

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
інженерії енергосистем**

К.Т.Н., доц. _____ / **АНТИПОВ Є.О.** /
(підпис)

« _____ » _____ 2026 р.

—

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Розробка системи енергопостачання
фермерського господарства з використанням енергії сонця»**

Спеціальність 144 „Теплоенергетика”

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Шеліманова О.В.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник дипломного проекту бакалавра

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Шеліманова О.В.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Бухно К.В.

(підпис)

(ПІБ)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
інженерії енергосистем

К.Т.Н., доц. _____ / **АНТИПОВ Є.О.** /
(підпис)
« _____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Бухно Кирилу Валентиновичу

Спеціальність 144 „Теплоенергетика”

Тема дипломного проєкту: «Розробка системи енергопостачання
фермерського господарства з використанням енергії сонця»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 24.10.2025 №2514"С".

Термін подання завершеного проєкту на кафедру 01 . 06 . 2026

Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра

1. Завдання кафедри на дипломне проектування;
2. Матеріали виробничої практики
3. Нормативні документи по проектуванню енергетичних об'єктів.

Перелік питань, які необхідно розробити

1. Загальна характеристика об'єкту проектування
2. Розрахунок теплової потужності та вибір опалювально-вентиляційного
устаткування тваринницької ферми
3. Автономна котельня фермерського господарства
4. Основні особливості сонячних колекторів різних типів
5. Розрахунок та вибір обладнання сонячної системи гарячого водопостачання

Дата видачі завдання 28.10.2026 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра _____ / **Шеліманова О.В.** /
(підпис) (ПБ)

Завдання прийняв до виконання _____ / **Бухно К.В.** /
(підпис) (ПБ)

ЗМІСТ

	Стор.
Перелік умовних позначень, символів, одиниць, термінів.....	4
Вступ	5
1 Загальна характеристика об'єкту проектування	7
2 Розрахунок теплової потужності та вибір опалювально- вентиляційного устаткування тваринницької ферми	10
2.1 Тепловий баланс ферми ВРХ для холодного періоду року...	13
2.2 Теплові надходження до будівлі корівника.....	14
2.3 Теплові втрати будівлі корівника.....	14
2.3.1 Теплова потужність системи опалення на підігрів вентиляційного повітря.....	14
2.3.2 Теплові втрати на випаровування вологи.....	17
2.3.3 Теплові втрати через огорожувальні конструкції.....	17
2.4 Потужність систем гарячого водопостачання.....	22
3 Автономна котельня фермерського господарства.....	25
3.1 Розрахунок теплової потужності автономної котельні.....	25
3.2 Вибір та технічні характеристики котельного агрегату.....	31
4 Основні особливості сонячних колекторів різних типів.....	35
4.1 Особливості конструкції колекторів різних типів.....	35
4.2 Огрунтування вибору типу колектору.....	39
5 Розрахунок та вибір обладнання сонячної системи гарячого водопостачання.....	43
5.1 Тепловий розрахунок ССГВ	44
5.2 Основні експлуатаційні характеристики сонячних колекторів Viessmann.....	47
5.3 Визначення терміну окупності впровадження системи ССГВ корівника.....	51
Висновки	53
Список використаної літератури	54

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, ТЕРМІНІВ

a – коефіцієнт температуропровідності, $\text{м}^2/\text{с}$;

t – температура, $^{\circ}\text{C}$;

ρ – густина, $\text{кг}/\text{м}^3$;

P – тиск, Па ;

B – барометричний тиск, Па ;

r – теплота фазового переходу, $\text{кДж}/\text{кг}$;

c – масова теплоємність, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$

F – площа, м^2 ;

f – коефіцієнт заміщення;

G – витрата теплоносія, $\text{кг}/\text{с}$;

h_0 – висота Сонця, град;

j – кут між променем сонця і нормаллю до поверхні геліоколектора, град;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$;

$K_{\text{кт}}$ – коефіцієнт тепловтрат геліоколектора, $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$;

L – довжина, м ;

M – маса, кг ;

m_0 – порядковий номер дня в році;

m – питома продуктивність геліоустановки, $\text{кг}/(\text{м}^2\cdot\text{доба})$;

q – питомий тепловий потік, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

R – коефіцієнт перерахунку інтенсивності прямої сонячної радіації з горизонтальної поверхні на похилий геліоколектор;

$\beta_{\text{гк}}$ – кут установки геліоколектора відносно горизонту, град;

Δ – схилення сонця, град;

κ – середньодобовий коефіцієнт перерахунку сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні на похилий геліоколектор;

ВСТУП

Сільське господарство як одна з основних галузей народного господарства України, незважаючи на економічні та політичні перешкоди, в останні роки інтенсивно розвивається. Цей розвиток супроводжується зростаючим споживанням енергії, в загальному балансі якої основну частину займає теплова енергія.

Сільськогосподарське виробництво являє собою складний та взаємопов'язаний комплекс технічних, фізіологічних, біологічних та інших факторів, що забезпечують життєдіяльність тварин та рослин, а також зберігання продукції. Цю особливість слід враховувати при рішенні питання про його теплопостачання.

Тваринницькі підприємства споживають значну кількість води на технологічні потреби. Тепла вода необхідна для підмивання вимені перед доїнням корів, миття молочного посуду, промивки доїльної апаратури молокопроводів та іншого обладнання. Використана для миття обладнання гаряча вода не вертається в теплоенергетичну установку, оскільки містить значну кількість різноманітних домішок.

Одним з ефективних шляхів економії у сільському господарстві дефіцитного органічного палива є використання відновлюваних та вторинних енергетичних ресурсів.

Основна перевага відновлюваних джерел енергії – їх невичерпність та екологічна чистота. Тому прогнозується помітне збільшення в майбутньому використання відновлюваних джерел енергії в світі.

Відновлюваних джерел енергії використовують в основному при спорудженні малих енергоекономічних комплексів систем тепло-, водо-, газо- та електропостачання. Ось чому вони особливо перспективні для сільськогосподарського енергопостачання.

Об'єктом проектування даної кваліфікаційної бакалаврської роботи є система теплопостачання фермерського господарства, розташованого в Київській області.

Предмет проектування розробка сонячної системи гарячого водопостачання (ССГВ) для корівника на 50 голів.

Мета роботи – підвищення ефективності функціонування системи гарячого водопостачання корівника.

Для реалізації даної мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Визначити теплові потужності споруд фермерського господарства, зокрема детально розрахувати теплове навантаження для корівника на 50 голів.
2. Вибрати джерело теплової енергії для автономної котельні фермерського господарства
3. Провести розрахунок та вибір обладнання для геліоводонагрівної установки для потреб ГВП корівника.
4. Розглянути основні аспекти експлуатації геліоустановки.
5. Оцінити річну ефективність спроектованої геліосистеми та економію традиційних енергоресурсів

РОЗДІЛ 1.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ПРОЄКТУВАННЯ

Об'єктом кваліфікаційної бакалаврської роботи є невелика ферма великої рогатої худоби (ВРХ), яка розташована на околиці с. Саливонки Васильківського району Київської області.

За видом товарної продукції фермерське господарство спеціалізується на виробництві молока та вирощуванні великої рогатої худоби - дійних корів.

На території господарства знаходяться:

- корівник на 50 голів;
- кормоприготувальний цех;
- двоповерховий житловий будинок (котедж) на 4 мешканця;
- одноповерховий адміністративний будинок (офісне приміщення);
- ремонтна майстерня;

Будівля корівника являє собою дворядне приміщення, розміри якого - 12 х 40,0 м, висота стелі - 3,0 м.

Тварин утримують прив'язним способом. Для цього стійло обладнують годівницею, прив'яззю, напувалкою, системами прибирання гною та доїння.

Приміщення, де утримуються тварини, обладнане також системою освітлення. В темну пору доби приміщення освітлюється лампами розжарення, які знаходяться в світильниках типу НСП.

Доїння корів здійснюється в молокопровідник (установка АДМ-8А); поїння - з автонапувалок типу АП-1А. Прибирання гною з стійл - скребковим транспортером довжиною 6,2 м; з приміщення - похилим транспортером типу ТСН-160А (L = 80 м, P = 3,5 кВт).

Роздача кормів - мобільна з кормушки з підведенням від окремих стоячих приміщень для зберігання кормів (кормороздавач тракторний універсальний КТУ-10А потужністю 16 кВт).

Водопостачання здійснюється від водонапірної башти і за допомогою трубопроводів транспортується до корівника та інших об'єктів.

В кормоприготувальному відділенні розміщена кормодробарка „Україна” (КДУ-2 потужністю 30 кВт), призначена для подрібнювання всіх видів зерна, качанів кукурудзи, сіна, зеленої маси, силосу і коренеплодів. Технологічний процес виробництва молока та утримання тварин потребує значного споживання теплоти та водних ресурсів.

Більшу частину технологічних процесів електрифіковано. Це такі процеси, як опалення та вентиляція, прибирання гною, приготування та роздавання кормів, освітлення, водопостачання, тощо.

За надійністю електропостачання фермерське господарство відноситься до II категорії електроприймачів. Перерва в їх електропостачанні допускається протягом часу, необхідного для вмикання резервного живлення черговим персоналом чи виїзною оперативною бригадою, але не більше 3,5 годин.

Допускається живлення по одній лінії, в тому числі з кабельною вставкою, якщо її аварійний ремонт можна виконати не більше як за одну добу. Живлення може також виконуватись і по одній кабельній лінії з двох кабелів, приєднаних до одного загального апарата.

Проектом передбачається теплоспоживання ферми ВРХ від власної котельні, яка працює у водогрійному режимі. План теплопроводів теплової мережі представлений на рис. 1.1.

Гаряча вода для потреб утримання та вирощування ВРХ виробляється за допомогою спроектованої системи гарячого водопостачання з ємнісним бойлером.

Потрібний тепло-вологісний режим в робочому приміщенні ферми підтримується за рахунок повітряної системи опалення, яка сумісна з системою примусової припливної вентиляції. Подача свіжого повітря - механічна, здійснюється за допомогою відцентрового вентилятора.

В холодний період року припливне повітря підігрівається в водяному пластинчастому калорифері і по чотирьох розподільчих повітропроводах

рівномірної роздачі вентиляційного повітря поступає до робочого приміщення.

