=0,73$.

t_2, t_1 - відповідно температури теплоносія на вході та виході колектора, °С;

t_{cp} - середня денна температура зовнішнього повітря, °С;

U - приведений коефіцієнт тепловтрат сонячного колектора, Вт/м². Для односклених колекторів $U=8$ Вт/м².

Для двоконтурної установки приймаємо $t_1=t_x+5$; $t_2=t_r+5$;

де t_r , t_x - відповідно температури гарячої та холодної води, °C на вході та виході колектора.

$$t_2 = 66 + 5 = 71^{\circ}\text{C}; t_1 = 10 + 5^{\circ}\text{C}$$

$$\eta = 0.8 \left(0.73 - \frac{8 \cdot 8 (0.5(15 + 71) - 18)}{5968} \right) = 0.48$$

$$A = \frac{1.16 \cdot 3000 (66 - 10)}{5968} = 68 \text{ м}^2.$$

3.3. Вибір геліоколектора.

Вибираємо геліоустановку Vitosol 300 з контролером Solartrol M німецької фірми VIESSMANN.

Теплотехнічні характеристики плоских сонячних колекторів типу VITOSOL 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN): приведені в табл. 3.1, а конструктивні особливості - на рис. 3.4.

Головний компонент колектору VITOSOL 100 - мідний поглинач 4 з геліотитановим покриттям. Він забезпечує високий рівень поглинання сонячної енергії і незначний рівень випромінювання теплової енергії. На поглинач встановлена зігнута у вигляді меандру мідна трубка 3, через яку протікає теплоносій. Теплоносій через стінки трубки 3 відбирає теплову енергію від поглинача.

Поглинач з такою траєкторією руху теплоносія забезпечує для колекторних панелей досить рівномірний розподіл теплової енергії для кожного окремого колектору.

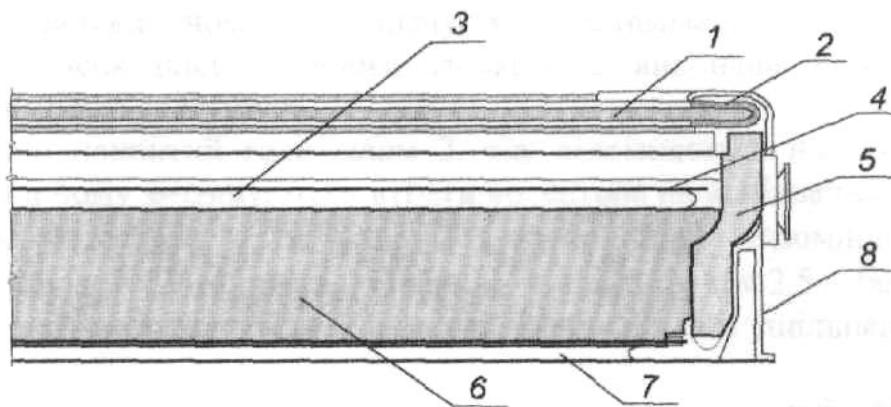


Рис. 3.4. Конструкція плоского сонячного колектору типу

VITOSOL 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN):

1 - профільне ущільнення; 2 - кришка з геліоскла (4 мм); 3 - меандроподібна мідна трубка; 4 - мідний поглинач;

5 - пінопласт; 6 - мінеральне волокно; 7 - рамні профілі з алюмінію; 8 - основа з алюмінієво-цинкового сплаву.

Площу теплообмінника визначаємо за формулою:

$$V=(0.06\dots0.08)A \quad (3.5)$$

$$V=0.07 \cdot 68=4.76 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні нагріву теплообмінного агрегату визначаємо за формулою:

$$A_{мл} = \frac{\Phi_{г.в.}}{k_{та} \Delta t_{мл}} \quad (3.6)$$

де $\Phi_{г.в.}$ - теплова потужність системи гарячого водопостачання та опалення, Вт;

$k_{та}$ - коефіцієнт теплопередачі трубчатого теплообмінного агрегату.

Приймаємо $k_{та}=1600 \text{ Вт}/(\text{м К})$;

$\Delta t_{та}$ - різниця температур.

Теплова потужність системи гарячого водопостачання:

$$\Phi_{z.g} = \frac{c_v \cdot M(t_r - t_x)}{24 \cdot 3600} \quad (3.7)$$

де c_v - питома теплоємність води, кДж/(кг град);

M - середньодобова витрата води ;

t_r, t_x - відповідно температури гарячої та холодної води, °С.

$$\Phi_{z.g} = \frac{4.2 \cdot 1.5 \cdot 200(66 - 10)}{24 \cdot 3600} = 8.16 \text{ кВт}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2} \quad (3.8)$$

де $\Delta t_{\max}, \Delta t_{\min}$ - відповідно максимальний та мінімальний перепади температур на кінцях теплообмінника, °С.

$$\Delta t = \frac{7 + 3}{2} = 5^\circ \text{C}$$

$$A_{TA} = \frac{8160}{1600 \cdot 5} = 1.02 \text{ м}^2$$

Кількість теплоти, виробленої геліоустановкою:

$$Q = A \cdot \eta_z \cdot \sum_{zy} q_{\text{пад}}$$

де z - кількість місяців роботи установки;

y - кількість днів у місяці;

η - річний (сезонний) ККД установки;

$q_{\text{пад}}$ - падаюча сонячна радіація, ГДж/м².

Значення η_r визначаємо за графіком в залежності від характеристик сонячних колекторів A_c , m^2 / (ГДж·добу) та V_c , m^2 / (ГДж·добу)

$$A_c = \frac{10^6 \cdot A}{c_e M \cdot n(t_z - t_x)} = \frac{10^6 \cdot 68}{4,19 \cdot 15 \cdot 200(61 - 12)} = 96,6 m^2;$$

$$V_c = \frac{10^6 \cdot V}{c_e M \cdot n(t_z - t_x)} = \frac{10^6 \cdot 4,76}{4,19 \cdot 15 \cdot 200(61 - 12)} = 6,76 m^2;$$

По графіку $\eta_c = f(A_c, V_c)$ визначимо $\eta_r = 0,37$. Величину сум падаючої сонячної радіації $\sum q_{nad}$, ГДж/ m^2 можна прийняти для заданого району розташування об'єкту $\sum q_{nad} = 5,2$ ГДж/ m^2 .

Кількість теплоти, виробленої геліосистемою за рік:

$$Q_r = \eta_r \sum q_{nad} \cdot A.$$

$$Q_r = 0,48 \cdot 6,2 \cdot 67,4 = 170 \text{ ГДж}$$

Кількість зекономленої енергії за рік визначаємо за формулою:

$$B = \frac{Q_r}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_e}$$

де η_e - ККД дублюючого електричного водонагрівача ($\eta_e = 0,96$).

Тоді річна економія електроенергії становитиме:

$$B = \frac{168,23 \cdot 10^9}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,96} = 48700 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

За даними останніх рішень НКРЕКП, максимальні граничні ціни на електроенергію для бізнесу в 2025 році встановлені на рівні:

На ринку “на добу наперед” – 6900 грн за МВт*год

На балансуєчому ринку – 8250 грн за МВт*год

У нічний час – 5600 грн за МВт*год

Якщо додати 20% ПДВ то тариф становитиме 9 грн за 1 кВт*год то економія 48700 кВт*год варта в грошовому вимірі 440 тис. грн

РОЗДІЛ 4

СПОСОБИ ТА ЗАСОБИ АКУМУЛЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ПОНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

4.1. Загальні відомості про теплові акумулятори.

Ефективним засобом енергозбереження є акумуляування енергії, особливо в умовах розвитку альтернативної енергетики на базі поновлюваних джерел енергії.

Одна з причин, що обмежує використання нетрадиційних джерел енергії, полягає в нестабільності їхньої роботи. Це особливо стосується енергії сонячного випромінювання та енергії вітру. Звідси і нестабільність енергетичних характеристик системи, що використовують поновлювані джерела енергії.

Тому надійні й ефективні системи акумуляування енергії не тільки забезпечать стабільне енергопостачання споживачів, а й підвищують коефіцієнт використання енергії завдяки накопиченню пікової і низькопотенційної енергії, що не може бути використана споживачем без відповідних її перетворень.

Призначення теплового акумулятора (ТА), а саме забезпечення процесів накопичення, збереження і віддачі теплової енергії відповідно до вимог споживача, визначає як його конструктивні особливості, так і фізичні процеси, що проходять у теплоакumuлюючому матеріалі.

Акумулятором тепла називається пристрій (або сукупність пристроїв), що забезпечує оборотні процеси накопичування, зберігання й виробітку теплової енергії відповідно до вимог споживача.

Процеси акумуляування тепла відбуваються шляхом зміни фізичних параметрів теплоакumuлюючого матеріалу та за рахунок використання енергії зв'язку атомів і молекул речовин.

Виходячи з першого закону термодинаміки для незамкнутої системи постійного хімічного складу характеристики акумуляторів тепла залежать від

залежать від зміни маси, обсягу, тиску, ентальпій і внутрішньої енергії, матеріалу, а також різних їхніх комбінацій.

Залежно від способу технічної реалізації розрізняють ТА з прямим акумулюванням теплоти, тобто коли акумулюючий матеріал є одночасно і теплоносієм, і ТА з непрямим акумулюванням, у яких процес відбувається в різних теплоакumuлюючих та теплопередавальних середовищах. Застосовують також системи, що включають обидва типи акумулювання теплоти.

Залежно від технічної реалізації використовується пряме акумулювання тепла, коли акумулюючий матеріал є одночасно й теплоносієм, непряме акумулювання - при різних теплоакumuлюючих і теплопередаючих середовищах, а також різні види симбіозу названих випадків.

