

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

УДК 536.24

ПОГОДЖЕНО
**Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження**
(назва ННІ)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Інженерія енергосистем
(назва кафедри)

_____ В.В. Каплун
(підпис) (ПІБ)

_____ Є.О. Антипов
(підпис) (ПІБ)

« ___ » _____ 2024 р.

« ___ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Розробка системи енергопостачання фермерського господарства
“Колос” на базі альтернативних джерел теплової і електричної енергії»**

Спеціальність: _____ 144—«Теплоенергетика»
(шифр і назва)

Освітня програма _____ інженерія відновлювальних джерел енергії та
енергоменеджмент
(назва)

Орієнтація освітньої програми _____ «Освітньо-професійна»
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

_____ Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ В.Г. Горобець
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

_____ Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

_____ В.Г. Горобець
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

_____ А.Г. Скоринчук
(ПІБ студента)

КИЇВ-2024

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Інженерія енергосистем

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

С.О. Антипов

(підпис)

С.О. Антипов

(ПІБ)

« » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Скоринчуку Андрію Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)

Освітня програма інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент
(назва)

Орієнтація освітньої програми «Освітньо-професійна»
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи **«Розробка системи енергопостачання фермерського господарства “Колос” на базі альтернативних джерел теплової і електричної енергії»**,

затверджена наказом ректора НУБіП України від “19” грудня 2023 р. №2334 «С»

Термін подання студентом магістерської роботи 12.12.2024 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: завдання кафедри на виконання магістерської роботи; нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації; матеріали дослідження та аналізу; наукова література з тематики магістерської роботи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Загальна характеристика виробничого об'єкту.
2. Розрахунок теплового навантаження і вентиляції для фермерського господарства
3. Розробка системи водопостачання
4. Розрахунок електропостачання фермерського господарства
5. Вибір обладнання системи теплопостачання та його обґрунтування.

Дата видачі завдання “27” грудня 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(Підпис)

Горобець В.Г.

(Прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____

(Підпис)

Скоринчук А.Г.

(Прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА	8
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО УСТАТКУВАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.....	12
2.1. Тепловий баланс ферми врх для холодного періоду.....	15
2.2. Теплові надходження до будівлі ферми	16
2.2.1. Теплові надходження від тварин.....	16
2.2.2. Теплові надходження від електроосвітлення.....	17
2.3. Теплові втрати будівлі ферми.....	17
2.3.1. Теплова потужність системи опалення на підігрів вентиляційного повітря	17
2.3.2. Теплові втрати системи опалення на випаровування вологи з відкритих та змочених поверхонь в робочому приміщенні	20
2.3.3. Теплові втрати через огорожувальні конструкції	20
2.3.4. Теплові втрати будівлі на підігрів інфільтрованого повітря.....	22
2.4. Розрахунок та вибір теплоутилізаційної установки	24
2.4.1. Вибір, склад та конструктивні характеристики повітрооброблювальних агрегатів AirVents.....	26
2.4.2. Секція пластинчастого рекуператора	29
2.5. Результати розрахунку теплообмінника-утилізатора та визначення терміну окупності впровадження теплоутилізаційної установки в приміщенні корівника.....	30
2.6. Теплотехнічні параметри корівника фермерського господарства.....	31
РОЗДІЛ 3. ВОДОПОСТАЧАННЯ	35
РОЗДІЛ 4. АВТОНОМНА КОТЕЛЬНЯ НА БАЗІ ТРЬОХ НАСТІННИХ ГАЗОВИХ АПАРАТІВ. ОСНОВНЕ ТА ДОПОМІЖНЕ КОТЕЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ	41

4.1. Розрахунок теплової потужності автономної котельні.....	41
4.1.1. Розрахунок теплової потужності будівельних споруд фермерського господарства за укрупненими показниками.....	42
4.1.2. Сумарні показники теплового споживання будівельних споруд фермерського господарства	46
4.2. Вибір та технічні характеристики котельного агрегату.....	47
4.3. Теплова схема котельної. Основне та допоміжне котельне обладнання.....	54
РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА ГАРЯЧОВОДОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ.....	
ГЕЛІОКОЛЕКТОРІВ	60
5.1. Типи колекторів сонячної енергії.....	60
5.2. Класифікація сонячних систем гарячого водопостачання.....	65
5.3. Вибір типу геліоколектора для ССГВ корівника.....	69
5.3.1. Теплотехнічні характеристики вакуумного трубчастого колектора з теплою трубою типу Vitosol-300, (VISSMANN, Німеччина) (базовий варіант)	71
5.4. Розрахунок та вибір обладнання сонячної системи гарячого водопостачання.....	73
5.5. Тепловий пункт будівлі корівника	78
5.5.1. Тепловий ввід теплового пункту будівлі корівника.....	78
5.5.2 .Опалювально-вентиляційні системи та системи ГВП	79
5.6. Структурна та теплова схеми ССГВ корівника. Вибір обладнання	80
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПЕР – первинний енергетичний ресурс