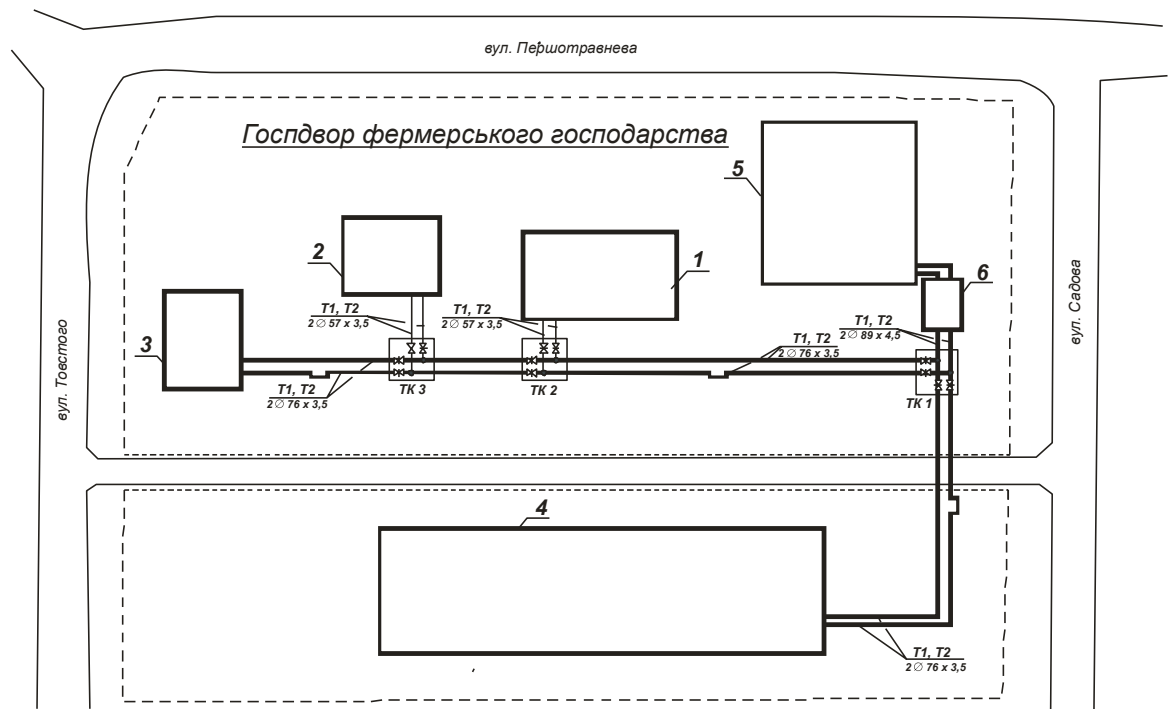


Рис. 1.1. План теплопроводів теплової мережі котельні фермерського господарства:

- 1 - адміністративне приміщення, 2 - ремонтна майстерня
- 3 - цех приготування кормів, 4 - корівник
- 5 - житловий котедж, 6 – котельня.

Розподільчі повітропроводи розташовані над кожним рядом утримання тварин; для регулювання кількості припливного повітря кожний розподільчий повітропровід обладнаний заслінкою.

Видалення забрудненого повітря здійснюється природною тягою через вентиляційні башти та поздовжні щілини між плитами під стелею.

В теплий період року припливне повітря подається вентилятором до робочих приміщень ферми ВРХ без підігріву, а додатковий повітрообмін здійснюється через вікна.

РОЗДІЛ 2.

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО УСТАТКУВАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

Максимальну потужність систем опалення та вентиляції ферми ВРХ визначають розрахунками повітрообміну та теплового балансу приміщення ферми для холодного періоду року в залежності від нормативних параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря, кількості теплоти, вуглекислого газу, водяної пари, які виділяють тварини.

Згідно норм проектування систем опалення, місце розташування тваринницького комплексу (с. Саливонки Васильківського району Київської області) відноситься до кліматичної зони, параметри зовнішнього повітря якої наведені в таблиці 2.1.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря приймаємо згідно діючих нормативів [3]:

при проектуванні опалення - параметри Б;

при проектуванні вентиляції:

- для холодного періоду - параметри Б - в будівлях для крупного рогатого скоту для районів з температурою найбільш холодних 5-ти діб нижче - 10°C ; в цих будівлях, які проектуються для інших кліматичних районів - параметри А;
- для теплого періоду - параметри А;
- для перехідного періоду:
температура повітря 10°C ;
відносна вологість 70%.

Розрахункові параметри всередині приміщення, тепло-, волого- та газовиділення тварин приймаються згідно норм технологічного проектування тваринницьких ферм [6]. Відхилення від розрахункових температур допускається в границях $+2^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.1

Розрахункові параметри зовнішнього повітря при проектуванні систем опалення та вентиляції будівель для Київської області [3]

Найменування параметру	Період року	
	теплій	холодний
Географічна широта, град. с. ш.	51	
Барометричний тиск, ГПа	990	
Зона клімату	нормальна	
Тривалість опалювального періоду, доба	187	
Середня температура за опалювальний період, °C	-1,1	
Параметр А: - температура, °C	23,7	-10
- теплоємність, кДж/кг	56,6	-6,7
- швидкість вітру, м/с	1,0	5,3
Параметр Б: - температура, C	28,7	-22
- теплоємність, кДж/кг	56,1	-20,7
- швидкість вітру, м/с	1,0	4,2

Приміщення для утримання корів повинні бути обладнані вентиляцією, яка забезпечує такі норми (мінімальні) повітрообміну (на 1 центнер маси тварин) [6]:

в холодний період року:

- для дорослих тварин - 15 м/год;
- для телят - 18 м/год;

в теплий період року:

- для дорослих тварин - 70 м/год;
- для телят - 100 м3/год;

Нормативні значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря виробничих приміщень для утримання корів

- внутрішня температура - $t_v = 10^{\circ}\text{C}$,
- відносна вологість - $\phi_v = 40\ldots 75\%$

Нормативні значення шкідливих виділень окремими групами корів – наведені в таблиці 2.2.

Необхідні параметри внутрішнього повітря повинні бути забезпечені в робочій зоні утримання тварин, висоту якої для ВРХ приймають на рівні 1,5 м.

Таблиця 2.2

Виділення теплоти, вологи та вуглекислого газу деякими групами корів [6]

Група тварин	Маса, кг	Тепловий потік тепловиділень, Вт		Вологовиділення, г/год	Виділення CO ₂ , л/год
		повні	вільні		
Корови при рівні лактації: 5 л/добу	400	614	442	253	82
	500	709	511	292	104
	600	797	574	326	128
10 л/добу	400	643	463	265	87
	500	736	530	303	110
	600	822	592	338	134
15 л/добу	400	716	515	296	92
	500	816	587	336	116
	600	905	651	373	139

2.1. Тепловий баланс ферми ВРХ для холодного періоду року

Розрахунок потужності системи теплоспоживання ферми ведеться для повітряної системи опалення, яка сумісна в холодний період року з системою примусової припливної вентиляції.

Вихідні дані для розрахунку потужності систем опалення та вентиляції тваринницької ферми:

- тип тваринницької ферми - корівник;
- тип тварин - корови дійні;
- рівень лактації - 10 л/добу;
- маса тварини - 500 кг;
- кількість голів - 50;
- тип системи опалення - повітряна, яка сумісна з припливною вентиляцією;
- технічні параметри будівлі ферми:
 - робочий об'єм ферми - 1440 м³;
 - площа поверхні - 480 м²;
 - висота стелі - 3,0 м;
- розрахункові параметри зовнішнього повітря:
 - температура $t_0 = -22$ °C;
 - відносна вологість $\phi_0 = 70\%$;
- розрахункові параметри внутрішнього повітря:
 - температура $t_v = 12$ °C;
 - відносна вологість $\phi_v = 60\%$.

Теплову потужність системи опалення Q_0 , кВт, визначаємо з рівняння теплового балансу приміщення ферми для холодного періоду року

$$Q_0 = Q_{\text{т.втр}} + Q_{\text{в}} + Q_{\text{вип}} + Q_{\text{інф}} - Q_{\text{тв}} - Q_{\text{осв}} \quad (2.1)$$

де $Q_{\text{т.втр}}$, кВт - теплові втрати приміщення через огорожувальні будівельні конструкції;

Q_v , кВт - тепловий потік, який витрачається на підігрів припливного повітря;

$Q_{\text{вип}}$, кВт - тепловий потік на випаровування вологи з відкритих та змочених поверхонь;

$Q_{\text{інф}}$, кВт - тепловий потік на підігрів інфільтрованого повітря;

$Q_{\text{тв}}$, кВт - тепловий потік, який виділяється тваринами;

$Q_{\text{осв}}$, кВт - тепловий потік від електроосвітлення;

2.2. Теплові надходження до будівлі корівника

Теплові надходження від тварин $Q_{\text{тв}}$, кВт, в холодний період року обумовлені вільними тепловиділеннями і визначаються за формулою

$$Q_{\text{тв}} = K_t' \cdot q \cdot n \cdot 10^{-3}, \quad (2.2)$$

де K_t - температурний коефіцієнт вільних тепловиділень;

при $t_v = 10^\circ\text{C}$ $k_t = 0,95$ [16];

q , Вт - тепловий потік вільних тепловиділень однією твариною; згідно даних таблиці 2.2 $q = 463$ Вт;

n - кількість голів; $n = 50$.

$$Q_{\text{тв}} = 0,95 \cdot 463 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 22,0 \text{ кВт}.$$

2.3. Теплові втрати будівлі корівника

2.3.1 Теплова потужність системи опалення на підігрів вентиляційного повітря Q_v , Вт, визначається за формулою

$$Q_v = 0,28 \cdot c_p \cdot \rho \cdot L_v (t_v - t_o), \quad (2.3)$$

де c_p , кДж/(кг·К) - питома ізобарна теплоємність повітря;

$c_p = 1,0$ кДж/(кг·К)

ρ , кг/м³ - густина внутрішнього повітря;

L , м³/год - витрати вентиляційного повітря;

$t_b, t_0, ^\circ\text{C}$ - розрахункові температури припливного (підігрітого) та зовнішнього повітря.

Визначимо кількість вентиляційного повітря, яке потрібне для видалення шкідливих речовин, що надходять в приміщення ферми від тварин.

Вологовиділення тваринами $W_{\text{ТВ}}$, г/год, розраховується за формулою

$$W_{\text{ТВ}} = K_t'' \cdot W \cdot n, \quad (2.4)$$

де

K_t'' – температурний коефіцієнт вологовиділень; при $t_b = 12 ^\circ\text{C}$

$K_t'' = 1,104$ [6];

W , г/год – вологовиділення однією твариною; $W = 303$ г/год [6];

Для проектованої ферми маємо

$$W_{\text{ТВ}} = 1,104 \cdot 303 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 16,7 \text{ кг/год.}$$

Кількість вуглекислого газу V_{CO_2} , л/год, яке виділяється тваринами, визначається таким чином

$$V_{\text{CO}_2} = K_t''' \cdot V_{\text{CO}_2}' \cdot n, \quad (2.5)$$

де

K_t''' – температурний коефіцієнт виділень вуглекислого газу;

$K_t''' = 1,04$ [6];

V_{CO_2}' , л/год – кількість вуглекислого газу, яке виділяється однією твариною; $V_{\text{CO}_2}' = 110$ л/год [6];

Для вихідних даних маємо

$$V_{\text{CO}_2} = 1,04 \cdot 110 \cdot 50 = 5720 \text{ л/год.}$$

Витрати вентиляційного повітря L_b , $\text{м}^3/\text{год}$, визначаємо за умови видалення з приміщення

– водяної пари

$$L_b = \frac{W}{\rho \cdot (d_b - d_o)}, \quad (2.6)$$

де

W , г/год – сумарні вологовиділення всередині приміщення;

ρ , кг/м³ – густина внутрішнього повітря; $\rho = 1,2$ кг/м³;

d_v, d_o , г/(кг с.п.) – вологовміст внутрішнього та зовнішнього повітря.