У процесах акумулювання і віддавання теплоти змінюється ентальпія матеріалу ТА. Це може відбуватися як зі зміною температури матеріалу, так і без зміни його температури, що має місце в процесі фазового перетворення.

Зміна ентальпій теплоакumuлюючого матеріалу (ТАМ) може відбуватися як зі зміною його температури, так і без такого - у процесі фазових перетворень (наприклад, тверде - тверде, тверде - рідке, рідке - пара).

4.2. Типи теплоакumuляторів та їх характеристики.

Теплові акumuлятори реалізують, як правила, кілька елементарних процесів. Теплові акumuлятори з твердим теплоакumuлюючим матеріалом (ТАМ) — одні з найпоширеніших у енергетиці.

Розрізняють акumuлятори двох типів: з нерухомою та рухомою матрицями. Перший тип має простішу конструкцію, але потребує великих мас акумулюючого матеріалу. В акumuляторах з пористою матрицею як ТАМ використовують щебінь, феоліт (залізна руда), залишки будівельних матеріалів. Такі теплові матеріали набули значного застосування в системах теплопостачання (пасивних або активних) з повітряним теплоносієм.

У процесі заряджання теплового акумулятора гарячий газ або повітря подають у верхню його частину, теплоносій, охолоджуючись, опускається в нижню частину ТА. Під час розряджання холодний газ подається в нижню частину теплового акумулятора, нагрівається від ТАМ і виходить з верхньої його частини. Теплові акумулятори з пористою матрицею проектують і виготовляють з мінімальним гідравлічним опором для того, щоб могло здійснюватись перенесення газу в акумуляторі вільною конвекцією. При значному гідравлічному опорі акумуляюючого середовища акумулятора для переміщення теплоносія використовують вентилятор.

Можливі схеми теплопостачання з використанням теплового акумулятора показано на рис. 4.1.

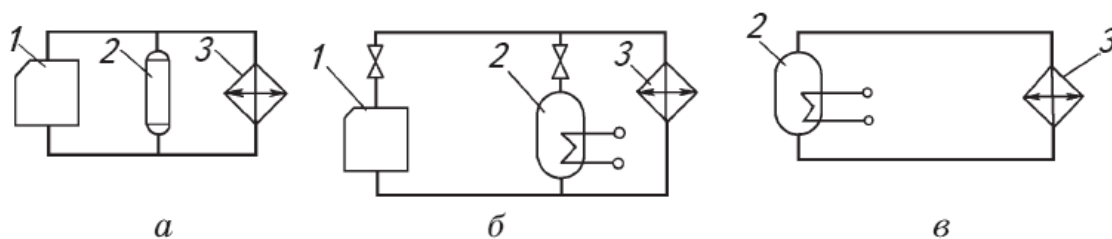


Рис. 4.1. Схеми теплопостачання з використанням теплового акумулятора:

а, б — зі стабілізувальним котлом і дублюванням тепловим акумулятором; в — з використанням позапікової енергії; 1 — котел; 2 — тепловий акумулятор; 3 — теплообмінник.

Переваги систем акумуляювання, заснованих на використанні фізичної теплоти матеріалів, такі:

- їх можна використовувати в широких межах зміни температур;
- можна використовувати як для короткочасного, так і для тривалого акумуляювання;
- теплоаккумуляювальні матеріали, як правило, недорогі;
- можна використовувати природні й геологічні формації.

У табл. 4.1 наведено технічні характеристики ТАМ (при незмінному агрегатному стані).

Таблиця 4.1. Характеристики ТАМ

Матеріал	Густина акумульованої теплової енергії, МДж/м ³	Рекомендовані температури, °С
Вода	300...650	20...100 [p = 0,1 МПа, (1 ат)] 101...250 [p > 0,1 МПа, (1 ат)]
Пара	75...125	100...300
Бетон і камені	150...200	20...100
Дифеніл	300...350	80...300
Al плавлений	250...550	660...700
Na плавлений	150...500	100...500
Цегла (вогнетривка)	300...600	800...1200

Маса або обсяг ТАМ визначаються відповідною щільністю енергії, що запасається і ККД процесу акумулювання тепла. На рис 5.2 як приклад наведені масова та об'ємна щільність енергії, що запасається для різних процесів акумулювання тепла. Як видно з наведених даних, використання процесу плавлення та енергії зв'язку атомів ТАМ забезпечує більші щільності енергії, що запасається у порівнянні з іншими варіантами.

У реальному процесі акумулювання тепла щільність енергії, що запасається виявляється істотно нижче, теоретичного значення внаслідок втрат тепла, вирівнювання поля температур, втрат при заряді й розряді.

Відношення реального й теоретичного значень щільності енергії, що запасається і визначає ефективність теплового акумулятора.

У табл. 4.2 наведені основні види втрат й орієнтовні значення ефективності різних процесів акумулювання тепла []. Тут під ексергетичним ККД розуміється відношення ексергій наприкінці й початку розглянутого процесу акумулювання. Наведені дані свідчать про більше високу ефективність ККД процесів прямого акумулювання тепла в порівнянні з непрямим. Разом з тим діапазони зміни ККД у деяких випадках близькі, що вимагає аналізу показників різних ТА для конкретної області застосування.

Одним з найважливіших показників, що визначають можливість і доцільність акумулювання тепла, є здатність виділяти енергію в кількостях, необхідних споживачеві. При прямому акумулюванні тепла це досягається практично завжди. Показники таких акумуляторів слабо залежать від вироблюваної потужності, що визначається витратою ТАМ й обмежується тільки конструктивними вимогами та вимогами міцності.

При непрямому акумулюванні підвищення вироблюваної потужності збільшує градієнт температур у ТАМ, що приводить або до збільшення поверхні теплообміну, або до неповного використання запасу тепла. У кожному разі це знижує ефективність акумулювання.

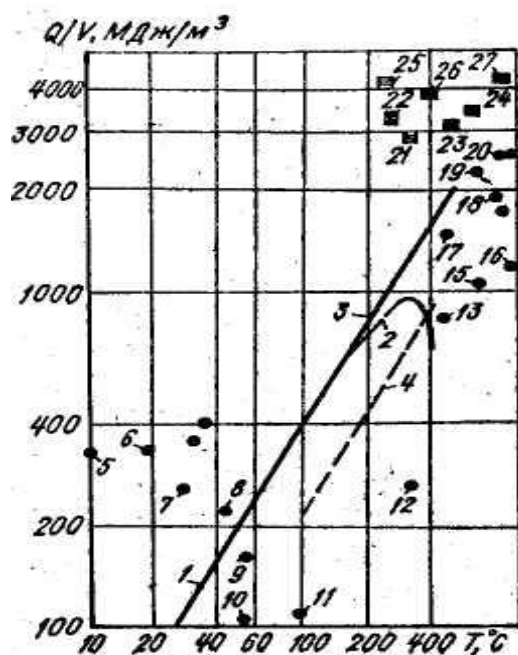


Рис. 4.2. Об'ємна щільність енергії різних ТАМ:

1 - вода при $P = 0,1$ МПа; 2 - пара при $P_s = f(t)$; 3 - чавун; 4 - масла; 5 - лід; 6 - $KF \cdot H_2O$; 7 - $CaCl_2 \cdot H_2O$; 8 - H_2NCH ; 9 - тристеарин; 10 - парафін; 11 - Na; 12 - Pb; 13 - Zn; 14 - $LaNi_6$; 15 - Al; 16 - Ag; 17 - NaF/KF/LF; 18 - LiF/MgF₂; 19 - LiF/NaF/MgF₂; 20 - LiF; 21 - MgN і H₄; 22 - Mg(OH)₂; 23 - Ca(OH)₂; 24 - Ba(OH)₂; 25 - MgCO₃; 26 - MgH₂; 27 - CaCO₃.

Таблиця 4.2. ККД і втрати процесів акумулювання тепла []

Тип ТАМ (реакція)	Система акумулювання	ККД		Основні втрати
		акумулю- вання	заряду та розряду	
Твердий	Непряма	0,7...0,75	0,8...0,85	Втрати тиску, тепла, зрівняння температур, теплообмін, недогрів
Плавкий	Непряма	0,6...0,65	0,75...0,8	
Гаряча вода	Пряма	0,7...0,9	0,8...0,95	Змішування, втрати тепла, закінчення
Висококиплячі рідини	Непряма - пряма	0,6...0,65 0,8...0,95	0,75...0,85 0,9...0,97	Теплообмін, закінчення, втрати тепла, нагрів та охолодження судів
Пара	Пряма	0,5...0,95	0,9...0,97	Закінчення, дроселювання, втрати тепла
Енергія зв'язку атомів	Непряма	0,5...0,55	0,7...0,74	Втрати тиску, теплообмін, дроселювання, фазові переходи продуктів, гистерезис реакції
Енергія зв'язку молекул	Непряма	-	-	Теплообмін, втрати тиску, гистерезис реакції

Для визначення характеристик ТА з непрямим акумулюванням доцільно використати метод математичного моделювання. У загальному випадку розглядаються процеси в ТАМ, стінці поверхні теплообміну й у теплоносії.

Система рівнянь, що описують процеси переносу тепла в акумуляторі, у загальному випадку складається з рівнянь енергії для ТАМ, стінки й рідини, а також рівнянь руху й нерозривності для рідини, доповнених системою початкових і граничних умов на границях розділу фаз

$$(cp)_T \frac{\partial T_T}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda_T \text{grad} T_T) \quad (4.1)$$

$$(cp)_C \frac{\partial T_C}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda_C \text{grad} T_C) \quad (4.2)$$

$$(cp)_J \left[\frac{\partial T_J}{\partial \tau} + \text{div}(T_J \bar{\omega}_J) \right] = \text{div}(\lambda_{JC} \text{grad} T_{JC}) \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial \omega_J}{\partial \tau} + (\bar{\omega}_J \text{grad} \bar{\omega}_J) = -\frac{1}{P_J} \text{grad} P_J + \nu_J \Delta^2 \bar{\omega}_J \quad (4.4)$$

$$\text{div}(\bar{\omega}_J) = 0 \quad (4.5)$$

Тут w , c , p , P , λ , ν - відповідно вектор швидкості, теплоємність, щільність, тиск, коефіцієнт теплопровідності й кінематичної в'язкості; T - температура в елементах ТА; індекси t , c , j - відносяться до параметрів ТАМ, стінки, рідини.