КВП – коефіцієнт використання палива

ККД – коефіцієнт корисної дії

ПВЕ – питомі втрати електроенергії

ГРП – газорозподільний пункт

ХУ – холодильна установка

АД – асинхронний електродвигун

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом

ТУ – тепловий утилізатор

ВСТУП

Сільське господарство, як одна з основних галузей національної економіки України, продовжує розвиватися, незважаючи на економічні та політичні перешкоди. Це супроводжується збільшенням споживання енергії, особливо теплової. В умовах виснаження паливно-енергетичних ресурсів, підвищення цін на енергію та глобальних екологічних проблем, впровадження енергозберігаючих технологій на основі відновлюваних джерел енергії стає необхідним.

Світові та національні практики демонструють, що одним із ключових напрямків економії палива та ресурсів є децентралізація теплопостачання. Це включає перехід від централізованих систем опалення до автономних. Котли потужністю 100-500 кВт, які використовуються в сільській місцевості для опалення шкіл, лікарень та офісів, можуть знизити енергоспоживання цих закладів на 20-30%.

Сільськогосподарське виробництво є складною системою, яка потребує врахування багатьох технічних, фізіологічних, біологічних та інших факторів. Важливо забезпечити не тільки життєздатність тварин та рослин, але й зберігання продукції. Наприклад, для селекційних компаній важлива наявність гарячої води для різних технологічних процесів, зокрема, для очищення вимені перед доїнням корів та очищення обладнання.

Збільшення енергетичних потужностей створює нові виклики для економіки країни, серед яких економіка енергоресурсів та наявність кваліфікованих енергетичних працівників. Одним із ефективних рішень є використання відновлюваних та вторинних джерел енергії. Відновлювані джерела мають перевагу невичерпності та екологічної чистоти, що дозволяє прогнозувати їх зростання у майбутньому.

Відновлювані джерела енергії часто використовуються при будівництві енергозберігаючих комплексів, що забезпечують системи тепло-, водо-, газо- та електропостачання. Вони особливо перспективні для сільського господарства.

Енергетична економіка, яка є актуальною проблемою, визначає розвиток енергетики, економіки та захисту навколишнього середовища. Останнім часом увага зосереджена на нетрадиційних джерелах енергії.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Проектування системи енергопостачання «Система енергопостачання будівель фермерського господарства «Колос» на базі альтернативних джерел теплової та електричної енергії» в смт. Куликівка Чернігівської області є актуальним і перспективним.

СФГ «Колос», засноване у 1993 році, є сучасним підприємством з розвинутою інфраструктурою та безперервним виробничим процесом.

Підприємство використовує ефективну технологію переробки сировини, високоякісне обладнання та власні виробничі площі. Основні види діяльності: вирощування зернових та технічних культур, виробництво комбикормів, розведення свиней та великої рогатої худоби. Кінцевий продукт включає ковбасні вироби та напівфабрикати, що відповідають стандартам якості (ДСТУ та ТУ У).

Система управління якістю продукції відповідає вимогам ДСТУ ISO 9001-2001. Якість контролюється на всіх етапах виробництва. У 2010 році введена в експлуатацію лабораторія для перевірки якості м'ясних виробів. Продукція «налічує близько 140 найменувань, включаючи варені, сирокочені, ліверні ковбаси, шинки, копчені продукти та напівфабрикати.

В конкурсі «100 кращих товарів України» СФГ «Колос» посів призове місце у фіналі. Господарство співпрацює з багатьма фірмами по всій Україні та за її межами, має власну мережу доставки та фірмових магазинів. Популярність продукції зростає, а обсяг продажів збільшується.



Рис. 1.1. Географічне розташування СФГ «Колос»

Проектування стосується фермерського господарства, яке розташоване в смт. Куликівка, Куликівського району Чернігівської області. Господарство спеціалізується на виробництві ковбасних виробів та напівфабрикатів, а також займається вирощуванням великої рогатої худоби, зокрема дійних корів, для виробництва молочних продуктів.

На території фермерського господарства розміщені такі об'єкти:

1. Ферма для утримання великої рогатої худоби (ВРХ), де утримуються дійні корови. Кількість тварин складає 50 голів, з яких 40 – нетелі. (корівник).