Сумарні вологовиділення в приміщенні W , г/год, визначаються за формулою

$$W = W_{\text{ТВ}} + W_{\text{м.п.}}, \quad (2.7)$$

де $W_{\text{м.п.}}$, г/год - вологовиділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь; допускається приймати $W_{\text{м.п.}} = 0,1 \cdot W_{\text{ТВ}}$

Тоді

$$W = 1,1 \cdot W_{\text{ТВ}} = 18400 \text{ г/год.}$$

Вологовміст внутрішнього d_v та зовнішнього d_o повітря визначаємо за h - d діаграмою вологого повітря:

$$d_v = 5 \text{ г/(кг с.п.)};$$

$$d_o = 0,5 \text{ г/(кг с.п.)}.$$

Витрати вентиляційного повітря, які потрібні для видалення з приміщення водяної пари, дорівнюють

$$L_v = 18400 / (1,2 \cdot (5 - 0,5)) = 3407 \text{ м}^3/\text{год};$$

– - вуглекислого газу

$$L_b = \frac{V_{\text{CO}_2}}{C_{\text{гр}} - C_o}, \quad (2.8)$$

де

$C_{\text{гр}}$, л/м³ – гранично допустима концентрація вуглекислого газу всередині приміщення; згідно [6] $C_{\text{гр}}$ можна прийняти $C_{\text{гр}} = 2$ л/м³;

C_o , л/м³ – концентрація вуглекислого газу в зовнішньому (припливному) повітрі; приймаємо $C_o = 0,3$ л/м³ [3].

$$L_b = 5720 / (2 - 0,3) = 3365 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрати вентиляційного повітря згідно норми мінімального повітрообміну розраховуються за формулою

$$L_v = l \cdot m, \quad (2.9)$$

де

l , $\text{м}^3/\text{год}$ – норми мінімального повітрообміну на 1 ц маси тварин; для холодного періоду в комплексах ВРХ $l = 15 \text{ м}^3/\text{год}$;

m , ц – маса тварин; $m = 250$ ц.

Згідно норм мінімального повітрообміну необхідні витрати вентиляційного повітря дорівнюють

$$L_v = 3750 \text{ м}^3/\text{год}.$$

З трьох розрахованих величин витрати вентиляційного повітря приймаємо найбільшу:

$$L_v = 3750 \text{ м}^3/\text{год}.$$

За формулою (2.3) визначимо теплову потужність системи на підігрів вентиляційного повітря

$$Q_v = 39270 \text{ Вт} = 39,3 \text{ кВт}.$$

2.3.2 Теплові втрати системи опалення на випаровування вологи

Втрати теплоти на видалення вологи з відкритих та змочених поверхонь в робочому приміщенні $Q_{\text{вип}}$, кВт, визначається за формулою

$$Q_{\text{вип}} = 0,69 \cdot W_{\text{м.п.}} \quad (2.10)$$

Для умов проекту

$$Q_{\text{вип}} = 1,2 \text{ кВт}.$$

2.3.3 Теплові втрати через огороджувальні конструкції

Ці втрати розрахуємо за таких технічних характеристик будівлі корівника:

- Габарити технологічного приміщення (за зовнішніми замірами): $12 \times 40,0 \text{ м}^2$;

- Об'єм приміщень для утримання тварин: 1440 м³
- Зовнішні несучі огорожувальні конструкції: кладка у дві звичайні цеглини з внутрішньою штукатуркою;
- Переkritтя: дерев'яне по залізобетонному каркасу (збірні ребристі залізобетонні плити) з пароізоляцією (один прошарок рубероїду) та утеплювачем (мінеральна вата);
- Покрівля: азбестоцементні листи на дерев'яному настилі та дерев'яних стропилах;
- Підлога: керамзитобетон товщиною 0.15 м;
- Віконні блоки: з подвійним склінням, площа блоку – 1,5 м²
кількість блоків – 80 штук.

Теплові втрати $Q_{\text{т.втр.}}$, кВт, розраховуються для кожної огорожувальної конструкції приміщення за формулою

$$Q_a = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{о}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot 10^{-3} , \quad (2.11)$$

де A , м² – площа поверхні огорожувальної конструкції;

R , (м²·°C)/Вт – термічний опір конструкції;

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{о}}$ – розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря;

n – коефіцієнт, який залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря; визначається за даними [8];

β – додаткові теплові втрати (у відсотках до основних теплових втрат), які враховуються для зовнішніх вертикальних та похилих поверхонь

Термічний опір огороження R , (м²·°C)/Вт, визначається для кожної конструкції як сума

$$R = R_{\text{з}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{\text{в}} , \quad (2.12)$$

де $R_3, R_6, (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ – термічні опори тепловіддачі від зовнішньої та до внутрішньої поверхонь конструкції;

$\delta_i, м$ – товщина прошарку;

$\lambda_i, Вт/(м \cdot К)$ – теплопровідність матеріалу прошарку;

n – кількість прошарків у будівельній конструкції.

Втрати теплоти через неутеплену підлогу визначаються за окремими зонами – смугами шириною 2 м, паралельними зовнішнім стінам.

Сумарні втрати через підлогу $Q_n, кВт$, розраховуються за формулою

$$Q_n = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} (t_e - t_o) \cdot 10^{-3}, \quad (2.13)$$

де $F_i, м^2$ – площа однієї зони;

$R_i, (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ – опір теплопередачі відповідних зон; для першої зони $R = 2,1 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, для другої – $R = 4,3 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, для третьої – $R = 8,6 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$, для решти підлоги – $R = 14,2 (m^2 \cdot ^\circ C)/Вт$; n – кількість зон.

Вихідні дані для розрахунку теплових втрат технологічних приміщень ферми (тип та складові огорожувальних поверхонь, їх геометричні розміри, орієнтація конструкцій по відношенню до сторін світу) наведено в таблиці 2.3, а підсумкові розрахункові теплові втрати, визначені згідно вищевказаної методики, в таблиці 2.4.

Таким чином, для одноповерхової споруди тваринницької ферми маємо:

– загальна площа споруди – $12,0 \times 40,05 = 480,6 м^2$ (за зовнішніми замірами);

– теплові втрати будівлі – $Q_{т.втр} = 28,993 кВт$;

З рівняння теплового балансу будівлі ферми (2.1) для холодного періоду року при розрахункових параметрах внутрішнього та зовнішнього повітря визначаємо максимальну теплову потужність системи повітряного опалення, сумісної з системою вентиляції $Q_{овс}$, кВт:

$$Q_{овс} = 51,7 \text{ кВт.}$$

Таблиця 2.3

Теплотехнічні характеристики огороджувальних конструкцій будівлі ферми

Найменування та умовне позначення огороджувальної конструкції	Параметри		
	δ_i , м	λ_i , Вт/(м·К)	$\delta\Sigma$, м
Зовнішня стіна (ЗС): - кладка в 2 цегли на важкому цементному розчині - внутрішня штукатурка	0.510 0.015	0,810 0,930	0,525
Перекрыття (СТ): - залізобетонна плита - настил з дощок - пароізоляція з рубероїду - утеплювач – минеральна вата	0.035 0.025 0.0015 0.140	1,630 0,170 0,170 0,070	0,200
Підлога (ПЛ): - плита керамзитобетонна	0.150	0,350	0,350
Вікно у дерев'яній рамі (ВР): - подвійне застібання	0.050		0,050

Таблиця 2.4

Розрахункові теплові втрати будівлі через огорожувальні конструкції

№	Позначення конструкції	R_0 , ($\text{м}^2 \cdot \text{К}$)/Вт	n	N	$Q_{\text{дод}}, \%$		$Q_{\text{ог.кон}},$ кВт
					вітер	напрям	
1	ЗС	0,804	1,0	1	5	0	5,275
2	ЗС	0,804	1,0	1	5	10	5,777
3	СТ	2,43	0,9	1	-	-	10,545
4	Двері (Д)	0,5	1,0	2	0	0	1,265
5	ВП	0,345	1,0	12	5	5	2,269
6	ПЛ: - 1 зона - 2 зона - 3 зона	2,580 4,730 9,030	1,0	1	-	-	3,861
ВСЬОГО							28,993

Згідно отриманих даних визначимо такі параметри опалювального сезону для тваринницького комплексу:

- тривалість опалювального сезону $n_o = 123$ доби;
- середня температура опалювального сезону $t_{o.\text{сер}} = -4,2$ °С.

Середня (за опалювальний сезон) теплова потужність опалювально-вентиляційної системи ферми $Q_{\text{ОВС,сер}}$, кВт, визначається за формулою:

$$Q_{\text{ОВС,сер}} = Q_{\text{ОВС}} \cdot (t_b - t_{o.\text{сер}}) / (t_b - t_o) \quad (2.14)$$

2.4 Потужність системи гарячого водопостачання

Середня теплова потужність систем гарячого водоспоживання для опалювального сезону Q_{hm} , кВт, визначається за формулою

$$Q_{hm} = \sum_{i=1}^N \frac{c_p \cdot b_i \cdot N \cdot (t_g - t_{x.g})}{24 \cdot 3600}, \quad (2.15)$$

де c_p , кДж/(кг·К) – питома теплоємність води; $c_p = 4,19$ кДж/(кг·К);

b_{ii} , кг/доба – середньодобова норма споживання гарячої води тваринами розрахункової групи; $b_i = 10,0$ кг/доб;

N – кількість голів;

t_g , °С – температура гарячої води; $t_g = 55$ °С;

$t_{x.g}$, °С – температура холодної води для опалювального сезону; $t_{x.g} = 5$ °С;

Максимальна теплова потужність систем гарячого водопостачання розраховується за формулою

$$Q_{h \max} = k_{\text{нер}} \cdot Q_{hm}, \quad (2.16)$$

де $k_{\text{нер}}$ – коефіцієнт нерівномірності споживання гарячої води на протязі доби; для тваринницьких підприємств $k_{\text{нер}} = 2,5$ [24].

Теплова потужність систем гарячого водопостачання в літній період $Q_{h \max}^S$, кВт:

$$Q_{hm}^S = \alpha \cdot Q_{hm} \frac{55 - t_{x.g}^S}{55 - t_{x.g}}, \quad (2.17)$$

де α – коефіцієнт, який враховує зміну середніх витрат води на гаряче водоспоживання в неопалювальний період; для тваринницьких підприємств $\alpha = 1,0$; $t_{x.g}^S$, °С – температура холодної води в неопалювальний період; приймається $t_{x.g}^S = 15$ °С.

Річні витрати теплоти Q_h^{pik} , ГДж, тваринницьким комплексом на потреби гарячого водоспоживання визначаються за формулою

$$Q_h^{pik} = 3,6 \cdot [Q_{hm} \cdot n_{OBC}^{me} \cdot z_o + Q_{hm}^S \cdot z_o \cdot (350 - n_{OBC}^{me})] \cdot 10^{-3}, \quad (2.18)$$

Річні витрати теплоти Q_h^{pik} , ГДж, тваринницьким комплексом на потреби гарячого водоспоживання визначаються за формулою

$$Q_h^{pik} = 3,6 \cdot [Q_{hm} \cdot n_{OBC}^{me} \cdot z_o + Q_{hm}^S \cdot z_o \cdot (350 - n_{OBC}^{me})] \cdot 10^{-3}, \quad (2.19)$$

Результати розрахунків системи гарячого водопоспоживання ферми ВРХ наведено в таблиці 2.5, а підсумкові дані теплоспоживання ферми – в таблиці 2.6.