Використання поняття ефективної теплоємності (враховуючої теплоту процесів фазових переходів або хімічних реакцій) дозволяє описувати цією системою рівнянь процеси в ТА із твердим, що плавиться ТАМ і хімічних зв'язків, що використовують енергію, ТАМ.

Досить очевидно, що в цей час рішення системи рівнянь, що описує процеси в ТА, можливо тільки в окремих випадках і при використанні істотних допущень.

Знаючи розподіл температури в обсязі ТА, можна визначити зміну температури теплоносія на виході з ТА й ефективність акумулювання тепла як відношення дійсного запасу тепла до максимального.

Використання водоносних горизонтів для акумулювання теплової енергії має такі переваги:

- підземні води можна добувати як на відстані кількох сотень метрів від споживача, так і поруч з ним;
- кількість підземних вод, що містяться у водоносних горизонтах, звичайно коливається незначно, рівень цих вод залежить від сезону року;
- підземні води мають постійну температуру;

- водоносні горизонти мають природне походження і тому додаткові споруди і пов'язані з цим витрати незначні;
- теплова енергія акумулюється не тільки у воді, а й у самій породі, завдяки чому водоносний горизонт має більшу акумулювальну здатність, що майже не залежить від умов на поверхні.

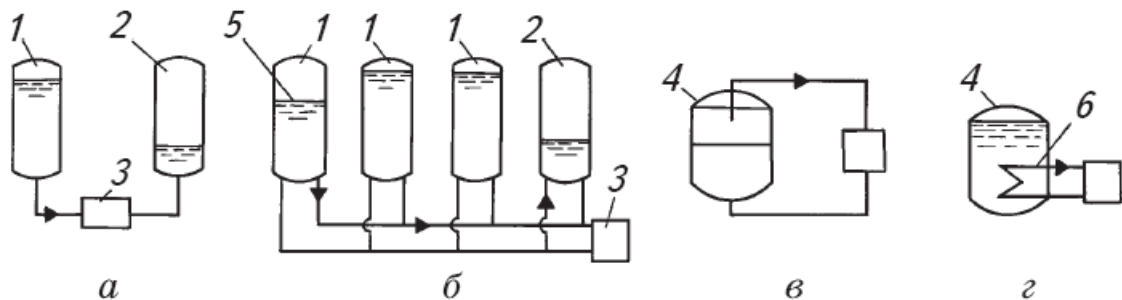


Рис. 4.3. Типи рідинних акумуляторів теплоти:

а — двокорпусний; б — багатокорпусний; в — витіснювальний; г — з “ковзною” температурою теплоакumuлюючого матеріалу; 1 — гарячий ТАМ; 2 — холодний ТАМ; 3 — споживач; 4 — єдиний корпус ТАМ; 5 — рівень рідини; 6 — проміжний теплоносіє.

Інтенсивність і механізм процесів тепломасообміну під час руху рідини в підземних колекторах залежать від форми і розмірів часток, що утворюють твердий кістяк, їх структури, характеру порового простору, заповнюваного рідиною, а також умов руху рідини. Залежно від форми і розмірів часток, що утворюють твердий кістяк, підземні колектори доцільно поділити на два типи: гранулярні й блокові.

Істотною властивістю гранулярних колекторів є добре розвинута поверхня контакту твердого кістяка з рідиною. Під час руху рідина обмиває кожен частку майже по всій поверхні, за винятком місць контакту із сусідніми частками. Ця обставина відіграє важливу роль у процесі теплообміну.

У колекторі блокового типу контакт твердого кістяка з рідиною менший, ніж у гранулярних. Ці колектори являють собою шари з блоків гірської породи, розділених тріщинами. Рідина рухається по щілинних каналах змінного перетину, при цьому поперечне перемішування рідини утруднене. До

колекторів блокового типу належать тріщинні, кавернозні й частково змішані утворення.

Перспективним є застосування термохімічного акумулювання. Такі ТАМ дають можливість забезпечити високу густину акумулювання енергії, а також роботу акумулятора в режимі теплового насоса або трансформатора.

Використання термохімічних процесів для накопичення і перетворення теплоти ґрунтується на принципі виникнення хімічного потенціалу внаслідок оборотної хімічної реакції.

Робота термохімічного акумулювання ґрунтується на одержанні пари при температурі T_1 на етапі заряджання і її конденсації при температурі T_2 на етапі розряджання.

Теоретично термохімічний процес акумулювання — оборотний. У реальних умовах внаслідок неминучих втрат ефективність цих акумуляторів знижується і дійсна розрядна температура T_2 нижча від зарядної T_1 .

Основні вимоги до оборотних хімічних реакцій акумуляторів теплоти: температура інверсії T^* має відповідати температурі процесу реакції; густина енергії має бути не менше ніж 250 кДж/кг або 18 МДж/л; компоненти реакції мають бути неагресивними до конструктивних матеріалів. Хороші енергетичні показники мають реакції розкладання таких матеріалів: карбонату кальцію, сульфату заліза, триоксиду сірки і їхніх комбінацій.

Термічними акумуляторами є цеоліти, тобто алюмінієво-силікатні гідрати лужних або лужноземельних матеріалів, що належать до класу тектосилікатів. Цеоліти мають кристалічну структуру з тривимірною пористістю, що забезпечує їм значне поглинання газів і рідин.

Акумулювання або виділення енергії в цеолітах відбувається внаслідок процесів десорбції—адсорбції води з цеоліту. Основні принципи акумулювання теплоти на основі цеоліту реалізуються за допомогою теплового насоса або термотрансформатора.

Акумулювання або виділення теплоти в цеолітовому тепловому акумуляторі супроводжується зміненням тиску, відведенням теплоти в

конденсатор і підведенням його у випарник. Як адсорбенти використовують переважно оксиди алюмінію у формі моногелю, активоване вугілля, силікагель і алюмосилікати на основі натрію або кальцію.

На рис. 4.4 наведено схеми акумулювання теплоти з використанням цеоліту.

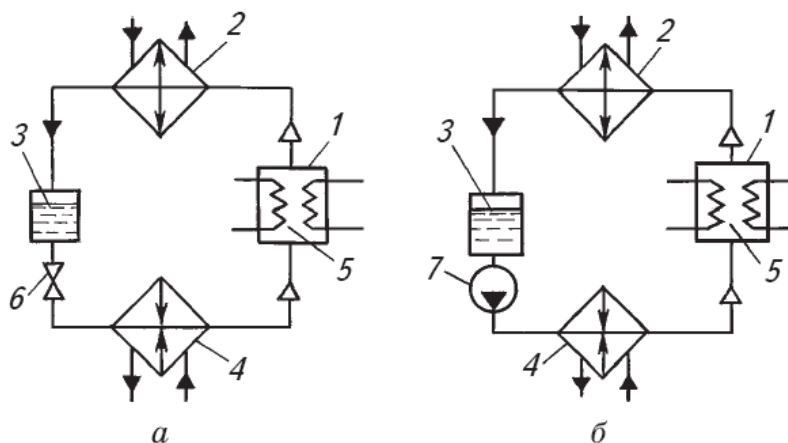


Рис. 4.4. Схеми систем акумулювання і трансформування теплоти на основі цеоліту:

а — тепловий акумулятор; б — термотрансформатор; 1 — місткість з цеолітом; 2 — конденсатори; 3 — баки з водою; 4 — випарники; 5 — вбудовані теплообмінники; 6 — клапан; 7 — насос.

Використання цеолітового теплового насоса дає можливість забезпечити максимальний коефіцієнт перетворення теплоти, що дорівнює 2. Джерелом енергії для них можуть бути сонячна енергія або тепло навколишнього середовища.

Електрохімічні перетворювачі енергії досить перспективні для акумулювання, заощадження і передавання енергії споживачам. Ці системи ефективні в разі використання нетрадиційних джерел енергії.

Однією з основних переваг використання розплавлених нітратних сумішей як електролітів нарівні з індивідуальними нітратними розплавами є можливість значно знизити робочу температуру джерела струму. Нітрати KNO_3 , NaNO_3 і LiNO_3 плавляться при температурах 334, 307 і 252 °С відповідно, суміш K, Li/NO_3 евтектичного складу плавиться при 132 °С, а суміш K, Na, Li/NO_3 — при 119 °С.

Поляризаційні вимірювання показують, що, як і в розплавах індивідуальних нітратів, процес кожного поновлення нітратоіонів у розплавах K, Na, Li/NO₃ відбувається з утворенням нітрату й оксиду, що є кінцевими продуктами катодного процесу. Катодний процес можна активізувати введенням у розплав таких кислот, як K₂Cr₂O₇ і KPO₃, заслуговує на увагу використання карбаміду (КА) й ацетаміду (АА).

В останні роки велику увагу приділяють гідроксидним розплавом. Дослідження показали, що оптимальний склад електроліту для термоелектрохімічного накопичення енергії — евтектична суміш КОН + NaОН з робочою температурою 200 °С. Такий склад забезпечує високі енергетичні показники при незначній швидкості корозійного руйнування конструкційного матеріалу.