2. Двоповерховий офісно-житловий будинок (котедж), що призначений для 4 осіб.

3. Одноповерхова адміністративна будівля, що функціонує як офісне приміщення.

4. Ремонтна майстерня.

Цех для приготування кормів для тварин.

5. Будівля ферми є чотирирядним корівником із прив'язним утриманням тварин, розміри якого становлять 12×40 м, з висотою стелі 3,1 м.

Роздача кормів здійснюється мобільним кормороздавачем з підведенням кормів від спеціальних сховищ.

Доєння корів відбувається через молокопровід, а поїння здійснюється через автопоїлки. Прибирання гною відбувається за допомогою скребкового транспортеру. Підготовка кормів для тварин здійснюється за допомогою комбікормів, які складають від 25% до 40% загального раціону.

Для балансування кормових раціонів використовуються комбікорми. Для ВРХ їх частка у раціоні становить від 25% до 40% поживності.

За таким раціоном кормоприготувальна фермерського господарства має такі вимоги:

- відповідати структурі кормової бази;
- повністю забезпечувати потреби в приготуванні кормів для тварин на фермі;
- комплектуватися машинами і обладнанням;
- мати технологічні лінії з мінімальною кількістю машин;
- забезпечувати належну обробку кормів.

У комбікормовій майстерні встановлено кормодробарку "Україна" (КДУ-2 потужністю 30 кВт), яка використовується для подрібнення зерна, кукурудзи, сіна, зеленої маси, силосу та коренів. Технологічні процеси виробництва молока та вирощування тварин вимагають значного споживання тепла та води; більшість процесів є електрифікованими. Серед них - опалення та вентиляція, очищення гною, підготовка і розподіл кормів, освітлення, водопостачання тощо.

Електропостачання господарства належить до II категорії електричних споживачів, з допустимими перервами в постачанні, що не перевищують 3,5 години. Крім того, передбачена система резервного живлення.

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.

Проект передбачає використання тепла на фермі завдяки власній повністю автоматичній котельні, що складається з трьох настінних газових котлів KOLVI KT DUO типу 50, вироблених у м. Чернівці, Україна. Схему трубопроводів системи опалення побутових теплових мереж контролює головний інженер-електрик.

Гаряча вода, необхідна для вирощування та розведення великої рогатої худоби, отримується завдяки системі активного сонячного водопостачання. Система повітряного опалення, у поєднанні з системою примусової вентиляції, забезпечує оптимальні режими тепла та вологості у виробничих приміщеннях. Механічне постачання свіжого повітря здійснюється за допомогою відцентрового вентилятора.

У холодну пору року подача припливного повітря здійснюється через пластинчастий нагрівач, що розподіляє нагріте повітря по чотирьох каналах, рівномірно надходячи в приміщення. Розподільні канали розташовані над кожним рядом тварин, кожен з яких має клапан для регулювання обсягу подаваного повітря. Забруднене повітря видаляється природним шляхом через вентиляційні вежі та поздовжні зазори між панелями під стелею.

У теплий період вентилятор подає охолоджене повітря в приміщення для утримання тварин без обігріву, а додатковий обмін повітря здійснюється через вікна.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО УСТАТКУВАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

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 [12], місце розташування тваринницького комплексу (сmt. Куликівка, Куликівський р-н, Чернігівська обл.) відноситься до кліматичної зони, параметри зовнішнього повітря якої наведені в таблиці 2.1.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря приймаємо згідно діючих нормативів [11, 12]:

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 оС; в цих будівлях, які проектуються для інших кліматичних районів – параметри А;

для теплого періоду – параметри А;

для перехідного періоду:

температура повітря 10 °С;

відносна вологість 70 %.

Розрахункові параметри всередині приміщення, тепло-, волого- та газовиділення тварин приймаються згідно норм технологічного проектування тваринницьких ферм [10]. Відхилення від розрахункових температур допускається в границях $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 2.1

Розрахункові параметри зовнішнього повітря при проектуванні систем опалення та вентиляції будівель для Куликівський р-н, Чернігівська обл [11]

Найменування параметру	Період року	
	Теплий	Холодний
Географічна широта, град	51	
Барометричний тиск, ГПа	990	
Зона клімату	Помірна	
Тривалість опалювального періоду, доба	187	
Середня температура за опалювальний період, °С	-1,1	
Параметр А:		
- температура, °С	23,7	-10
- теплоємність, кДж/кг	53,6	-6,7
- швидкість руху вітру, м/с	1,0	5,3
Параметр Б:		
- температура, °С	28,7	-22
- теплоємність, кДж/кг	56,1	-20,7
- швидкість руху 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) [7]:

- в холодний період року:
 - для дорослих тварин – 15 м³/год;
 - для телят – 18 м³/год;
- в теплий період року:
 - для дорослих тварин – 70 м³/год;
 - для телят – 100 м³/год;

Нормативні значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря виробничих приміщень для утримання корів наведені в таблиці 2.2, а нормативні значення шкідливих виділень деякими групами корів – в таблиці 2.3.