Таблиця 2.5

Теплові навантаження системи гарячого водопостачання ферми ВРХ

<u>Теплові навантаження системи гарячого водоспоживання ферми ВРХ:</u>	
опалювальний період:	
розрахункова теплова потужність, кВт	19,6
середня теплова потужність, кВт	7,9
неопалювальний період:	
розрахункова теплова потужність, кВт	15,7
середня теплова потужність, кВт	6,3
Річні потреби теплової енергії на системи гарячого водопостачання, ГДж	103,3

Таблиця 2.6

Показники системи теплоспоживання тваринницької ферми

ВИХІДНІ ДАНІ	
Місце розташування Тип тварини Кількість голів у фермі	с. Саливонки Васильківський р-н Київської обл. Корови дійні 50
РОЗРАХУНКОВІ ДАНІ	
Параметри опалювального сезону: тривалість, доба середня температура повітря, °С гранична температура повітря, °С	123 -4,2 1,6
Границі температурних періодів: холодний період перехідний період теплий період	-22...1,6 °С 1,6...+10 °С >+10 °С
ОВС (опалювально-вентиляційні системи) розрахункова теплова потужність, кВт середня теплова потужність, кВт	51,7 24,6
Системи гарячого водопостачання (ГВП); опалювальний період: - Розрахункова теплова потужність, кВт - Середня теплова потужність, кВт Неопалювальний період: - Розрахункова теплова потужність, кВт - Середня теплова потужність, кВт	19,6 7,9 15,7 6,3
Сумарна (ОВС+ГВП) теплова потужність, кВт; - Опалювальний період - Неопалювальний період	71,3 15,7
Річні потреби теплової енергії на: - Опалювально-вентиляційні системи, ГДж - Системи гарячого водопостачання, ГДж	124 103.3
Сумарні річні потреби теплової енергії, ГДж	227.3

РОЗДІЛ 3. АВТОНОМНА КОТЕЛЬНЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

3.1 Розрахунок теплової потужності автономної котельні

Види теплового навантаження абонентів, які підключені до теплової мережі котельні:

- опалення;
- гаряче водопостачання;
- вентиляція;
- повітряна система опалення, сумісна з системою вентиляції.

Технічні характеристики опалювальних від автономної котельної споруд наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Характеристика споживачів теплової енергії фермерського господарства

№ п/п	Найменування приміщення	Об'єм споруди м ³	Площа (в плані), м ²	S, град.-доба	Кіл.
1	Адміністративне приміщення	400	133,3	3572	1
2	Ремонтна майстерня	140	46,7	3198	1
3	Цех приготування кормів	150	50	3572	1
4	Житловий котедж	1333	362	3572	1
5	Корівник	1440	480	3572	1

Розрахунок потужності систем теплоспоживання ферми ВРХ виконаний в розділі 2, а теплову потужність інших будівельних споруд розрахуємо за укрупненими показниками

Вихідні дані для розрахунку потужності систем теплоспоживання інших споживачів автономної котельні:

- район розташування будинків (таблиця 2.1);
- призначення приміщення (таблиця 3.1);
- геометричні параметри будівельної споруди (таблиця 3.1).

Витрати теплоти на опалення Q_o , кВт, визначимо за формулою

$$Q_o = q_o \cdot V \cdot (t_g - t_z) \cdot 10^{-3} \quad (3.1)$$

де q_o , Вт/(м³·К) – питома опалювальна характеристика будівлі; вибирається згідно даних [5] в залежності від соціального призначення та об'єму приміщення;

V , м³ – об'єм будівлі за зовнішніми замірами;

t_g , °С – температура внутрішнього повітря; вибирається згідно даних [5] в залежності від соціального призначення приміщення;

t_z , °С – розрахункова температура зовнішнього повітря при проектуванні опалення (параметр Б для холодного періоду, таблиця 2.1).

Теплова потужність систем вентиляції Q_v , кВт, адміністративного, ремонтного та кормоприготувального приміщень розраховуються за формулою

$$Q_v = q_v \cdot V \cdot (t_g - t_o) \cdot 10^{-3} \quad (3.2)$$

де q_v , Вт/(м³·К) – питома вентиляційна характеристика будівлі; вибирається згідно даних [5] в залежності від об'єму приміщення;

За розрахункову температуру зовнішнього повітря приймається:

– середня температура найбільш холодних 5-ти діб (параметр Б для холодного періоду) при проектуванні систем опалення і загальнообмінної вентиляції, яка сумісна з системою повітряного опалення;

– середня температура найбільш холодного періоду (параметр А для холодного періоду) при проектуванні загальнообмінної вентиляції.

Для споживачів теплової енергії з водяною системою опалення приймаємо $t_z = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Середня за опалювальний сезон теплова потужність систем опалення $Q_{o, \text{сep}}$, кВт, визначається за формулою (2.14)

де середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря; приймається за даними [4]; для даної місцевості $t_{o, \text{сep}} = -1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результати розрахунків теплової потужності систем опалення та вентиляції будівель фермерського господарства наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Теплові потужності систем опалення та вентиляції будівельних споруд фермерського господарства

№ п/п	Найменування приміщення	V, м³	t _в , °C	q _o , Вт/(м³·K)	q _v , Вт/(м³·K)	Q _o , кВт	Q _v , кВт
1	Адміністративне приміщення	400	18	0,567	0,105	9,1	1,2
2	Ремонтна майстерня	140	16	0,708	0,233	3,8	0,8
3	Цех приготування кормів	150	18	0,567	0,105	3,4	0,4
4	Житловий котедж	1333	18	0,778	-	41,5	-
ВСЬОГО:						57,8	2,4

Середня теплова потужність систем гарячого водоспоживання для опалювального сезону Q_{hm} , кВт, визначається за формулою

$$Q_{hm} = \sum_{i=1}^N \frac{c_p \cdot b_i \cdot N \cdot (t_z - t_{x.g})}{24 \cdot 3600}, \quad (3.4)$$

де c_p , кДж/(кг·K) – питома теплоємність води; $c_p = 4,19$ кДж/(кг·K);

b_{ii} , кг/доба – середньодобова норма споживання гарячої води

N – кількість споживачів;

t_{Γ} , °C – температура гарячої води; $t_{\Gamma} = 55$ °C;

$t_{\text{х.в}}$, °C – температура холодної води для опалювального сезону; $t_{\text{х.в}} = 5$ °C;

Максимальна теплова потужність систем гарячого водопостачання розраховується за формулою

$$Q_{h \max} = k_{\text{нер}} \cdot Q_{hm}, \quad (3.5)$$

де $k_{\text{нер}}$ – коефіцієнт нерівномірності споживання гарячої води на протязі доби;

Теплова потужність систем гарячого водопостачання в літній період

$Q_{h \max}^S$, кВт:

$$Q_{hm}^S = \alpha \cdot Q_{hm} \frac{55 - t_{\text{х.в}}^S}{55 - t_{\text{х.в}}}, \quad (3.6)$$

де α – коефіцієнт, який враховує зміну середніх витрат води на гаряче водоспоживання в неопалювальний період; для житлових будинків

$$\alpha = 0,8;;$$

$t_{\text{х.в}}^S$, °C – температура холодної води в неопалювальний період; приймається

$$t_{\text{х.в}}^S = 15 \text{ °C}.$$

Середньодобова теплова потужність $Q_{hm}^{\text{k.пр}}$, кВт, системи гарячого водопостачання кормоприготувального цеху визначається за формулою

$$Q_{hm}^{\text{k.пр}} = \sum (c_p m_i M_i (t_{\text{в}} - t_{\text{х.в}})) / (24 \cdot 3600) \quad (3.7)$$

де c_p , кДж/(кг·К) – питома теплоємність води;

m_i , кг/кг – питомі витрати гарячої води на приготування кормів заданого типу; приймаємо згідно даних [14] для ВРХ $m_i = 3,0$ кг/кг;

M_i , кг/доба – середньодобова норма споживання кормів даного типу;

Результати розрахунків теплової потужності систем гарячого водопостачання для опалювального та неопалювального періодів наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Теплові потужності систем гарячого водопостачання будівельних
споруд фермерського господарства

№ п/п	Найменування приміщення	a, b, кг/доба	m	Теплова потужність, кВт	
				період	
				$Q_{h \max}$	$Q_{s \ h \max}$
1	Адміністративне приміщення	5	10	0,42	0,28
2	Ремонтна майстерня	30	5	1,26	0,84
3	Цех приготування кормів	3	5	1,85	1,23
4	Житловий котедж	105	4	3,52	2,34
ВСЬОГО:				7,05	4,69

Річні витрати теплоти для житлових та суспільно-адміністративних приміщень визначаються за формулами:

– на опалення Q_o^{rik} , ГДж

$$Q_o^{rik} = 3,6 Q_o z_o n_o ((t_o - t_{o,cep}) / (t_b - t_o)) \quad (3.8)$$

де Q_o , кВт – розрахункова теплова потужність систем опалення;

z_o , год – кількість годин роботи систем опалення на протязі доби;

$z_o = 24$ год;

n_o , доба – тривалість опалювального періоду; для даної місцевості

$n_o = 187$ діб;

– на вентиляцію Q_v^{rik} , ГДж

$$Q_v^{rik} = 3,6 Q_v z_v n_v ((t_v - t_{v,cep}) / (t_b - t_v)) \quad (3.9)$$

де Q_v , кВт – розрахункова теплова потужність систем вентиляції;

z_v , год – кількість годин роботи систем вентиляції на протязі доби;

$z_v = 12$ год;

Річні витрати теплової енергії Q_h рік, ГДж, на потреби гарячого водопостачання визначаються за формулою

$$Q_h^{рік} = 3,6 \cdot [Q_{hm} \cdot n_{OBC}^{me} \cdot z_o + Q_{hm}^S \cdot z_o \cdot (350 - n_{OBC}^{me})] \cdot 10^{-3}, \quad (3.10)$$

Річні витрати теплової енергії фермерського господарства розраховуються за формулою:

$$Q_{ферм\ рік} = Q_o\ рік + Q_v\ рік + Q_{OBC\ рік}. \quad (3.11)$$

Річне теплоспоживання будівлі офісно-житлового котеджу на потреби опалення складає:

$$Q_{o,кот.\ рік} = 320 \text{ ГДж};$$

Річне теплоспоживання адміністративної та господарських будівель фермерського господарства на потреби опалення та вентиляції:

$$Q_{o,госп.\ рік} = 300 \text{ ГДж};$$

Річне теплоспоживання фермерського господарства на потреби гарячого водопостачання:

$$Q_h\ рік = 215 \text{ ГДж}.$$

Річне теплоспоживання фермою ВРХ (опалювально-вентиляційні системи та гаряче водопостачання, таблиця 2.5 розділу 2

$$Q_{OBC\ рік} = 227,3 \text{ ГДж}.$$

Сумарні потреби фермерського господарства в тепловій енергії складають:

$$Q_{ферм\ рік} = 320 + 300 + 215 + 227 = 1062 \text{ ГДж}.$$

3.2 Вибір та технічні характеристики котельного агрегату

Тип та кількість котельних агрегатів вибираємо в залежності від сумарної максимальної теплової потужності споживачів теплової енергії.

Розрахункову максимальну теплову потужність автономної котельної установки $Q_{\text{куп}}$, кВт, слід визначати за формулою

$$Q_{\text{куп}} = 1,15 \cdot (Q_o + Q_{\text{hm}} + Q_{\text{овс}}), \quad (3.12)$$

де Q_o , кВт, – розрахункова теплова потужність системи опалення;

Q_{hm} , кВт, – розрахункова середня теплова потужність системи гарячого водопостачання в опалювальний період;

$Q_{\text{овс}}$, кВт, – розрахункова теплова потужність опалювально-вентиляційних систем ферми ВРХ.