Комплексна енергосистема на поновлюваних джерелах енергії для житлового будинку площею 50 м² і об'ємом 188 м³ з автономним енергозабезпеченням складається з таких основних вузлів (рис. 4.5):

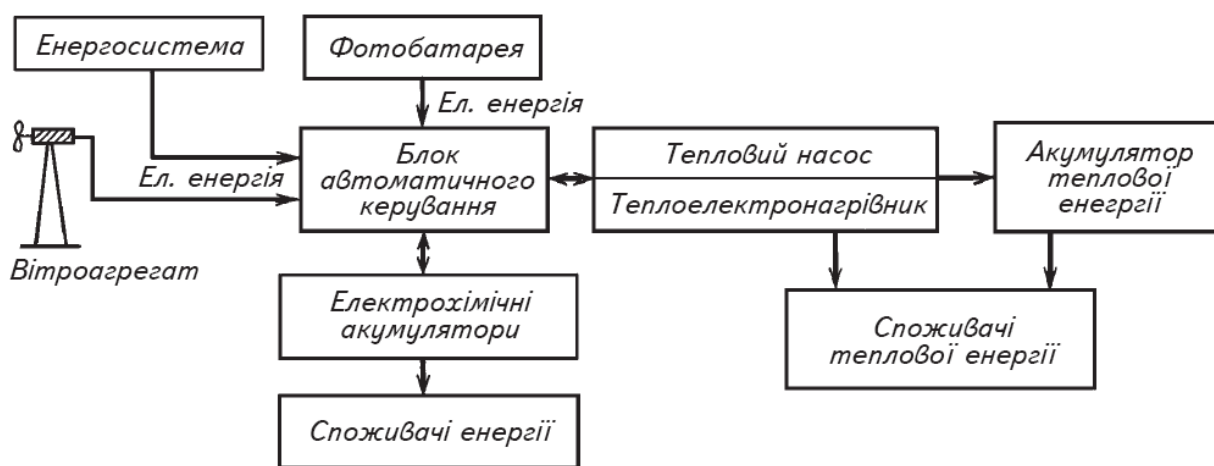


Рис. 4.5. Схема енергосистеми для житлових будинків з тепловими та електрохімічними акумуляторами:

- джерела енергії: вітроелектричні установки АВЕУ-6-2 і АВЕУ-6-4, сонячні фотоперетворювачі загальною потужністю 100 Вт (чотири блоки по 25 Вт), геліонагрівачі площею 5 м², тепловий насос потужністю 2 кВт;

- акумулятори енергії: тепловий бак-акумулятор, що акумулює 14 кВт·год енергії, ємнісний котел-акумулятор гарячої води, що акумулює 100 кВт·год енергії, і акумуляторна батарея НК-80 з енергоємністю 18 кВт·год;
- системи керування: щит ручного керування, пристрій ручного керування, пристрій автоматичного керування зарядженням акумуляторів і автоматизована система вимірювання вихідних параметрів.

4.3. Класифікація акумуляторів енергії.

Акумулювання енергії - одна з найважливіших проблем при експлуатації енергетичних систем на основі відновлювальних джерел енергії.

Існує багато різновидів акумуляторів енергії. По призначенню вони розподіляються на автономні й стаціонарні, по влаштуванню й виду накопичувальної енергії - механічні, теплові, електричні, хімічні й індуктивні. Всі акумулятори можна розподілити на два класи: хімічні й фізичні (рис. 5.5). Перші накопичують за рахунок хімічних реакцій, другі - за рахунок фізичних явищ.

Акумулятори по характері роботи діляться на оборотні й необоротні. До оборотних, їх ще називають вторинними, відносять і ті акумулятори, які можуть більше одного разу приймати й віддавати енергію. Вони витримують більше циклів заряд-розряд тому вони вважаються кращими. До необоротного (первинним) відносять накопичувачі разового використання, тобто вони витримують тільки один цикл розряду. На рис. 5.5 первинні накопичувачі показані стрілкою з напрямком в одну сторону, вторинні - стрілкою з подвійним напрямком.

У загальному виді акумуляторами енергії називають спорудження, що дозволяє накопичувати в ньому енергію будь-якого виду протягом заряду t_3 , а потім передавати значну частку цієї енергії споживачам протягом усього

періоду розряду t_p .

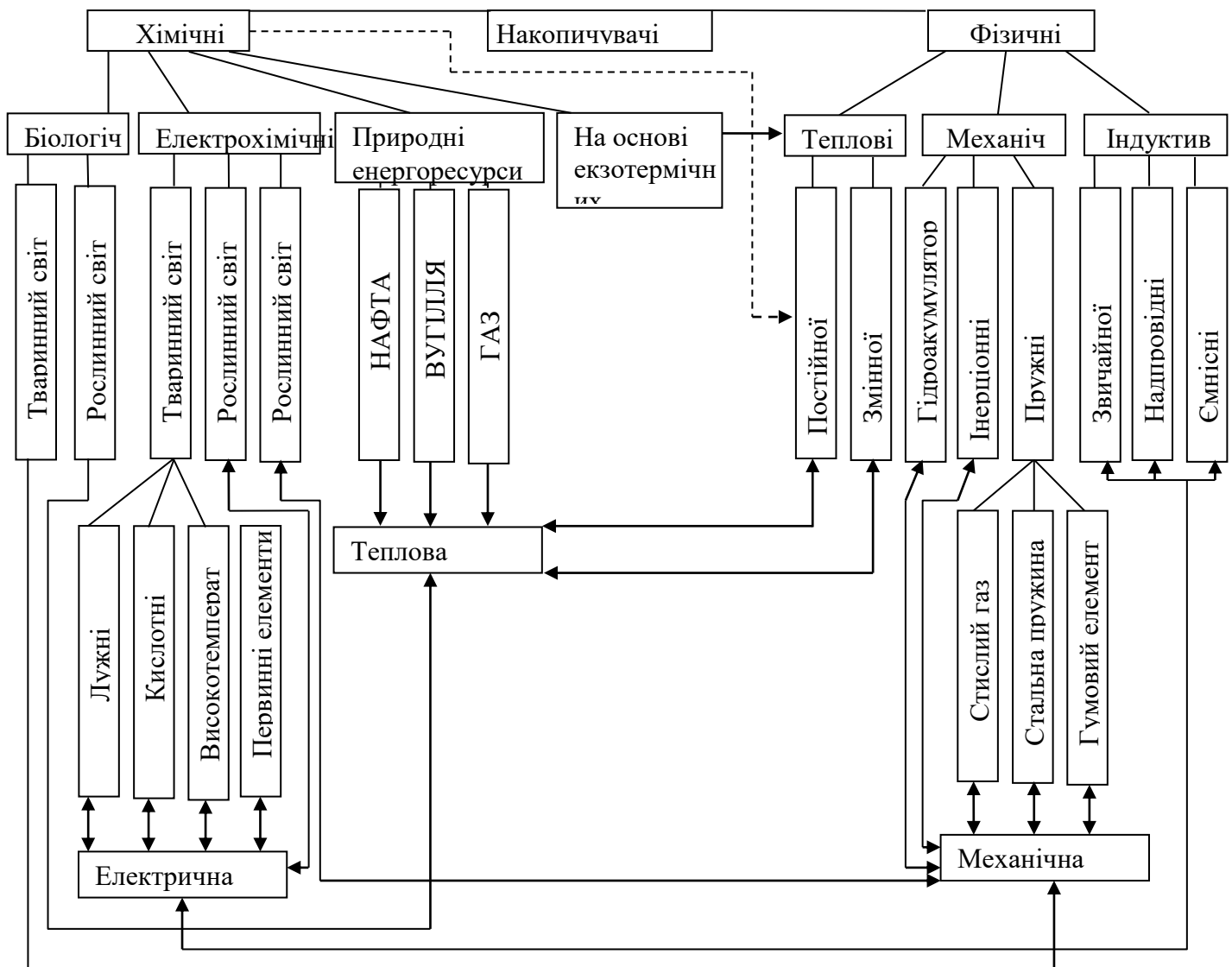


Рис. 4.5. Класифікація накопичувачів енергії

Взаємозв'язок параметрів акумулятора при заряді й розряді визначається законом збереження енергії, що виражається співвідношеннями:

$$P_3 \cdot t_3 \cdot \eta = P_p \cdot t_p, \quad (4.6)$$

де P_3 і P_p - середні значення потужності зарядного та розрядного процесів, η - ККД акумулятора.

Значення t_3 й t_p , а також енергетичні показники при заряді й розряді можуть значно відрізнятися [].

Можна виділити кілька основних напрямків використання акумуляторів енергії.

По-перше, основна роль їх зводиться до акумулювання надлишкової енергії джерел, що відновляють, і подальшого використання енергії в періоди відсутності або недостачі енергопостачання. При цьому значення t_z й t_p мають приблизно однаковий порядок, а показники енергії при заряді й розряді досить близькі.

По-друге, акумулятори виконують роль перетворювачів енергії різного виду, тобто крім акумулювання й збереження енергії, виконується ще й перетворення енергії в необхідну для споживача форму.

По-третє, акумулятори забезпечують перетворення необхідних показників певного виду енергії, що підвищує ефективність використання енергоустановок на відновлювальних джерелах енергії.

Значна частина енергії, що одержують від поновлюваних джерел, має низький потенціал і не може бути безпосередньо використана споживачем. Перетворення й нагромадження в акумуляторах дозволяє збільшити потенціал енергії до необхідної якості. Якщо в акумуляторі t_p набагато менше t_z , то із цього виходить, що $P_p > P_z$, тобто потужність при передачі енергії від акумулятора споживачеві набагато перевищує потужність заряду акумулятора від поновлювального джерела енергії. У цьому випадку акумулятор виконує функції трансформатора потужності []. Ємнісні акумулятори дозволяють поставляти споживачам електронного струму, величина якого набагато більше, ніж при їхньому заряді від поновлювального джерела енергії, в індуктивних акумуляторах за рахунок використання ЕРС самоіндукції електричного ланцюга можна одержати напругу, що значно перевищує напругу джерела енергії живлення. Акумулятори механічної енергії допускають взаємні перетворення кінетичної й потенційної енергії.