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

Нормативні параметри мікроклімату в таблицях 2.1-2.2 наведені для холодного та перехідного періодів року (при температурі зовнішнього повітря нижче +10 °С).

Таблиця 2.2

Розрахункові параметри внутрішнього повітря в приміщеннях для утримання ВРХ [15]

Групи тварин	Спосіб утримання	$t_v, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$
Корови, телята старші року, бички	В стійлах, боксах, групових клітинах	10	40...75
Телята віком 6..12 місяців	В боксах, групових клітинах	12	40...75
Телята до 6 місяців	В боксах, групових клітинах	15	40...75
Корови дійні	Прив'язаний	12	40...75

Таблиця 2.3

Виділення теплоти, вологи та вуглекислого газу деякими групами корів [15]

Група тварин	Маса, кг	Тепловий потік тепловиділень, Вт		Волого виділення т/год	Виділення CO_2 , л/год	
		повні	вільні			
Корови при рівні лактації :	- 5л /добу	400	614	442	253	82
		500	709	511	292	104
		600	797	574	326	128
- 10л/добу	400	643	463	265	87	
	500	736	530	303	110	
	600	822	592	338	134	
- 15л/добу	400	716	515	296	92	
	500	816	587	336	116	
	600	905	651	373	139	

В теплий період року ($+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище) температура повітря всередині ферми не повинна більш ніж на $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ перевищувати розрахункову літню температуру зовнішнього повітря для проектування вентиляції.

Відносну вологість повітря в приміщеннях утримання ВРХ дозволяється знижувати до мінімального значення 40% ; при цьому повинні бути забезпечені всі інші нормативні параметри внутрішнього повітря.

2.1. Тепловий баланс ферми ВРХ для холодного періоду

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 тварини – 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 м^3 ;
- площа поверхні – 480 м^2 ;
- висота стелі – $3,0\text{ м}$;
- розрахункові параметри зовнішнього повітря:
- температура $t_o = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість $\phi_o = 70\%$;
- розрахункові параметри внутрішнього повітря:
- температура $t_v = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$;

- відносна вологість $\varphi_B = 60\%$.

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

$$Q_o = Q_{T.BTP} + Q_B + Q_{ВИП} + Q_{інф} - Q_{ТВ} - Q_{ОСВ} \quad (2.1)$$

де $Q_{T.BTP}$, кВт – теплові втрати приміщення через огорожувальні будівельні конструкції;

Q_B , кВт – тепловий потік, який витрачається на підігрів припливного повітря;

$Q_{ВИП}$, кВт – тепловий потік на випаровування вологи з відкритих та змочених поверхонь;

$Q_{інф}$, кВт – тепловий потік на підігрів інфільтрованого повітря;

$Q_{ТВ}$, кВт – тепловий потік, який виділяється тваринами;

$Q_{ОСВ}$, кВт – тепловий потік від електроосвітлення.

2.2. Теплові надходження до будівлі ферми

2.2.1. Теплові надходження від тварин

$Q_{ТВ}$, кВт, в холодний період року обумовлені вільними тепловиділеннями і визначаються за формулою.

$$Q_{ТВ} = K'_t \cdot q \cdot n \cdot 10^{-3} \quad (2.2)$$

де K'_t – температурний коефіцієнт вільних тепловиділень;

при $t_B = 12$ оС $K'_t = 0,95$ [15];

q , Вт – тепловий потік вільних тепловиділень однією твариною;

згідно даних таблиці 2.3 $q = 463$ Вт ;

n – кількість голів; $n = 50$.

$$Q_B = 0.28 \cdot C_p \cdot \rho \cdot L_e (t_e - t_o) \quad (2.3)$$

2.2.2. Теплові надходження від електроосвітлення

$Q_{осв}$, кВт, приймаємо згідно розрахунків системи електроосвітлення приміщення ферми (розділ 3 випускної роботи).

$$Q_{осв} = 3,72 \text{ кВт}$$

2.3. Теплові втрати будівлі ферми

2.3.1. Теплова потужність системи опалення на підігрів вентиляційного повітря .