На основі результатів розрахунків максимальної потужності теплоспоживання об'єкта проектування отримуємо значення розрахункової максимальної теплової потужності котельного агрегату

$$Q_{\text{куп}} = 1,15 \cdot (41,5 + 16,9 + 2,4 + 4,7 + 6,3 + 51,7) \approx 142,0 \text{ кВт.}$$

Витрати природного газу V , м³/год, при максимальному теплонавантаженні визначимо за формулою:

$$V = 1,2 \cdot (Q_{\text{кот.уст}} / \eta_{\text{кот.уст}} \cdot Q_{\text{нр}}) \cdot 3600, \quad (3.13)$$

де $\eta_{\text{кот.уст}}$ – середній ККД котельної установки; приймається $\eta_k = 0,93$ [8];

$Q_{\text{нр}}$, Дж/м³ – нижня теплота згоряння палива; для природного газоподібного палива газопроводу “Дашава-Київ” можна прийняти $Q_{\text{нр}} = 35,9 \cdot 10^6$ Дж/м³ [15];

$Q_{\text{кот.уст}}$, Вт – теплова потужність котельної установки.

$$V = 1,2 \cdot (142000 / (35,9 \cdot 10^6 \cdot 0,93)) \cdot 3600 = 18,3 \text{ м³/год.}$$

Вибір конкретного типу котельного агрегату та допоміжного котельного обладнання потрібно виконувати на основі критеріїв збалансованості ціни та технічних характеристик.

Згідно вищесказаного, вибираємо низькотемпературний чавунний водогрійний котел VIESSMANN VITOROND (Німеччина) 100 типу VR2B максимальної теплопродуктивності 63 кВт з підігрівом води (теплоносія) до температури 90 °С; температура води на вході в котел (зворотна вода з тепломережі) – 60 °С. Тип палива – природний газ та рідке паливо; кількість котельних агрегатів – 2 (два).

Переваги котла вибраного типу [16]:

- нормативний ККД – 94,5%;
- теплообмінні поверхні Eutectoplex забезпечують високу експлуатаційну надійність і тривалий термін служби. Гомогенна кристалічна структура спеціального сірого чавуну евтектичного типу забезпечує однорідність теплових потоків і перешкоджає утворенню тріщин;
- конфігурація камери згоряння адаптована до геометрії факела, а триходова схема котлового блоку забезпечує високу повноту згоряння;
- економний і екологічно ощадливий режим погодозалежної теплогенерації зі зниженням температури теплоносія при підвищенні температури зовнішнього повітря;
- литі сегменти з еластичним ущільненням для надійної герметизації на стороні топкових газів.
- струменева система циркуляції Jetflow направляє охолоджений теплоносій по зворотній магістралі через весь котел, що перешкоджає випадінню конденсату в газоходах і тріщин;
- ефективна тепловіддача котлової води за рахунок широких проходів між жаровими трубами і великого водонасичення котлового блоку;
- швидкість монтажу обшивки і контролера котла завдяки швидкокороз'ємним з'єднанням Fastfix фірми Viessmann;
- Невелике число деталей, які просто вставляються
- один в одного, спеціальні інструменти не потрібні.
- полегшення повної чистки водогрійного котла завдяки горизонтальному розташуванню газоходів.

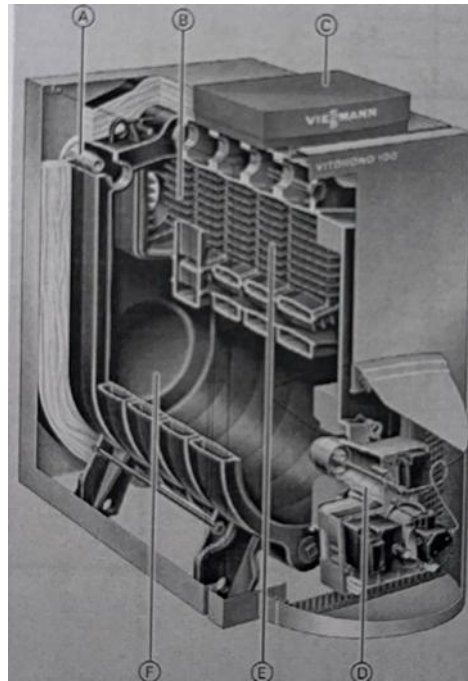


Рис. 3.1. Переріз котла VITOROND 100 типу VR2B [3]:

A – спеціальні гідравлічні зв'язки з системою Jetflow; B – теплообмінні поверхні Eutectorplex із спеціального гомогенного сірого чавуну; C – Vitotronic - контролер нового покоління; D – пальник Vitoflame 200; E – газохід; F – камера згоряння

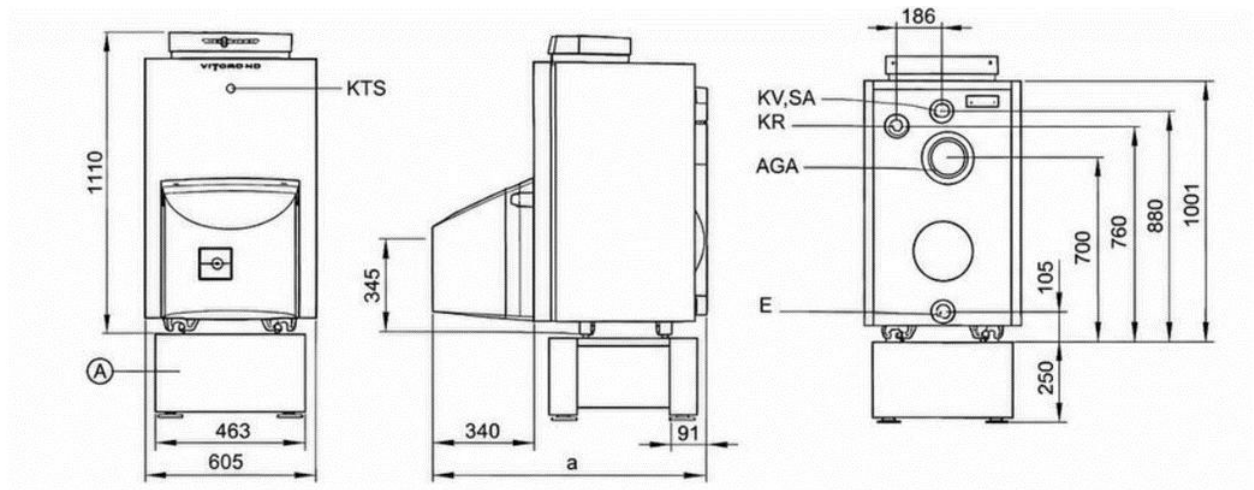


Рис. 3.2 Конструктивні розміри котла VIOROND 100 типу VR2B [3]:

A – опорна рама; AGA – витяжка відхідних газів; E – випускний вентиль і мембранний розширювальний бак; KR – зворотна магістраль котла; KTS – датчик температури котлової води; KV – патрубок аварійної лінії (запобіжний клапан)

Основні технічні характеристики водогрійного котла VITOROND 100 типу VR2B наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Технічні характеристики водогрійного котла VITOROND 100 типу VR2B [16]

Номинальна теплова потужність кВт	40	50	63	80
Розміри котлового блока				
Довжина мм	583	710	837	964
Ширина мм	512	512	512	512
Висота мм	935	935	935	935
Габаритні розміри				
Загальна довжина (розмір а) мм	915	1040	1170	955*1
Загальна ширина мм	565	565	565	565
Загальна висота мм	1110	1110	1110	1110
Висота опорної рами мм	250	250	250	-
Маса котлового блока кг	186	237	288	340
Об'єм котлової води л	50	63	76	89
Допустимий тиск бар	3	3	3	3
Параметри відхідних газів				
Температура при температурі котлової води				
40°C	145	145	145	145
75°C	170	170	170	170
Нормативний ККД при температурі опалювальної системи 75/60°C	94,5	94,5	94,5	94,5
Об'єм газу в водогрійному котлі л	63	82	102	122
Опір на стороні топкових газів Па мбар	8 0,08	11 0,11	13 0,13	25 0,25

РОЗДІЛ 4

ОСНОВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

Сонячний колектор (геліоколектор) – основний елемент будь-якої установки, у якій сонячне випромінювання перетворюється в теплову енергію. Всі сонячні колектори мають поверхневий або об'ємний поглинач тепла, що може виділятися з колектора або акумулюватися в ньому. Колектори першого типу називають проточними, другого – колекторами з тепловим акумулятором.

За видом теплоносія колектори діляться на рідинні (сонячні водонагрівачі) і повітряні; за температурою, що досягається – на низькотемпературні (до 100 °С), середньотемпературні (до 200 °С) і високотемпературні (до 3500 °С).

За конструкцією розрізняють колектори:

- плоскі (панельні);
- вакуумні (трубчасті).

4.1 Особливості конструкції колекторів різних типів

Плоскі колектори яляють собою металеву панель (абсорбер) із селективним покриттям, яка покрита мінеральною ватою і захищена загартованим склом. Це найпопулярніший і найнадійніший вибір для сезонного (весна-осінь) та цілорічного використання в помірному кліматі

Більшість плоских сонячних колекторів складається із чотирьох основних елементів (рис. 4.1):

- поглинаючої панелі з каналами для теплоносія, на поверхню якої нанесене покриття, що забезпечує поглинання не менше 90 % падаючого сонячного випромінювання;
- прозорої ізоляції, що складається, як правило, з одного або двох шарів скління;

- теплової ізоляції, що знижує втрати теплоти в навколишнє середовище через днище колектора і його бічні грані;
- корпуса, де розташовані поглинаюча панель і теплова ізоляція і який зверху закритий прозорою ізоляцією.

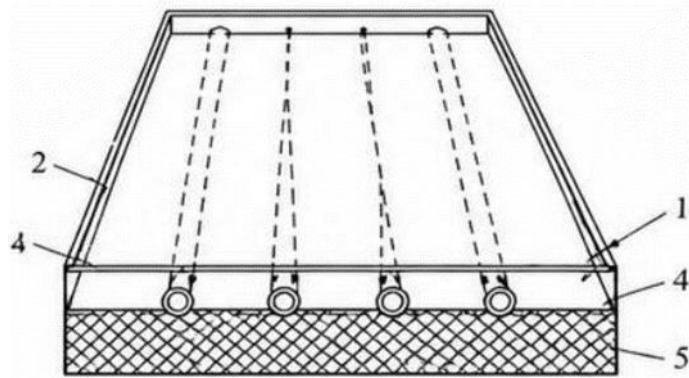


Рис. 4.1. Плоский сонячний колектор:

- 1 – корпус; 2 – прозора ізоляція; 3 – канали для теплоносія; 4 – поглинаюча пластина; 5 – теплова ізоляція.

У колекторі падаюче сонячне випромінювання перетворюється в теплоту, що відводиться потоком теплоносія (вода, антифриз, повітря й ін.), що протікає по каналах поглинаючої панелі. Прозора ізоляція знижує конвективні й променисті втрати теплоти від поглинаючої панелі в атмосферу, внаслідок чого зростає теплопродуктивність колектора.

Як відомо, більшість прозорих середовищ, у тому числі скло, пропускають промені селективно, тобто їх пропускна здатність залежить від довжини хвилі падаючого випромінювання. Звичайна шибка залежно від змісту в ньому заліза пропускає до 85...87 % сонячного випромінювання, але практично непрозора для власного теплового випромінювання панелі.

До зменшення теплових втрат через прозору ізоляцію, але одночасно зменшується і щільність потоку випромінювання, що падає на поглинаючу панель.

Плоскі колектори використовують у комунально-побутовій сфері для гарячого водопостачання й опалення житлових і суспільних будинків, у сільськогосподарському виробництві при переробці й зберіганні продукції, у промисловості (текстильної, шкіряної, харчової й ін.), у технологічних процесах, що вимагають невисоких (до 100 °С) температур.