Акумулятори енергії являють собою широкий клас енергетичних пристроїв із широким спектром можливостей й областей використання. Кожна група акумуляторів має свої особливості, які визначають напрямок науково-

технічних розробок напувай їхньому конструюванні, проблематика завдань при цьому дуже різноманітна. Тому методики розрахунку акумуляторів різного типу мають різну основу, у багатьох випадках потрібний індивідуальний підхід з урахуванням властивостей, характеристик і параметрів як джерела енергії й споживача, так і самого пристрою, що акумулює.

Таблиця 4.3. Области використання акумуляторів енергії

Области використання	Накопичувачі									
	Механічні			Хімічні			Індуктивні			
	Гідроаккумулятори	Стислий газ	Інерційні	Теплоаккумулятори	Акумулятори	Водородні	Редокс системи	Ємнісні	Звичайної провідності	Надпровідні
Енергетика та транспорт										
Електроенергетика	+	+	+	+	+	+	+			+
Електромобілі			+		+	+				
Сонячна енергетика			+	+	+	+	+			
Вітроенергетика	+	+	+	+	+	+	+			
Системи гарантованого живлення			+		+	+				
Електротехнологія										
Зварювання								+	+	
Електрогідравлічний обробіток металів								+	+	
Електроіскровий обробіток металів								+	+	
Електрохімічний обробіток металів								+	+	
Ударні машини та подрібнення								+	+	

Надзвичайно важливим є правильна класифікація акумуляторів енергії - це дозволяє розробляти стандартні методики й основи їхніх розрахунків для окремих груп акумуляторів, чим значно полегшується вибір і компонування елементів енергосистем на ВДЕ з накопичувачами.

У таблицях 4.3 та 4.4 представлені характеристики основних

аккумуляторів енергії й області їхнього використання []. Як видно з таблиць, найбільше реально зараз для сонячної й вітрової енергетики використання теплових, електрохімічних аккумуляторів та аккумуляторів на основі водню. Механічні (інерційні) аккумулятори мають високі характеристики, але їхнє використання тепер недоцільно через цілий ряд невирішених технічних проблем: надійності матеріалів створення високоякісних підшипників, перетворення механічної енергії в інші види, висока вартість і т.д..

Крім того, аккумулятори систем сонячного теплопостачання класифікуються по таких ознаках:

- за часом акумулювання – короткострокові (1-3 доби) і довгострокові (сезонні);
- за характером процесів, що протікають у них - речовини, що використовують теплоємність, (вода, водяні розчини солей, камені, ґрунт і т.п.), сховану теплоту фазового переходу (гідрати неорганічних солей, парафіни), оборотні хімічні й фотохімічні реакції (циклічна гідратація й дегідратація, зміна концентрації кислот і т.п.).

У процесі акумулювання й віддачі теплоти має місце зміна ентальпії матеріалу ТА. Це може відбуватися як зі зміною температури матеріалу, так і без зміни його температури, що має місце в процесі фазового перетворення.

У реальному процесі щільність енергії, що запасється при акумулюванні менше теоретичної, що викликано втратою теплоти при заряді, зберіганні й розряді й необоротному вирівнюванні поля температур.

Відношення реального й теоретичного значень енергії, що запасється визначає, ефективність теплового аккумулятора. Щільність запасаної енергії, ККД процесу акумулювання й прийнятий спосіб акумулювання визначають обсяг і масу аккумулятора.

Таблиця 4.4. Характеристики акумуляторів енергії

Акумулятори енергії	Питома енергія				Питома потужність	ККД, %
	Теоретична		Реалізована			
	Вт·год/кг	Вт·год/л	Вт·год/кг	Вт·год/л	Вт/кг	
Гідроакумулятори	0,27	0,27	0,2	0,2	0,5	65-75
Стисле повітря	100	8	65-75	5-16	100	65-75
Маховики	10-570	160-1250	30-390	20-70	$7 \cdot 10^4$	70-85
Свинцеві акумулятори	70	740	26-50	30-70	100	50
Високотемпературні акумулятори	600-900	2000	100-220	70-180	220	70-80
Акумулятори з новими електролітами	480	2000	130	36-110	130	60-75
Акумулюючі системи з ЕХГ	$3,7 \cdot 10^3$	10^3	$1,8 \cdot 10^3$	100	100	45
Редокс-системи	836	$2 \cdot 10^3$	5-15	18-72	3	60-75
Ємнісні акумулятори	4	10	$2 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-2}$	10^5-10^8	30
Індуктивні акумулятори	4	0,1-0,4	0,1-0,4	2,8	10^5	25
Магнітні акумулятори	-	$2 \cdot 10^5$	-	-	10^9	25
Надпровідні акумулятори	20	50	10^{-3}	3-11	$5 \cdot 10^6$	80-95

Крім конструктивних рішень необхідна оптимізація основних характеристик ТА, вишукування шляхів підвищення його ефективності. Для цього використовують рішення системи рівнянь, що описують процеси в тепловому акумуляторі. Такі рішення дозволяють визначити температури в обсязі ТА, зміну температури теплоносія на виході з ТАМ та, також, визначити ефективність акумулювання теплоти.

Теплові акумулятори із твердим теплоакумулюючим матеріалом (ТАМ) одні з найпоширеніших у сільськогосподарській енергетиці.

Розрізняють два типи акумуляторів: з нерухомою або рухливою матрицями. Перший тип має більше просту конструкцію, але потребує

більших мас матеріалу, що акумулюють енергію.

В акумуляторах з пористою матрицею в якості ТАМ використовуються щебені, феолит (залізна руда), залишки будівельних матеріалів. Такі теплові матеріали знайшли широке поширення в системах теплопостачання (пасивних або активних) з повітряним теплоносієм.

При заряді гарячий газ або повітря подається у верхню частину ТА й, прохолоджуючись, опускається в нижню його частину. При розряді холодний газ подається в нижню частину теплового акумулятора, нагрівається від ТАМ і виходить із верхньої його частини. Теплові акумулятори з пористою матрицею проектується й виготовляються з мінімальним гідравлічним опором для того, щоб мав місце вільно-конвективний перенос газу в акумуляторі. При значному опорі середовища акумулятора для переміщення теплоносія використовується вентилятор.

Однчасне використання роботи декількох теплових акумуляторів дозволяє зменшити амплітуду коливання температури теплоносія.

4.4. Використання геліосистеми та ґрунтового акумулятора тепла.

В активних сонячних системах теплопостачання на основі плоских геліоколекторів або конструкцій, що фокусують, поглинають та передають сонячну енергію теплоносію, що циркулює в системі, використовують акумулятори тепла, які можна розміщувати в ґрунті (рис. 4.9).

Це дозволяє зменшити несприятливі наслідки при зміні сонячного випромінювання. В конструкціях, що фокусують сонячне випромінювання, можна досягти високого рівня температури робочого тіла, при відносно малій площі геліоколектора. Однак, з урахуванням того, що дифузне випромінювання складає 20% в ясний день і 90% — в хмарний, плоскі колектори більш пристосовані до подібних умов