Q_B , Вт, визначається за формулою.

$$Q_B = 0.28 \cdot C_p \cdot \rho \cdot L_g (t_g - t_o) \quad (2.4)$$

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_g , t_o , °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 $W_{ТВ}$, г/год, розраховується за формулою.

$$W_{ТВ} = K_t'' \cdot W \cdot n \quad (2.5)$$

де K_t'' – температурний коефіцієнт вологовиділень; при $t_g = 12$ °C $K_t'' = 1,104$ [15];

W , г/год – вологовиділення однією твариною; $W = 303$ г/год [15];

Для проектуємої ферми маємо.

$$W_{ТВ} = 1.104 \cdot 303 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 16.7 \text{ кг / год.}$$

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

$$V_{CO_2} = K_t''' \cdot V_{CO_2} \cdot n \quad (2.6)$$

де K_t''' – температурний коефіцієнт виділень вуглекислого газу; $K_t'' = 1,04$ [15];

V_{CO_2}' , л/год – кількість вуглекислого газу, яке виділяється однією твариною; $V_{CO_2}' = 110$ л/год [15];

Для вихідних даних маємо.

$$V_{CO_2} = 5720 \text{ л / год.}$$

Витрати вентиляційного повітря L_B , м³/год, визначаємо за умови видалення з приміщення водяної пари.

$$L_B = \frac{W}{\rho(d_g - d_o)} \quad (2.7)$$

де W , г/год – сумарні вологовиділення всередині приміщення;

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

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

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

$$W = W_{TB} + W_{M.P.} \quad (2.8)$$

де $W_{M.P.}$, г/год – вологовиділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь; допускається приймати $W_{M.P.} = 0,1 \cdot W_{TB}$

Тоді

$$W = 18400 \text{ г / год.}$$

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

$$d_B = 5 \text{ г/(кг с.п.);}$$

$$d_o = 0,5 \text{ г/(кг с.п.).}$$

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

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

Вуглекислого газу.

$$L_B = \frac{V_{CO_2}}{C_{ГР} - C_o} \quad (2.9)$$

де $C_{ГР}$, л/м³ – гранично допустима концентрація вуглекислого газу всередині приміщення; згідно [15] $C_{ГР}$ можна прийняти $C_{ГР} = 2$ л/м³;

C_o , л/м³ – концентрація вуглекислого газу в зовнішньому (припливному) повітрі; приймаємо $C_o = 0,3$ л/м³ [15].

$$L_B = \frac{5720}{2-0.3} = 3365 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Витрати вентиляційного повітря згідно норми мінімального повітрообміну розраховуються за формулою.

$$L_B = L \cdot m \quad (2.10)$$

де L , м³/год – норми мінімального повітрообміну на 1 ц маси тварин; для холодного періоду в комплексах ВРХ $L = 15$ м³/год;

m , ц – маса тварин; $m = 250$ ц.

Згідно норми мінімального повітрообміну необхідні витрати вентиляційного повітря дорівнюють.

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

З трьох розрахованих величин витрати вентиляційного повітря приймаємо найбільшу:

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

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

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

2.3.2. Теплові втрати системи опалення на випаровування вологи з відкритих та змочених поверхонь в робочому приміщенні

$Q_{\text{вип}}$, кВт, визначається за формулою.

$$Q_{\text{вип}} = 0,69 \cdot W_{\text{м.п}} \quad (2.11)$$

Для наших умов.

$$Q_{\text{вип}} = 1,2 \text{ кВт}. \quad (2.12)$$

2.3.3. Теплові втрати через огорожувальні конструкції

Теплові втрати через огорожувальні конструкції розраховуємо за таких технічних характеристик будівлі ферми ВРХ:

габарити технологічного приміщення ферми (за зовнішніми замірами): 12 x 40,0 м²;

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.

$$Q_{T.BTP} = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_B - t_o) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n \cdot 10^{-3}. \quad (2.12)$$

де $A, \text{ м}^2$ – площа поверхні огорожувальної конструкції;
 $R, (\text{м}^2 \cdot \text{оС})/\text{Вт}$ – термічний опір конструкції;
 t_B, t_o – розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря ;

n – коефіцієнт, який залежить від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря; визначається за даними [11];

β – додаткові теплові втрати (у відсотках до основних теплових втрат), які враховуються для зовнішніх вертикальних та похилих поверхонь згідно таблиці 3 [11].