Вакуумні (трубчасті) колектори складаються з кількох скляних трубок, усередині яких створено вакуум, що забезпечує ідеальну термоізоляцію. Вони відзначаються високою ефективністю навіть у похмуру погоду чи при сильних морозах (до -30 °С).

Ефективне зменшення теплових втрат може бути досягнуте при спільному застосуванні селективного поглинаючого покриття на поверхні приймача й глибокого вакууму в замкненому просторі, що містить цей приймач тепла.. При вакуумуванні внутрішнього простору оболонки перенос тепла конвекцією стає досить малим і може не враховуватися [7,8]. Оскільки створення й збереження необхідного рівня вакууму в колекторах плоского типу технічно утрудненого, то у вакуумованих колекторах як оболонка звичайно застосовують циліндричні трубки зі скла. Такі колектори називаються трубчастими (використовувана надалі аббревіатура СТБК означає: сонячний трубчастий вакуумований колектор).

Можливі різні варіанти конструктивного виконання вакуумованих скляних трубчастих колекторів (рис. 4.2).

Усередині скляної оболонки з високоякісного боросилікатного скла діаметром 100-150 мм містяться трубка для теплоносія, променепоглиналина поверхня, відбивач. Трубка може мати U-образну форму (а й в) або являє собою теплову трубу (б і г). Внутрішній простір оболонки вакуумовано. Відбивач може бути виконаний у вигляді фокліна (в), може становити частину оболонки (г) або перебувати у вигляді смуг на бічних стінках вакуумованих труб, використовуваних як прозора ізоляція (д).

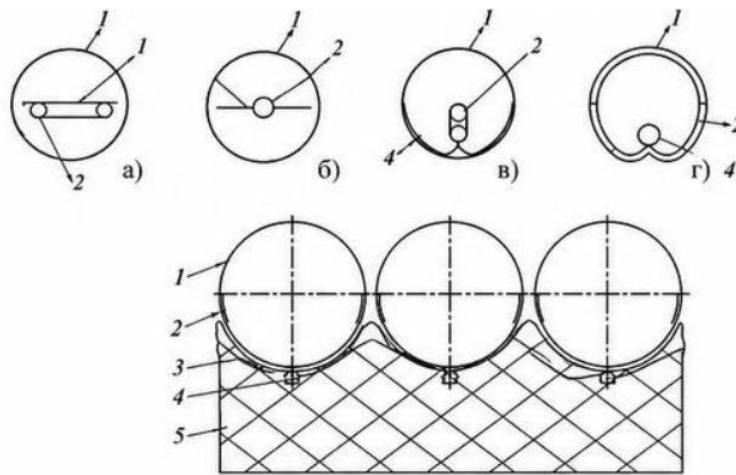


Рис.4.2. Поперечний переріз вакуумованих скляних трубчастих колекторів:

1 – скляна оболонка; 2 – трубка для рідини, що нагрівається; 3 – променепоглиняльна поверхня; 4 – відбивач; 5 – теплоізоляція

У конструкції, показаної на рис. 4.2, д, поглиняльна поверхня розташована під вакуумованими трубами й надійно з'єднана із трубками для нагрівасмої рідини, що поміщеними в теплоізоляцію

В якості теплоносія використовуються різні середовища, зокрема вода, розчини органічних речовин, силіконове масло. Температура нагрівання теплоносія досягає 90-300°C.

Існуючі конструкції СТВК варто розділити на 2 групи залежно від того, з якого матеріалу зроблений теплоприймач: металу або скла. У випадку металевого теплоприймача характерною рисою конструкції є наявність вакуумно-щільного спаю металу зі склом. При виготовленні теплоприймача зі скла необхідність у спаї “метал-скло” відпадає. У цьому випадку оптимальною з технологічної точки зору конструкцією є скляна колба типу посудини Дюара. При цьому селективне поглинаюче покриття наносять на зовнішню поверхню внутрішньої трубки, а простір між трубками колби вакуумують.

4.2. Обґрунтування вибору типу колектораколектору

Найважливішою характеристикою ефективності роботи колектору є коефіцієнт корисної дії (ККД). Коефіцієнтом корисної дії сонячного колектору називається доля сонячного випромінювання, що потрапляє на площу апертури колектору, котра перетворюється в корисну теплову енергію.

Площею апертури називається поверхня колектору, на котру ефективно діє сонячне випромінювання. Коефіцієнт корисної дії залежить також і від робочого стану колектору. Частина сонячного випромінювання, що потрапляє на сонячний колектор втрачається внаслідок відображення та поглинання на прозорому покритті і внаслідок відображення на абсорбері. По відношенню інтенсивності сонячного випромінювання, що потрапляє на колектор і потужності випромінювання, що перетворюється в теплоту на абсорбері, можна розрахувати оптичний коефіцієнт корисної дії (η_0).

Тепловтрати розраховуються за допомогою коефіцієнтів теплових втрат k_1 та k_2 і різниці температур ΔT між абсорбером та навколишнім середовищем. Всі ці характеристики вказуються у технічному паспорті на колектор.

Отже, коефіцієнт корисної дії колектору:

$$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta T^2}{E_g} \quad (4.1)$$

У відповідності з цими характеристиками і значенням інтенсивності сонячного випромінювання E_g , можна відобразити коефіцієнт корисної дії у вигляді графіку (рис. 4.3).

Максимальний ККД досягається у тому випадку, якщо різниця температур колектору і температури навколишнього середовища рівна нулю і колектор немає теплових втрат в оточуюче середовище.

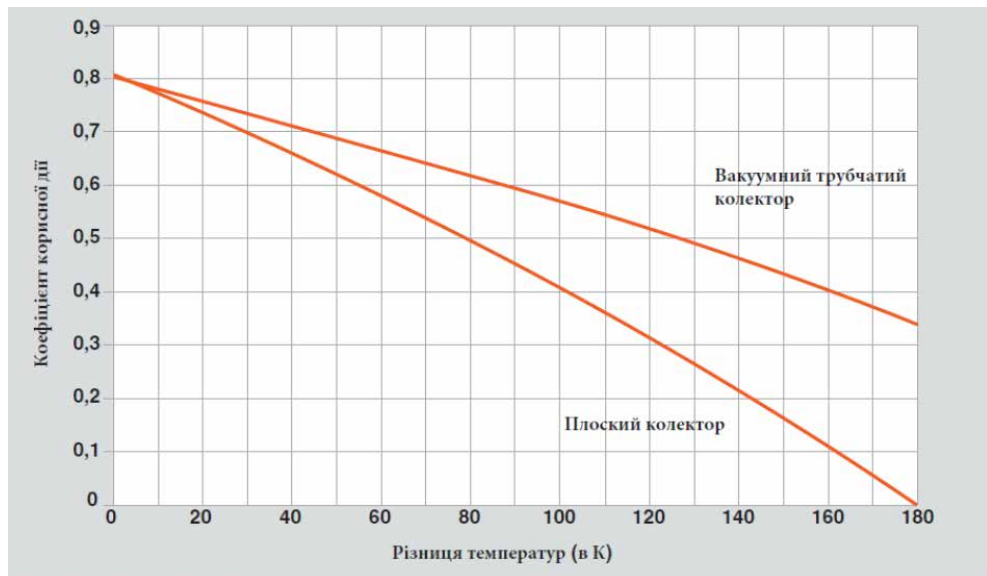


Рис. 4.3. Залежність ККД колектору від перепаду температур.

Потужність сонячного колектору. Максимальна потужність колектору визначається як добуток оптичного коефіцієнту корисної дії η_0 і максимального значення падаючого випромінювання $1\,000\text{ Вт/м}^2$.

Розрахункова потужність визначається для проектування сонячної системи. Вона використовується для підбору обладнання, і перш за все, для підбору теплообмінника. В якості нижньої межі рекомендується питома потужність колектору - 600 Вт/м^2 – при низьких температурах, тобто в режимі експлуатації з очікувано високим ККД.

Теплотехнічні характеристики плоских сонячних колекторів типу

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

Конструктивне виконання колекторів типу Vitosol-100 показано на рис. 4.4.

Залежність ККД колектору від різниці температур між температурами колектору та теплоносія на вході в колектор показана на рис. 4.5.

Теплотехнічні характеристики плоских сонячних колекторів типу Vitosol 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN) приведені в табл. 4.1.

Головний компонент колектору Vitosol 100 – мідний поглинач 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, через яку протікає теплоносій. Теплоносій через стінки трубки відбирає теплову енергію від поглинача.

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

Поглинач захищений корпусом колектора (з підсиленою тепловою ізоляцією), завдяки чому забезпечується мінімізація теплових втрат колектором. Високоякісна тепла ізоляція виконана з мінерального волокна і є температуростійкою.

Колектор покритий геліосклом, яке відрізняється низьким вмістом заліза, завдяки чому зменшуються втрати колектора на відбивання.

Корпус колектора – це рама з (вторинного) алюмінію, яка для колекторів типу s/w 1,7 покрита порошком, а для типу s/w 2,5 – без порошку, з кутками, в якій лист геліоскла облямований профільним ущільненням.

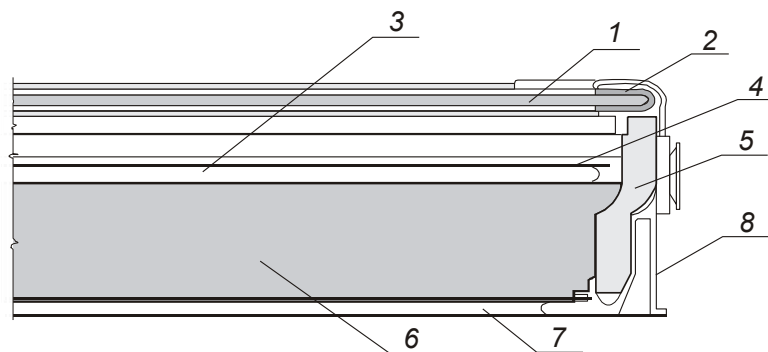


Рис. 4.4. Конструкція плоского сонячного колектору типу VITOSOL 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN):

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

Таблиця 4.1

Теплотехнічні характеристики плоского сонячного
колектору Vitosol 100 [17]

Параметри	Од. вим-ня	Тип колектору	
		s/w 1,7	s/w 2,5
Площа поглиначача	м ²	1,7	2,5
Довжина	м	2,385	2,385
Ширина	м	0,753	1,138
Коефіцієнт теплових втрат			
- k	Вт/(м ² ·К)	3,78	3,68
- k ₂	Вт/(м ² ·К)	0,013	0,011
Оптичний к.к.д.	%	81,1	82,6
Об'єм теплоносія	л	1,38	2,20

Vitosol 100

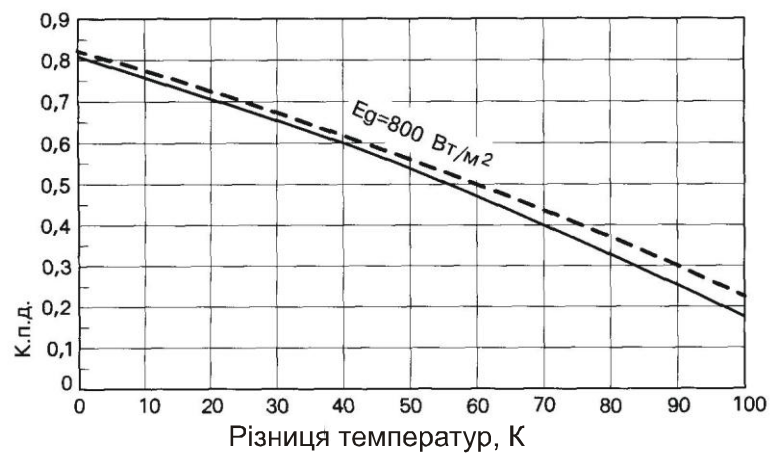


Рис. 4.5 Залежність ККД колектора Vitosol-100 від різниці температур

РОЗДІЛ 5.