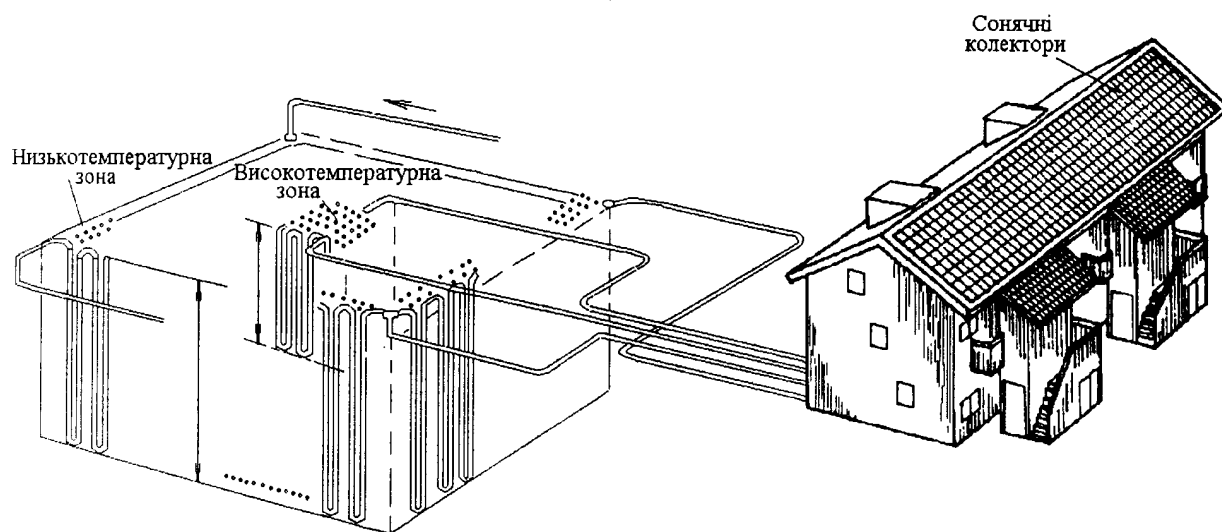


Рис. 4.9. Система акумулювання енергії в ґрунті

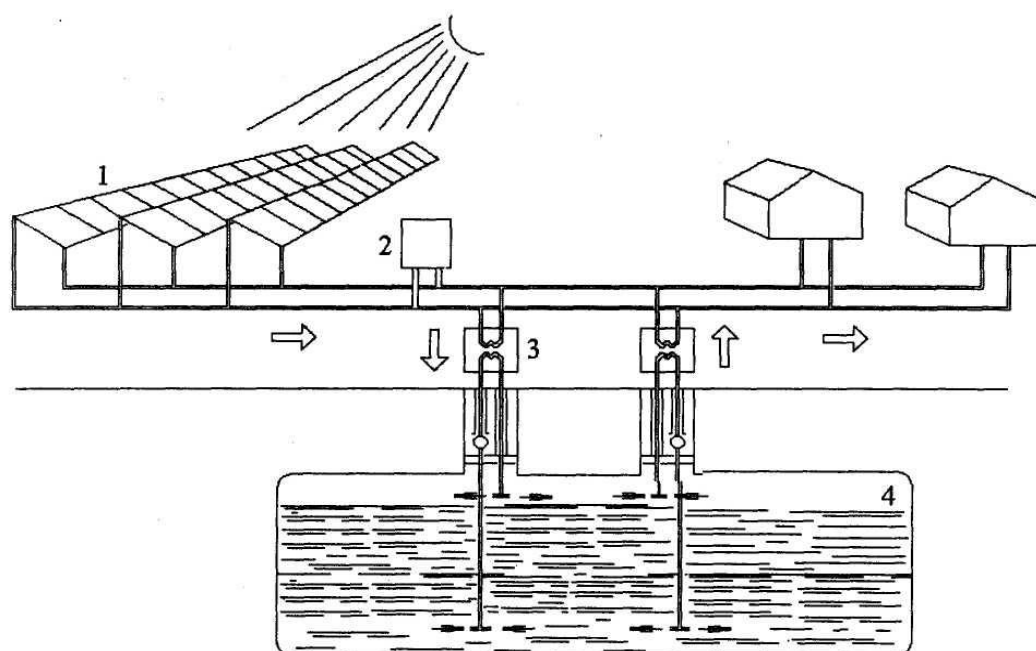


Рис. 4.10. Схема геліосистеми з підземним акумулятором енергії:

1 — геліоколектор; 2 — бойлер; 3 — теплообмінники; 4 — бак-акумулятор

Таким чином, з метою зменшення несприятливого впливу на геліосистему зміни інтенсивності сонячного випромінювання використовують різні методи

акумулявання енергії. Найбільш простий — акумулявання води в великих теплоізольованих баках, що виконані з металу або бетону, коли 1 м^3 води при температурі $30 \text{ }^\circ\text{C}$ акумулює $20 - 45 \text{ кВт}$ тепла. При розміщенні акумуляторів в ґрунті на глибині $1 - 2 \text{ м}$, вода, що поступає в літній період підігріває ґрунт до температури $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Взимку тепло від ґрунту відводиться, охолоджуючи його до $2 \text{ }^\circ\text{C}$. Наприклад, 1 м^3 сухого ґрунту акумулює 8 кВт тепла, а вологого - 25 кВт . Для системи опалення будинку на одну родину необхідна площа ґрунту $1000 - 2000 \text{ м}^2$ (рис. 5.10). Слід зауважити, що для акумулявання тепла широко використовується вода, завдяки великій теплоємності, низькій ціні, відсутності екологічних обмежень для розміщення баків-акумуляторів. Наприклад, підземний бак з теплою водою діаметром $40 - 100 \text{ м}$ дозволяє акумулювати $(0,5 - 10) \cdot 10^6 \text{ кВт}$ тепла.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні питання охорони праці і навколишнього середовища

Поняття «Охорона праці» означає систему законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

До небезпечних і шкідливих чинників можна віднести підвищений рівень електромагнітного випромінювання, недостатність освітленості робочої зони, підвищений рівень шуму, вібрації, небезпеку поразки електричним струмом, статичну електрику, іонізуючу і ультрафіолетову інфрачервону випромінювання. Користувач ПЕВМ може піддаватися дії таких психофізіологічних чинників, як розумове перенапруження, перенапруження слухових і зорових аналізаторів, емоційні навантаження.

Дія перерахованих несприятливих чинників приводить до зниження працездатності, що викликається стомленням, що розвивається, що у результаті приводить до зниження продуктивності праці і появи помилок. Тривале ж знаходження людини в зоні комбінованої дії несприятливих чинників може привести до професійного захворювання .

5.2. Протипожежна безпека.

Система протипожежного захисту — це сукупність організаційних заходів і технічних засобів, спрямованих на запобігання дії на людей небезпечних факторів пожежі і обмеження збитку від нього.

Небезпечний фактор пожежі — фактор, дія якого призводить до травми, отруєння або загибелі людини, а також до матеріального збитку.

Можливість виникнення пожежі на виробництві (в побуті) оцінюється його ймовірністю, яка залежить від можливості виникнення умов, необхідних і достатніх для виникнення загоряння.

Збиток від пожежі оцінюють жертвами пожежі і матеріальними втратами, безпосередньо пов'язаними з пожежею.

Пожежна безпека об'єкта — стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та дії на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна профілактика — це комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на гарантування безпеки людей, запобігання пожежі, обмеження її поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

Організаційні і технічні заходи запобігання виникненню пожежі повинні розроблятися в суворій відповідності до вимог правил пожежної безпеки.

Правила пожежної безпеки — це комплекс положень, що встановлюють порядок дотримання вимог і норм пожежної безпеки при будівництві і експлуатації об'єкта .

У процесі розробки профілактичних заходів запобігання пожежам враховують протипожежний стан об'єкта.

Протипожежний стан об'єкта характеризується кількістю пожеж і збитком від них, числом загорянь, а також травм, отруєнь і загиблих

людей, рівнем реалізації вимог пожежної безпеки, рівнем боєготовності пожежних підрозділів, а також протипожежної агітації і пропаганди .

5.3. Електробезпека при експлуатації електрообладнання.

Дія електричного струму на людину спостерігається в тому випадку, коли вона випадково стала елементом електричної мережі (кола), тобто дотикається

При несправності однієї з електричних установок на її корпусі і на корпусах інших електричних установок, що з'єднані між собою заземлюючим провідником (контуром), з'явиться електричний потенціал. При цьому електричний струм буде стікати в землю через заземлювач. Одночасно певний потенціал виникне і на поверхні землі.

одночасно до двох точок електричної мережі, між якими існує різниця потенціалів. Такі явища можливі при дотиканні до струмопровідних частин електроустановок, що знаходяться під напругою, металевих струмонепровідних частин, на яких з'явилась напруга через несправність електричної ізоляції, при потраплянні під напругу кроку.

Випадкове дотикання до струмопровідних частин електричних установок є однією з причин нещасних випадків ураження струмом. Такі дотикання можуть виникнути в результаті помилкових дій при виконанні робіт поблизу електрообладнання, несправності діелектричних засобів захисту тощо.

При використанні електричних установок та в інших випадках застосування електричного струму загроза ураження працюючих електричним струмом може трапитися від дії так званої напруги дотику і напруги кроку.

Напруга дотику — це різниця потенціалів (напруги) між двома точками кола струму замикання на землю (на корпус), до яких одночасно дотикається людина.

Його значення в місці встановлення заземлювача буде максимальним, а з віддаленням від цієї точки він поступово знижується до 0.

Внаслідок аварії повітряних ліній електропередач електричний провідник може впасти на землю. При цьому навкруги точки дотику провідника із землею виникає зона, що перебуває під напругою. З віддаленням від цієї точки до периферії у будь-якому напрямі напруга в місці дотику знижується за криволінійною залежністю. Людина, що випадково перебуває в такій зоні і наближається до точки дотику провідника із землею, може потрапити під дію напруги кроку.

Відповідно до правил влаштування електроустановок від ураження струмом людей і сільськогосподарських тварин при дотиканні до струмопровідних частин електроустановки необхідно захищати надійною

електричною ізоляцією струмопровідних частин, недоступністю для випадкового дотику до них, автоматичною сигналізацією про небезпеку дотику до струмопровідних частин або наближення до них на недопустиму віддаль, попереджуючою сигналізацією, написами і плакатами, захисними засобами і пристроями.

Жодний з наведених засобів не може окремо гарантувати безпеки при дотиканні, тому и кожному конкретному випадку для створення безпечних умов експлуатації електроустановок застосовують відповідний комплекс таких засобів.

Небезпека дотикання до струмопровідних частин, у першу чергу, досягається надійною електричною ізоляцією і підтриманням її у справному стані. Основна функція ізоляції струмопровідних частин — запобігати проходженню струму небажаними шляхами. Стан ізоляції в електроустановках повинен відповідати вимогам ПВЕ. Цими правилами передбачене періодичне випробування ізоляції та її зовнішній огляд. Так, ізоляція електроустановок, що працюють у вологих і особливо вологих приміщеннях, пожежо- та вибухонебезпечних і приміщеннях з хімічноактивним середовищем щорічно перевіряють і вимірюють опір струмопровідних частин між собою, між ними і землею. Ізоляцію електроустановок у приміщеннях з нормальним середовищем, перевіряють один раз на 2 роки.

Недоступність струмопровідних частин обладнання досягається спеціальними огороженнями струмопровідних частин, встановленням їх на недоступній для людей висоті і застосуванням блокувальних пристроїв. Сигнальні пристрої сповіщають людину про наближення до електричної установки напругою 380 В на відстань 1 м. Виготовлені у вигляді малогабаритних приладів сигналізатори прикріплюють до спецодягу або монтуються па захисному шоломі.

Електрозахисні засоби — це пристрої, що служать для захисту людей від ураження електричним струмом, дії електричної дуги і електромагнітного поля.