Термічний опір огороження $R, (\text{м}^2 \cdot \text{оС})/\text{Вт}$, визначається для кожної конструкції як сума.

$$R = R_3 + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_B \quad (2.13)$$

де $R_3, R_B, (\text{м}^2 \cdot \text{оС})/\text{Вт}$ – термічні опори тепловіддачі від зовнішньої та до внутрішньої поверхонь конструкції;

$\delta_i, \text{ м}$ – товщина прошарку;

$\lambda_i, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – 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 $Q_{\Pi}, \text{ кВт}$, розраховуються за формулою.

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_i} (t_B - t_o) \cdot 10^{-3} \quad (2.14)$$

де $F_i, \text{ м}^2$ – площа однієї зони;

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

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 2.4, а підсумкові розрахункові теплові втрати, визначені згідно вищевказаної методики, – в таблиці 2.5.

Таким чином, для одноповерхової споруди тваринницької ферми маємо: загальна площа споруди – $12,0 \times 40,05 = 480,6 \text{ м}^2$ (за зовнішніми замірами); теплові втрати будівлі – $Q_{т.втр.} = 28,993 \text{ кВт}$;

2.3.4. Теплові втрати будівлі на підігрів інфільтрованого повітря

$Q_{інф}$, кВт, в нормах проектування тваринницьких комплексів рекомендується приймати на рівні 30% від теплових втрат через огорожувальні конструкції:

$$Q_{інф} = 0,30 \cdot Q_{т.втр.} = 8,7 \text{ кВт} \quad (2.14)$$

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 QOBC, кВт

$$Q \cdot O \cdot B \cdot C = 51,7 \text{ кВт} \quad (2.15)$$

Таблиця 2.4

Теплотехнічні характеристики огорджувальних конструкцій будівлі ферми

Найменування та умовне позначення огорджувальної конструкції та її складові	Параметри		
	δ_i , м	λ , м Вт/(м*К)	δ_{Σ} , м
Зовнішня стіна (ЗС) - кладка в 2 цеглини 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 – мінеральна 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 коробці (ВП) - подвійне скління	0,050	0,250	0,050

Таблиця 2.5

Розрахункові теплові втрати будівлі через огорджувальні конструкції

№	Позначення конструкції	R_o (м ² *К)/Вт)	n	N	$Q_{\text{дод}}\%$		$Q_{\text{ос}}$, кВт
					вітер	напряв	
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: - I зона - II зона - III зона	2,580 4,730 9,030	1,0	1	-	-	3,861
Всього :							28,993

2.4. Розрахунок та вибір теплоутилізаційної установки

Припливне повітря для потреб опалення та вентиляції нагрівається в водяних калориферах, первинним теплоносієм яких є гаряча вода від теплових мереж котельні фермерського господарства.

Вихідні дані для розрахунку теплоутилізаційної установки:

максимальні витрати зовнішнього повітря $L_{\text{вент}}^{\Sigma}$, м³/год, (при розрахунковій температурі зовнішнього повітря);

температура нагрітого (припливного) повітря $t_{го}$, оС, після калориферів при розрахунковій температурі зовнішнього повітря;

розрахункові параметри зовнішнього повітря:

- температура $t_o = - 22$ оС;
- відносна вологість $\phi_o = 70\%$;
- вологовміст $d_o = 0,5$ г/(кг с.п.);
- розрахункові параметри внутрішнього повітря:
- температура $t_v = 12$ оС;
- відносна вологість $\phi_v = 60\%$;
- вологовміст $d_v = 5,0$ г/(кг с.п.);
- розрахункові параметри теплоносія в тепловій мережі:
- температура води в подавальному трубопроводі $\tau_{1o} = 95$ оС;
- температура води в зворотному трубопроводі $\tau_{2o} = 70$ оС;

Максимальні витрати зовнішнього повітря $L_{\text{вент}}^{\Sigma}$, м³/год, яке потрібно підігрівати в калориферній установці, визначаємо з урахуванням підсмоктування повітря в повітропровід при його транспортуванні в робочі приміщення ферми:

$$L_{\text{вент}}^{\Sigma} = n_{\text{п}} \cdot L_B \quad (2.16)$$

де $n_{\text{п}}$ – поправочний коефіцієнт на підсмоктування повітря в повітропровід; для сталевих повітропроводів довжиною більше 50 м $n_{\text{п}} = 1,15$ [17];

L_v , м³/год – розрахунковий повітрообмін для холодного періоду; L_v = 3750 м³/год.