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Вихідні дані для розрахунку сезонної сонячної системи гарячого водопостачання (ССГВ):

- споживач гарячої води – корівник;
- кількість голів N , гол., – 50;
- географічна широта, град. п.ш., – 50;
- температура холодної води в період з квітня по вересень
 $t_x = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- температура гарячої води в точках розбору t_r , $^{\circ}\text{C}$, – 55;
- теплова схема активної ССГВ – двоконтурна;
- тип теплообмінника – ємнісний бойлер;
- тип колектору сонячної енергії:
 - плоский типу VITOSOL 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN);
- місце розміщення колектору сонячної енергії – на даху будівлі;
- кут нахилу колектору до горизонту, град, – 45;
- орієнтація колектора по сторонах світу – південна;
- тривалість роботи ССГВ – сезонна;
- вид теплоносія:
 - в контурі сонячних колекторів – антифриз;
 - в контурі теплового акумулятора – вода;
- циркуляція теплоносія в гріючому контурі ССГВ – примусова;
- резервне джерело теплової енергії:
 - електричний нагрів.

Площу поглинальної поверхні сонячного колектора A , м^2 , для заданої середньодобової теплової потужності системи гарячого водопостачання $Q_{\text{с.б}}$ при наявності резервного джерела теплоти слід розраховувати за формулою :

$$A = \frac{Q_{\text{с.б}}}{\eta \cdot R \cdot E}, \quad (5.1)$$

де η – К.К.Д. установки сонячного гарячого водопостачання. установки (визначаємо за формулою (4.1).

де k_1 , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ — зведений коефіцієнт тепловтрат сонячного колектора.

Для сонячних колекторів типу VITOSOL 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN) (табл. 4.1):

$$k_1 = 3,78 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

θ — зведена оптична характеристика колектора. Для сонячних колекторів типу VITOSOL 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN):

$$\theta = 0,811$$

t_1 , t_2 — температура теплоносія на вході та виході сонячного колектора. Для дво- і триконтурних установок рекомендується приймати:

$$t_1 = t_x + 5$$

$$t_2 = t_r + 5$$

тобто:

$$t_1 = 60^\circ\text{C}, t_2 = 20^\circ\text{C}, t_2 = 15^\circ\text{C}.$$

Результати розрахунків площі поглинальної поверхні сонячного колектора типу Vitosol 300 (базовий варіант колектора з тепловими трубами – двофазними термосифонами) та плоского сонячного колектора типу Vitosol 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN) наведені відповідно в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Результати розрахунків площі поглинальної поверхні плоского сонячного колектору типу Vitosol 100 s/w 1,7/2,5 (VIESSMANN)

Пара-метр	Од. вим.	I	II	III	IV	V	VI
$t_{\text{сеп}}$	°C	-6,1	-5,6	-0,7	7,2	14,3	17,6
Δt	°C	66,1	65,6	60,7	52,8	45,7	42,4
η	–	0	0	0,255	0,430	0,549	0,595
A	м ²	0	0	37,79	18,01	9,36	7,74
Пара-метр	Од. вим.	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{\text{сеп}}$	°C	18,8	17,7	13,7	7,2	1	-1,7
Δt	°C	41,2	42,3	46,3	52,8	59	61,7
η	–	0,593	0,567	0,493	0,266	0	0
A	м ²	8,10	9,22	12,49	41,61	0	0

На основі аналізу даних таблиці, з урахуванням терміну роботи системи сонячного гарячого водопостачання протягом року, приймаємо середню розрахункову площу поглинальної поверхні за неопалювальний період:

$$A = 11,5 \text{ м}^2$$

Для проектованої сонячної системи гарячого водопостачання приймаємо 5 (п'ять) колекторів типу VITOSOL 100 s/w 1,7 (VIESSMANN)

Загальна площа поглинач – 11,5 м²; із

Згідно з рекомендаціями [22], об'єм бака-акумулятора визначається за формулою:

$$V = 0,06 \cdot A = 0,06 \cdot 11,5 = 0,69 \text{ м}^3$$

5.2. Основні експлуатаційні характеристики сонячних колекторів Viessmann

Колектори – це генератори теплоти, які багато в чому відрізняються від традиційних джерел. Найбільша відмінність полягає в тому, що джерелом енергії, для отримання теплоти, є не традиційне паливо, а сонячне випромінювання.

Успішна робота сонячної установки залежить не лише від колекторів, але і від раціонального використання всіх компонентів, що є в системі. Тому для ефективного використання колекторів Viessmann розглянемо основні характеристики та критерії оцінки.

Окрім ККД колектору (детально розглянутого в п.4.2), важливою характеристикою роботи системи є температура стагнації. Якщо відбір теплоти від колектору припиняється (теплоносій не циркулює, насос не працює), то колектор нагрівається до так званої температури стагнації. У цьому випадку теплові втрати рівні випромінюванню, що поглиналося, продуктивність колектору рівна нулю. Плоскі колектори досягають температури стагнації при температурі вище 200 0С, а вакуумні трубчаті – близько 300 0С.

Розглянемо потужність сонячного колектору.

Максимальна потужність колектору визначається як добуток оптичного коефіцієнту корисної дії η_0 і максимального значення падаючого випромінювання 1 000 Вт/м².

Розрахункова потужність визначається для проектування сонячної системи. Вона використовується для підбору обладнання, і перш за все, для підбору теплообмінника. В якості нижньої межі рекомендується питома потужність колектору - 600 Вт/м² – при низьких температурах, тобто в режимі експлуатації з очікувано високим ККД. Всі компоненти системи і пакетні сонячні системи Viessmann розраховані з врахуванням цього значення потужності колектору.

Ще зустрічається поняття встановленої потужності. Вона складає 700 Вт/м² площі абсорбера (усереднена потужність при максимально падаючому випромінюванні). Ця величина не впливає на проектування сонячної системи Viessmann.

Продуктивність сонячного колектору визначається як добуток середньої очікуваної потужності (кВт) на відповідну одиницю часу (год). Отримане значення в кВт на год відносять до квадратного метру площі колектору або площі апертури і отримують значення в кВт год/м². Це значення, віднесене до кількості днів, важливе для визначення параметрів баку-акумулятору сонячної системи Viessmann. Питома продуктивність колектору в рік вказується в кВт год на м² площі і являється важливою характеристикою для визначення параметрів і режиму експлуатації установки. Чим вище значення, тим більше теплоти виробляється для системи теплоспоживання. Це значення особливо високе, якщо поверхня колектору оптимально орієнтована і не має затінення. В сонячних системах Viessmann для підвищення продуктивності і експлуатаційних характеристик доцільно збільшити кут нахилу, оскільки оптимальна продуктивність має вирішальне значення для перехідного і зимового сезону. Влітку, якщо сонячна система використовується лише для нагріву води, збільшення кута нахилу колектору дозволяє зменшити надлишок енергії (рис.5.1).

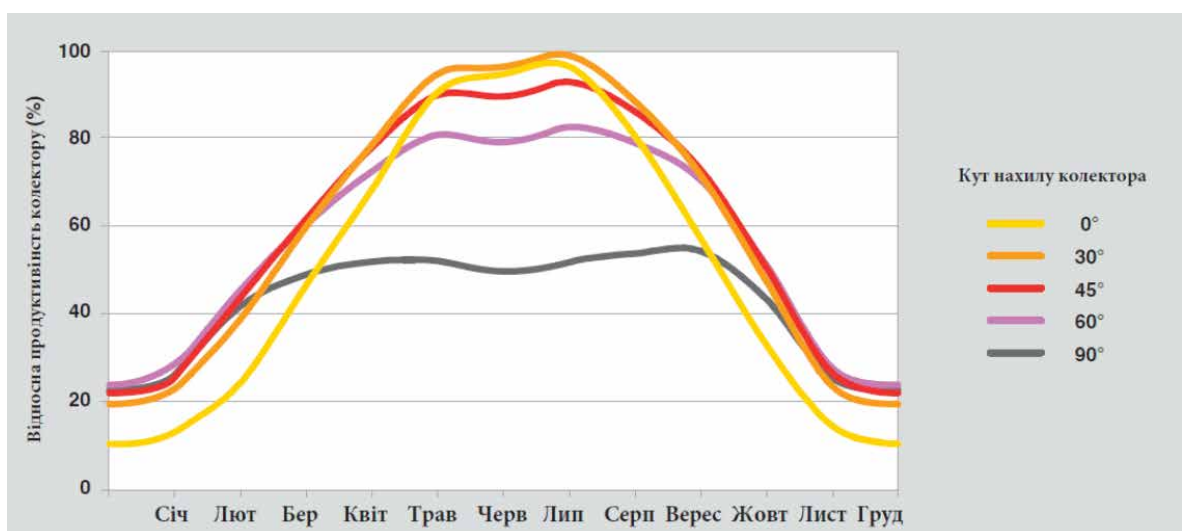


Рис. 5.1. Залежність продуктивності колектору від кута нахилу.

Таким чином, протягом року теплота виробляється більш рівномірно і продуктивність сонячної системи виявляється вищою, ніж у випадку вибору орієнтації колектору на максимальне випромінювання.

Доля заміщення теплового навантаження за рахунок сонячної енергії. Для проектування сонячної системи заміщення теплового навантаження – разом з продуктивністю – є ще одним важливим критерієм оцінки. Чим більша доля заміщення, тим більша економія енергії. Проектування ефективної сонячної системи Viessmann – це пошук компромісу між продуктивністю та долею заміщення теплового навантаження. Розумним компромісом є, як правило, компроміс між інвестиційними затратами на сонячну систему та економією енергії. Зазвичай, доля теплового навантаження складає 50-60% на ГВП (невеликі сонячні системи), а для багатоповерхівок – 30-40% на ГВП (великі сонячні системи) (рис. 5.2).

При заміні частини навантаження на опалення вказується середнє (стандартне) значення, оскільки тут доля заміщення в більшій мірі залежить від теплотехнічних характеристик приміщення.