За призначенням усі захисні засоби поділяються на чотири групи: ізолюючі, додаткові від дії світлового випромінювання і електричної дуги та інші, запобіжні від падіння з висоти і огорожуючі. Ізолюючі засоби поділяються на основні і додаткові.

До основних захисних засобів належать ті, ізоляція яких надійно захищає від робочої напруги мережі і за допомогою яких можна дотикатися до струмопровідних частин, що перебувають під напругою, без небезпеки ураження електричним струмом (інструмент з ізольованими ручками, ізолюючі струмовимірювальні кліщі, діелектричні рукавички).

Додаткові захисні засоби не мають достатньої ізоляції для захисту персоналу від дотикання до струмопровідних частин. Вони додаються до основних захисних засобів і служать для захисту від дії електричної дуги і продуктів її горіння (діелектричні рукавички, боти, килимки й ізолюючі підставки).

У процесі експлуатації захисні засоби періодично випробовуються.

Строк служби захисного засобу і напруга використання зазначені на спеціальному клеймі захисного засобу. Правила випробування захисних засобів вказані в спеціальних Правилах.

У результаті пошкодження ізоляції електроустановок на їх металевих конструкціях може з'явитися напруга, що створить небезпеку ураження людей електричним струмом. Для запобігання електротравматизму при пошкодженні електрообладнання застосовують захисне заземлення; захисне занулення; відмикання; захисне розділення електричних мереж; малу напругу; подвійну ізоляцію; захист від переходу вищої напруги на сторону нижчої; вирівнювання потенціалів й ізолюючі вставки.

Оскільки застосування будь-якого з перелічених засобів і способів не може гарантувати повної безпеки, то на практиці поєднують два і більше, залежно від конкретних умов.

Захисне заземлення — навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих струмонепровідних частин, на яких може з'явитися напруга.

Електричне з'єднання із землею необхідно розуміти як з'єднання корпусів електроустановок із заземлюючим пристроєм.

Заземлюючий пристрій — це сукупність заземлювача і заземлюючого провідника.

Заземлювач — металевий провідник або група провідників, що безпосередньо дотикаються до землі.

Заземлюючі провідники — металеві провідники, що з'єднують заземлюючі частини електрообладнання із заземлювачем.

Основне призначення захисного заземлення — запобігти ураженню струмом при дотиканні до корпусу та інших струмонепровідних частин електроустановки, на яких з'явилася напруга.

Захисне заземлення переважно застосовується в трифазних мережах напругою до 1000 В, що працюють з ізольованою нейтраллю джерел живлення, і більш як 1000 В з будь-яким режимом нейтралі.

Заземляють усі металеві струмонепровідні частини електрообладнання, на яких внаслідок несправностей ізоляції може з'явитися напруга і до яких можливе дотикання людей або сільськогосподарських тварин. При цьому в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також в електроустановках, що працюють на відкритому повітрі, заземлення є обов'язковим при напрузі понад 42 В змінного і 110 В постійного струму, а в приміщеннях без підвищеної небезпеки — при напрузі 380 В і вище для змінного та 440 В і вище для постійного струму.

Принцип дії захисного заземлення пояснюється зниженням напруги між корпусом, на якому вона з'явилася, і землею до безпечного рівня.

Для ефективності заземлюючого пристрою персонал повинен постійно стежити за тим, щоб опір заземлюючого пристрою не перевищував значень, встановлених спеціальними Правилами.

Заземлювачі, що застосовуються для заземлення електроустановок, бувають штучні (виключно для заземлення) і природні (металеві предмети, що знаходяться в землі і мають інше призначення). Для штучних заземлювачів застосовують вертикальні і горизонтальні електроди. Вертикальні електроди (стержні) виготовляють із сталених прутків діаметром 10—12 мм, кутової сталі розміром від 40x40 до 60x60 мм і сталених труб діаметром 30—50 мм, довжиною 2,5—3 м. Вертикальні електроди з'єднують між собою сталеною штабою розмірами 4x12 мм або круглою — діаметром не менше як 6 мм, яку застосовують також як самостійний заземлювач. Опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 4—10 Ом залежно від характеру заземлення і конструкції електричних установок.

З'єднання заземлюючих провідників виконують за допомогою зварювання.

Для збереження захисних властивостей заземлюючих пристроїв спеціальними Правилами передбачена періодичність їх перевірки. На об'єктах споживачів опір і стан заземлюючих пристроїв перевіряють щорічно

Захисне занулення є основним заходом захисту від ураження електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю джерела живлення при дотиканні до металевих частин електрообладнання, на яких з'явилась напруга внаслідок руйнування ізоляції.

Захисне занулення — навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих струмонепровідних частин на яких може з'явитися напруга.

Нульовий захисний провідник з'єднує корпус установки з глухозаземленою нейтральною точкою обмотки джерела струму (генератора) або його еквівалента (трансформатора). Таке з'єднання корпуса електроустановки з нульовою точкою джерела струму при пробиванні ізоляції на корпус призводить до виникнення електричного кола однофазного короткого замикання з малим опором. Оскільки сила струму короткого замикання при

цьому буде значною, він призведе до вимикання пошкодженого обладнання (розплавлення плавких запобіжників або спрацювання автоматичних вимикачів).

5.4. Розробка заходів, що забезпечують безпеку та нешкідливість.

Для уникнення травмування відкриті обертальні частини електродвигунів і робочих машин закриваються захисними щитками. В ремонтній майстерні застосовують Архітектурно – планований метод захисту від шуму, Включаючи в себе оптимальне розміщення робочого місця. Для усунення підвищеної вологості на ділянках зовнішньої мийки деталей і агрегатів та на ремонтно-монтажній ділянці спроектовано припливно-витяжну вентиляцію, з метою безпеки на миючі машини встановлено захисне виникаюче обладнання.

Для усунення запилення на ділянці діагностики і ТО також Необхідна вентиляція. На ковально – зварювальній ділянці застосовується припливно-витяжну вентиляцію, для зниження загазованості, зварювальні трансформатори заземлені. Застосовується також захист електроустановок від прямих ударів блискавки і хвиль перенапруги.

5.5. Перелік основних нормативних документів з охорони праці

1. Закон України "Про охорону праці". Постанова Верховної Ради України від 14.11.92 №2695-ХІІ.
2. Закон України "Про пожежну безпеку". Постанова Верховної Ради України від 17.12.93 №3747-ХІІ
3. Закон України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення". Постанова Верховної Ради України від 24.02.94.
4. ДСТУ 2272-93 Пожежна безпека. Терміни та визначення.
5. ДБН А 3.1-3-94. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів.

6. Єдина державна система показників обліку умов і безпеки праці. Затверджена наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 31.03.94 №27.

7. НАПБ А.01.001.-95. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджені наказом МВС України від 22.06.95 №400, зареєстровані Мін'юстом України 14.07.95 за №219/95.

8. Типове положення про службу охорони праці: затв. наказом Держнаглядохоронпраці України від 03.08.93 № 73, зареєстроване в Мін'юсті України 30.09.93 за № 140.

9. ДНАОП 0.00-4.12-94. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці, затверджене наказом Держнаглядохоронпраці України від 04.04.94 №30, зареєстровано в Мін'юсті України 12.05.94 за №95/309.

10. Положення про медичний огляд працівників певних категорій: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.94 № 45, зареєстроване в Мін'юсті України 21.06.94 за №136/345.

11. Положення про розслідування та облік нещасних випадків , професійних захворювань і аварій на підприємствах, установах і організаціях: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 10.08.93 № 623.

12. ДНАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Мінюсті України 18.11.96 №667/1692. Введене в дію 29.11.96

13. ДНАОП 0.03-3.30-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. Зареєстровано в Мінюсті України 29.08.96 №488/1513. Введене в дію 29.11.96

14. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів/Держенергонагляд України.: -К.: Дисконт, 1995. - 260с.

15. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /Держенергонагляд України.: - К.: Дисконт, 1995. -81с.

16. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1.10-1.01-97. Держнагляд охорони праці України. - К.: Основа, 1997. - 265 с.
17. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00.1.21.-98. /Держнагляд охорони праці України.: - К.: Основа, 1998. - 380с.
18. Правила пожежної безпеки у компаніях, на підприємствах і в організаціях енергетичної галузі України.
19. ГКД 34.03.103-96. Система управління охороною праці в Міненерго України. Положення: затверджене Міненерго України 24.04.96.
20. ГКД 34.12.102-95. Навчання, інструктаж та перевірка знань працівників підприємств, установ і організацій Міненерго України з питань охорони праці та експлуатації обладнання. Положення.

5.6. Блискавкозахист виробничих приміщень.

Розрахунок блискавкозахисту виконуємо для свинарника. Приміщення знаходиться в зоні з середньорічною тривалістю гроз 60...80 годин, з середнім числом блискавок на 1 км² земної поверхні протягом року – 5, відноситься до III категорії влаштування блискавкозахисту, тип зони – Б.

Довжина будівлі $A=78$ м, ширина $B=21$ м, висота $h_0=5$ м (рис. 6.3). Для захисту від прямого удару приймаємо одиночний тросовий блискавковідвід. Заземлення блискавковідводу виконане сталлюю штабою 25x4 мм, покладеною на ребро вздовж будівлі на відстані 0,8 м від фундаменту.

Характеристика зони захисту тросового блискавкозахисту визначається такими параметрами:

$$h_0=0,92 \cdot h \quad r_0=1,7 \cdot h$$

де h – висота верхнього кінця блискавковідводу, м

h_0 – висота корпусу блискавкозахисту, м

r_0 – основа корпусу блискавкозахисту, м

$$h=(r_x+1,85 \cdot h_x)/1,7$$

де $h_x=5$ м – висота споруди;

$r_x=10,5$ м – радіус кола, що утворюється при проведенні умовного перерізу зони захисту на висоті h_x .

$$h=(10,5+1,85 \cdot 5)/1,7=11,6 \text{ м}$$

Підставивши знайдене значення h , отримаємо:

$$h_0=0,92 \cdot 11,6=10,6 \text{ м} \quad r_0=1,7 \cdot 11,6=19,7 \text{ м}$$

З цього можна зробити висновок, що будівля надійно захищена від уражень блискавкою.