Сумарна продуктивність системи припливної вентиляції:

$$L_{vent}^{\Sigma} = 4312,5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

В якості базового вентиляційно–опалювального устаткування для створення необхідних параметрів мікроклімату всередині будівлі корівника вибрані повітрооброблювальні агрегати типу AirVents (фірма–виробник «VENTS») [2].

Повітрооброблювальні агрегати AirVents забезпечують обігрів, вентиляцію та кондиціювання повітря протягом усього року, а також підготовку та обробку повітря. AirVents є комплексним вентиляційним рішенням, яке дозволяє створити компактну, повністю забезпечену систему з функціями, адаптованими до конкретних умов експлуатації.

Головною перевагою системи AirVents є її модульність. Модульні вентиляційні блоки складаються з функціональних секцій, які можуть бути об'єднані в будь-яку комбінацію для об'єктів різної складності за бажанням замовника.

Завдяки модульності системи, оптимальну конфігурацію блоку управління повітрям можна звернути відповідно до конкретних умов експлуатації. Використання компонентів від провідних світових виробників гарантує надійність всього пристрою, а автоматизація та застосування енергозберігаючих пристроїв значно знижують енергоспоживання.

ВЕНТС є єдиною компанією, яка виробляє вентиляційне обладнання на одній виробничій базі, враховуючи всі етапи передвиробництва.

Переваги обраного обладнання:

- широкий спектр вентиляційних пристроїв для установки на об'єктах різної складності за допомогою модульної конструкції;
- компактність системи, яка потребує мінімального місця для встановлення;

- тривалий термін експлуатації з використанням алюмінієвих матеріалів та високоякісної оцинкованої сталі;
- коштів часуекономія часу та коштів за рахунок швидкого та легкого монтажу та обслуговування;
- вільний доступ до основних вузлів для обслуговування;
- універсальна система підключення (виконання злива і справа);
- директив надійність і безпека, гарантовані виробником відповідно до вимог директив ЄС.

2.4.1. Вибір, склад та конструктивні характеристики повітрооброблювальних агрегатів AirVents

Конструктивна схема припливно–витяжного агрегату з пластинчатим рекуператором показана на рис. 2.1; розміри типоряду модулів повітрооброблювальних агрегатів AirVents в табл. 2.6.

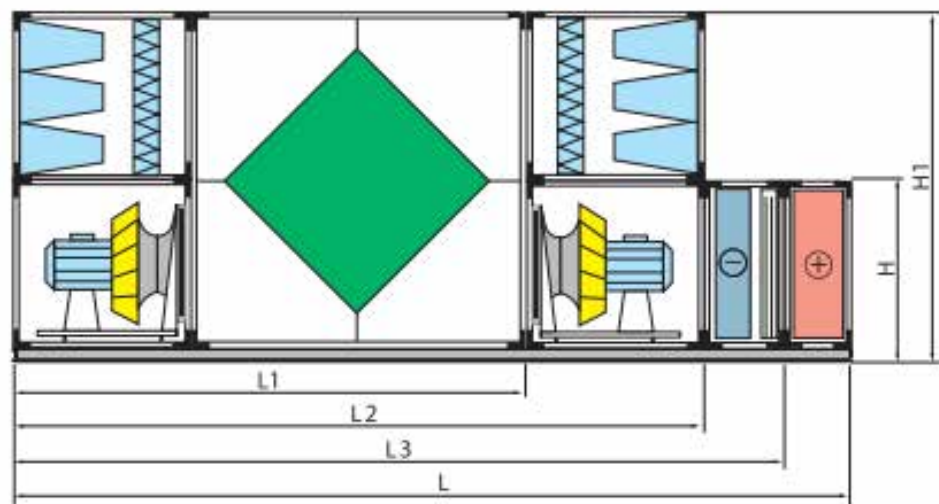


Рис. 2.1. Конструктивна схема припливно–витяжного агрегату з пластинчатим рекуператором:

1 – повітро-повітряний рекуперативний пластинчастий утилізаційний теплообмінник; 2 – відцентровий вентилятор; 3 – повітряний фільтр;

4 – водяний теплообмінник (охолоджувач);

5 – водяний теплообмінник (нагрівач)

До складу модуля агрегатів AirVents входять [2]:

- повітро–повітряний рекуперативний пластинчастий утилізаційний теплообмінник;
- відцентровий вентилятор;
- повітряний фільтр;
- водяний теплообмінник (охолоджувач);
- водяний теплообмінник (нагрівач);
- секція повітряних заслінок з електроприводом;
- секція шумоглушіння;
- інспекційна секція;
- секція капле уловлювача;
- система для відведення конденсату;
- блок управління припливними і припливно–витяжними установками.