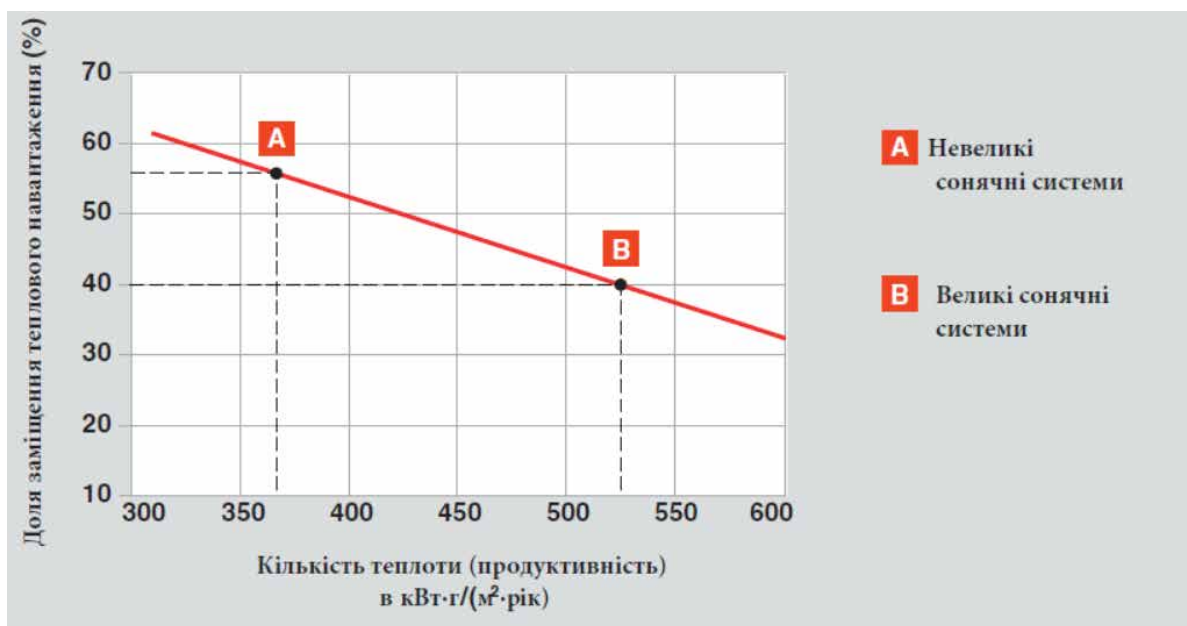


Рис. 5.2. Доля заміщення теплового навантаження

Принципово одне: чим більше частка заміщення, тим менша питома продуктивність на квадратний метр площі колектору – через неможливість уникнути «перевиробництва тепла» влітку і зниження коефіцієнта корисної дії колектору. Нагадаємо: коефіцієнт корисної дії падає при зростанні різниці температур між колектором і навколишнім середовищем.

Важливо, що всі колектори Vitosol Viessmann захищені від закипання завдяки технології ThermProtect.

Дана технологія захисту від закипання запатентована компанією Viessmann. У плоских колекторах це спеціальне поглинаюче покриття, яке змінює свої властивості залежно від температури. Якщо температура колектору піднімається вище заданого значення, відбувається зміна кристалічної структури, яка забезпечує більшу тепловіддачу. Температура колектору падає і сонячні колектори не перегріваються.. Захист від перегріву Therm Protect працює без додаткових компонентів. Це полегшує проектування сонячних теплових систем та забезпечує безпечну роботу з усіма сонячними колекторами Viessmann.

Для оцінки капітальних витрат необхідно знати, з яких компонентів складається типова геліоустановка: окрім сонячних колекторів, вона містить множину інших елементів. Усі компоненти геліоустановки є обов'язковими, тому скоротити капітальні витрати ні на одному з них не представляється можливим. Кожен елемент геліосистеми мають певну ринкову вартість, що складається з урахуванням кон'юнктури на цей період. Дані на основі аналізу валових витрат встановлених в Німеччині сонячних колекторів свідчать про певні пропорції кожної статті витрат один відносно одного [12]: вартість сонячних колекторів (31,2%); вартість основних компонентів системи, включаючи накопичувальні резервуари, трубопроводи, насоси, контрольно-регулювальне устаткування і т. д. (44,2%); витрати на будівельно-монтажні роботи (24,6%).

Таким чином, кількість теплоти, яка вироблена установкою за рік, дорівнює:

$$Q_{\text{уст}} = 21,07 \text{ ГДж.}$$

Кількість зекономленого за рік умовного палива завдяки використанню сонячної радіації B , т.у.п.:

$$B = \frac{0,0342 \cdot Q_{\text{уст}}}{\eta_{\text{зам}}}, \quad (5.5)$$

де $Q_{\text{уст}}$, ГДж – сумарна кількість теплоти, яка вироблена установкою за рік;

$$\eta_{\text{зам}} – \text{К.К.Д. котельного агрегату; } \eta_{\text{зам}} = 0,92.$$

Для умов проектування маємо:

$$B = 0,783 \text{ т у.п..}$$

$$\text{або } B = 660 \text{ м}^3 \text{ природного газу}$$

Ціна газу для агропідприємств (комерційних споживачів) в Україні формується на ринкових умовах. У червні 2026 року вартість газу (разом із ПДВ) від найбільших постачальників становить приблизно 27 000 — 28 500 грн за 1000 куб.

Таким чином, річна економія складає 17 800 грн.

В той же час фірма VIESSMANN пропонує готову установку сонячного теплопостачання на базі плоских колекторів загальною поглинальною площею $11,5 \text{ м}^2$ за ціною 188 000 грн. Тоді термін окупності геліосистеми з плоскими колекторами н складає величину $\sim 10,5$ років,

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра аналізуються питання енергопостачання ферми ВРХ з розробкою геліонагрівної установки.

До складу ферми ВРХ входять корівник на 50 голів та ряд будівель житлового, адміністративного, ремонтного та технологічного призначення.

Проведений розрахунок теплового балансу приміщення корівника для холодного та перехідного періодів. Розрахунок дозволив визначити основні теплотехнічні параметри тваринницької будівлі: максимальну та середню (на протязі опалювального сезону) теплові потужності, сумарні річні потреби будівлі в тепловій енергії.

За укрупненими показниками розраховано теплову потужність інших споживачів фермерського господарства (житлова, ремонтна, технологічна та адміністративна будівлі). Теплопостачання здійснюється від автоматизованої котельні на базі двох газових котлів типу VIESSMANN VITOROND (Німеччина) 100 типу VR2B максимальної теплопродуктивності 63 кВт

Розглянуто особливості, теплотехнічні та конструктивні характеристики таких колекторів сонячної енергії, як плоскі та вакуумовані скляні. Обґрунтовано вибір плоского колектору для сезонної системи гарячого водопостачання корівника.

В роботі спроектована активна система сонячного гарячого водопостачання для тваринницької ферми на базі плоских колекторів типу VITOSOL 100 s/w 2,5.. Обрано 5 колекторів загальною площею поглинальної поверхні 11,5 м², з'єднаних за паралельною схемою.

Річна доля сонячної енергії в покритті теплового навантаження на гаряче водопостачання (ступінь заміщення палива) складає величину $\approx 0,58$. Річна економія палива - ≈ 660 м³ природного газу, орієнтовний термін окупності ССГВ $\sim 10,5$ років,

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність»
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
2. Закон України «Про альтернативні види палива», Ст.1
<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>
3. ДСТУ-Н Б В.1.1 - 27:2010 Будівельна кліматологія. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. : https://www.google.com/search?client=firefox-b&sca_esv=7f913f0ee5b6aad4&q=%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-%D0%9D+%D0%91+%D0%92.1.1+-+27%3A2010+&oq=%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3-%D0%9D+%D0%91+%D0%92.1.1+-+27%3A2010+&aqs=heirloom-srp
4. ДБН В.2.5 - 67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. – Київ: Мінрегіон України, 2013. : https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152
5. ДБН В.2.6 - 31:2016 Теплова ізоляція будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2016. (Або новіша редакція ДБН В.2.6 - 31:2021).
6. ДБН В.2.2-1-95 "Будівлі і споруди для тваринництва":
<https://document.vobu.ua/wp-content/uploads/DBN/51.1.-DBN-V.2.2-1-95.-Budinki-i-sporudi.-Budivli-i-sporu.pdf>
7. ДСТУ EN 12975-1-2001 Системи теплові сонячні та їхні компоненти. Колектори сонячні. Частина 1. Загальні технічні вимоги (EN 12975-1:2000, IDT https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=66643
8. ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з улаштування систем сонячного теплопостачання в будинках житлового і громадського призначення
https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26313

9. Теплотехніка: підручник. / Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Долінський А.А., Лазоренко В.О., Міщенко А.В., Шеліманова О.В., / 2 – ге вид., перероб і доп. – Київ «Фірма Інкос», 2005р. – 400 с.
10. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. –ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.
11. Ришард Титко. Відновлювані джерела енергії (Досвід Польщі для України). //Ришард Титко, Володимир Калініченко. - Варшава, 2010. - 533 с.
12. Корчемний М. Федорейко В. Щербань В. Енергозбереження а агропромисловому комплексі. – Тернопіль, 2001.-984 с.\
13. Сонячна енергетика: теорія та практика» (Й. С. Мисак, О. Т. Возняк та ін., вид-во «Львівська політехніка»).
14. Сонячна енергія та інсоляція» (В. П. Гальчак та ін., вид-во «Магнолія»).
15. Розвиток децентралізованого енергопостачання на основі нетрадиційних місцевих енергоресурсів / [за ред. Долинського АА] АВ Щурчков, ГМ Забарний, АМ Разаков – К.: ІТТФ НАН України. 2001, – 131 с.
16. Методичні вказівки до проектування систем теплопостачання, що використовують відновлювальні джерела енергії, для студентів енергетичних, механічних і технологічних спеціальностей денної та заочної форми навчання / Б.Х. Драганов, О.Ф. Буляндра. – К.: КДХУТ, 1994. – 84 с.
17. Мхитарян Н.М. Геліо-енергетика. Системи. Технології. Застосування. – К.: Наукова думка, 2002. – 317 с.
18. Ткаченко С. Й. Розрахунок теплових схем і основи проектування джерел теплопостачання. Навчальний посібник/ Ткаченко С. Й., Чепурний М. М., Степанов Д. В. - Вінниця: ВНТУ. 2006. - 105 с.
19. Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навчальний посібник / Г. С. Ратушняк, В. В. Джеджула , К. В. Анохіна / – Вінниця: ВНТУ, 2010. –170 с
20. Теплотехнічний довідник: У 2-х т. Т. 2 / Під заг. ред. В. М. Юр'єва, А. В. Арабаджи. – К.: Техніка, 2001. – 640 с.

21. VIESSMANN VITOROND 200 Комерційний котел, що працює на паливі/газі, Посібник користувача <https://manuals.plus/uk/viessmann/vitorond-200-oil-gas-fired-commercial-boiler-manual>
22. Посібник з розрахунку та проектування сонячних систем теплопостачання : https://www.viessmann.ua/content/dam/public-brands/ua/pdf/products/5799061VPA00020_1.pdf/_jcr_content/renditions/original/5799061VPA00020_1.pdf
23. Сучасні кліматичні рішення VIESSMANN: <https://www.viessmann.ua/>
24. Сонячний колектор VIESSMANN VITOSOL 100-FM тип SV1F: <https://termozona.com.ua/ploskyi-soniachnyi-kolektor-viessmann-vitosol-100-fm-typ-sv1f-115-m2/>
25. Сонячні теплові системи : <https://www.vaillant.ua/dlia-klientiv/korisna-informatsia/how-different-technologies-work/solar-thermal-heating/>
26. Основні характеристики та критерії оцінки сонячних колекторів Viessmann <https://serviceportal.viessmann.ua/articles/osnovni-harakteristiki-ta-kriterii-ocinki-sonacnih-kolektoriv-viessmann>
27. Плоский сонячний колектор Viessmann VITOSOL 100-FM, тип SV1F 11,5 м2 (ZK02625/5) https://termozona.com.ua/ploskyi-soniachnyi-kolektor-viessmann-vitosol-100-fm-typ-sv1f-115-m2/?srsltid=AfmBOoqyiGIVKlwiF3NCPvVR_J0acAoJo2E7cHD2SYhxaRnD9cVMOk5d