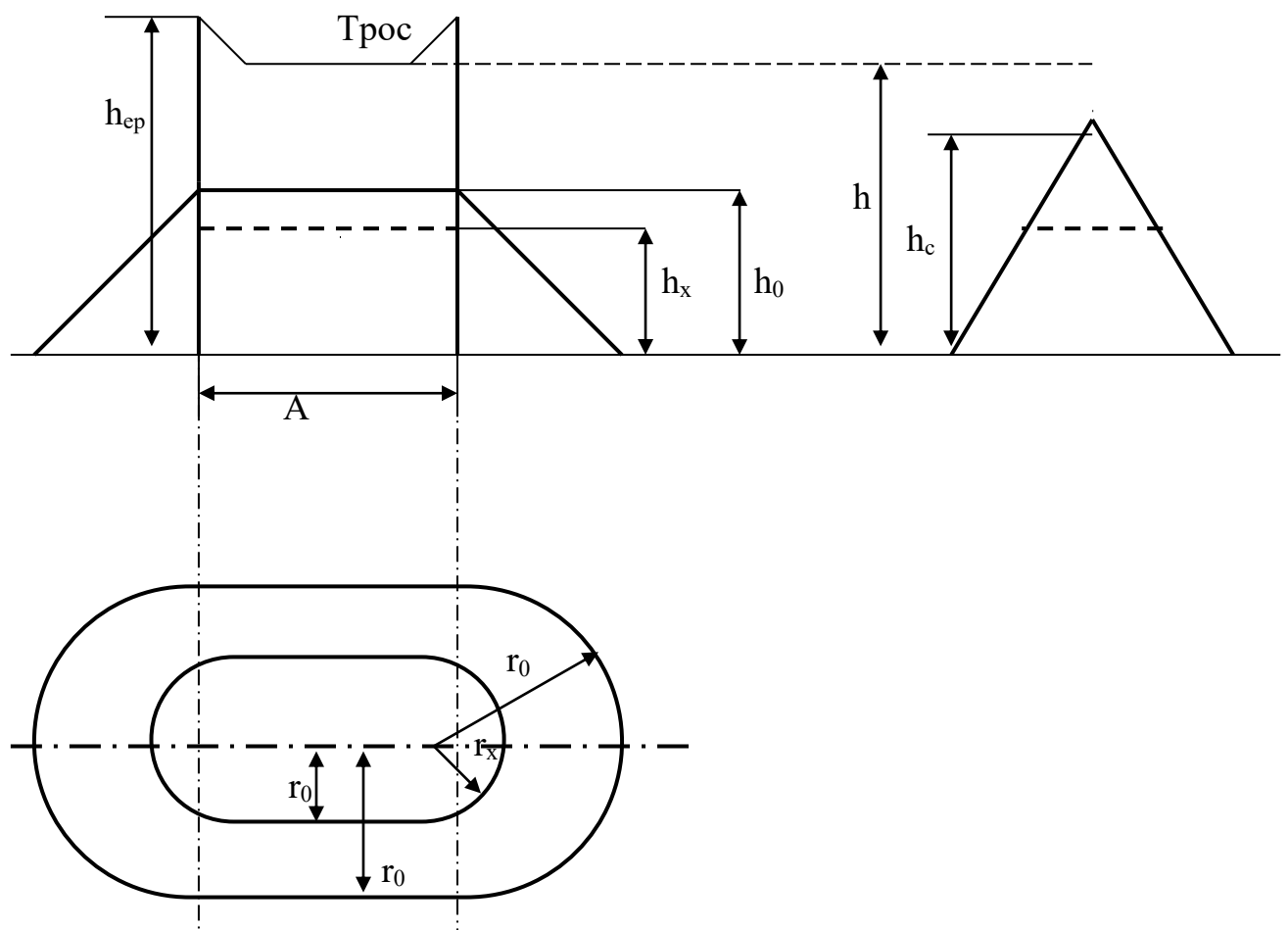


Рис. 5.1. Схема блискавкозахисту свинарника:

r_0 – радіус зони захисту на рівні поверхні землі;

r_x – радіус зони захисту на висоті h_x від поверхні землі.

5.7. Система протипожежного захисту на об'єктах проектування.

З охороною праці щільно пов'язана протипожежна профілактика, тому що пожежа на виробництві чи в побуті загрожує не тільки матеріальним цінностям але й здоров'ю, а іноді й життю людей.

Згідно з ПУЕ тваринницьке приміщення за класом пожежонебезпеки відноситься до приміщень класу П-П. Для гасіння пожежі в приміщенні передбачений водопровід. З обох сторін від входу до приміщення передбачене встановлення пожежного щита.

При виникненні пожежі необхідно негайно вимкнути всі електроустановки. Гасити пожежу в електроустановках, що знаходяться під напругою, можна тільки вуглекислотним вогнегасником типу ОУ-5. Використовувати пінні вогнегасники в електроустановках заборонено, так як піна та піноутворюючі розчини проводять електричний струм.

Таблиця 5.1. Перелік первинних засобів пожежегасіння

Найменування пристроїв та засобів пожежегасіння	Марка	Місце розташування	Кількість	Характеристика виробу
Вогнегасник пінний хімічний	ОХП-10	Пожежний щит		Місткість 10 л
Вогнегасник вуглекислотний	ОУ-5	Пожежний щит	1	Місткість 5 л
Відро		Пожежний щит	1	Місткість 10 л
Лопата		Пожежний щит	2	
Лом		Пожежний щит	1	
Багор		Пожежний щит	1	
Ящик з піском		Біля пожежного щита	1	Місткість 0,5 м ³
Сокира		Пожежний щит	1	

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі дана коротка характеристика з основними кліматичними показниками та охарактеризовано опалювальні приміщення. Складений тепловий баланс ферми для холодного періоду з системою примусової припливної вентиляції.

Визначена теплова потужність та було вибрано джерело теплопостачання.

Встановлено алгоритм роботи системи автоматичного захисту водяних теплообмінників від низьких температур зовнішнього повітря.

За розрахунками сумарних показників потужності систем по видах теплоспоживання, які підключені до опалювально-виробничої котельної вибрано водогрійні котли типу КОЛВІ-250, також передбачено основне та допоміжне котельне обладнання. В якості базової апаратури прийнято серійну систему автоматизації котелень .

Розглянуто питання про електропостачання електроосвітлення об'єкту проектування.

Запропонований для підігріву води в літній період сонячний водонагрівач дає економію електроенергії 48,7 тисяч кВт годин, що при діючому тарифові для с-г споживачів близько 9 грн за 1 кВт*год. еквівалентно економії коштів - 438,3 тис грн.

СПСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антипов Є.О. Комплексне використання поновлювальних джерел та акумуляторів енергії. Методичні вказівки для виконання практичних робіт / Є.О. Антипов. – Київ: РВВ НУБіП України, 2019. – 75 с.
2. Методичні вказівки до лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Енергозбереження та поновлювані джерела енергії» / С.Є. Тарасенко, Є.О. Антипов, В.І. Мельник. – Київ: ЦП «КОМПРИНТ», 2019. – 49 с.
3. Методичні вказівки до лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Енергоощадність та альтернативні джерела енергії» / Є.О. Антипов, О.В. Шеліманова. – Київ: РВВ НУБіП України, 2018. – 84 с.
4. Антипов Є.О. Комплексне використання поновлюваних джерел і акумуляторів енергії. – К.: «ЦП «Компринт», 2017. – 471 с.
5. Горобець В.Г. Антипов Є.О. Акумулятори теплоти на основі фазоперехідних акумулюючих матеріалів – К.: «ЦП «Компринт», 2016. – 165с.
6. Основи будови та експлуатації акумуляторних батарей : навчальний посібник / М. Б. Шелест, П. І. Гайда. – Суми : Сумський державний університет, 2014. – 210 с.
7. Антропов Л. І. Теоретична електрохімія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Л. І. Антропов; переклад з рос. В. П. Ріжко; МОН України. – Київ : Либідь, 1993. – 544 с.
8. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Міщенко А.В., Шутюк В.В.Проектування систем теплопостачання сільського господарства. - Київ: Техніка, 2003. -161 с.
Основи електропостачання : підручник / В. В. Козирський, С. М. Волошин. - К. : ЦП "КОМПРИНТ", 2021. - 527 с.
9. Бондаренко Є. А., Кутін В. М., Лежнюк П. Д. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка : навч. посібник. – Вінниця : ВНТУ, 2019. 120 с.

10. Чміль А.І., Лут М.Т. Безпека праці в сільських електроустановках. - Київ "Урожай" 1996.
11. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. - К.: Дисконт, 1995.
12. ДСТУ 2339-94 "Енергозбереження. Терміни та визначення".
13. ДСТУ 2339-94 "Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Терміни та визначення".
14. ДСТУ 2339-94 "Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії. Основні положення".
15. Урядовий портал [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://www.kmu.gov.ua/npas/29186941>.
16. Державна інспекція енергетичного нагляду України [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://sies.gov.ua>.
17. Міністерство енергетики України [Електронний ресурс]. Режим доступу <https://mpe.kmu.gov.ua/>.
16. <http://termosol.com.ua>
19. <http://alt-energy.com.ua/category/136/>
20. <https://vest-m.com.ua/uk/otopleniye/kotel-gazovyj/kolvi-838465932/kotel-kolvi-250.html>