Таблиця 2.6

Розміри типоряду модулів повітрооброблювальних агрегатів AirVents

тип	1, м	2, м	3, м	4, м	5, м	6, м	7, м	W (ширина), м	A xB (вхід), м	Ма са, кг
v04	,05	,85	,2	,71	,73	,33	87	0,7x0,4	0	50 6_526
v06	,30	,20	,59	,1	,81	,48	98	,8x0,5	0	61 9_659
v09	,73	,86	,35	,78	,97	,86	3	,7x0,4	0	66 8_720
v15	,28	,41	,8	,29	,16	,24	43	x0,5	1	82 6_878
v20	,28	,41	,8	,29	,26	,44	63	,2x0,9	1	10 30_1130
v27	,28	,41	,8	,43	,34	,61	27	,4x1	1	14 26_1596
v35	,81	,94	,33	,96	,42	,77	27	x1	2	16 79_1839

Згідно з розрахунками теплової потужності опалювально–вентиляційної системи будівлі корівника витрати вентиляційного повітря становлять величину **4313 м³/год.**

Аналіз графіків продуктивності відцентрових вентиляторів, які входять до складу модуля AirVents, показав, що для умов проектування підходить модульна установка з вентилятором типу AV 04 (рис. 2.2).

Безкорпусний вентилятор AV 04 - це високоефективний відцентровий вентилятор з безпосереднім приводом, розміщений в звукоізовльованому корпусі повітро- повітрооброблювального агрегату.

Безкорпусний вентилятор є вентилятором одностороннього всмоктування з відкритим нагнітальним отвором.

Вентилятор має ККД до 75 % і надзвичайно низький рівень шуму на низьких частотах.

Конструкція безкорпусного вентилятора забезпечує низьку і рівномірно розподілену швидкість повітряного потоку в нагнітальному отворі.

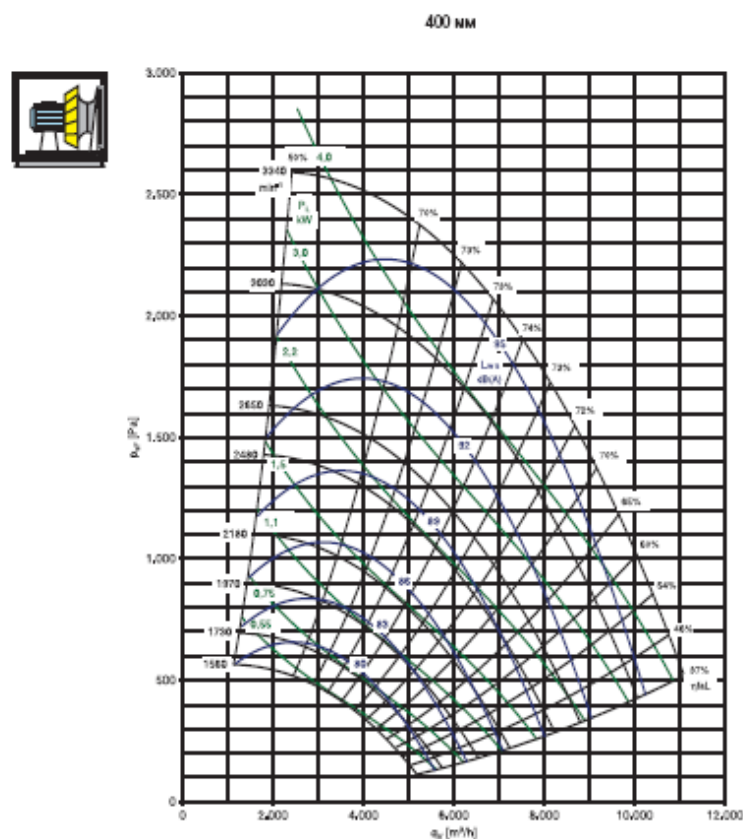


Рис. 2.2. Графіки продуктивності вентиляторів AV 06 [2]

Вентилятор чудово підходить для вентиляційних установок, де під ним повинні бути встановлені інші секції. Він оснащений високошвидкісним електродвигуном, з можливістю опційного перетворювача частоти для плавного регулювання швидкості та потоку повітря.

Вентилятор встановлений на міцній рамі, яка спирається на гумові віброізолятори. Ці ізолятори підбираються індивідуально для мінімізації передачі вібрацій від корпусу.

Патрубок вентилятора, приєднаний до корпусу пристрою за допомогою гнучкої вставки, що запобігає передачі вібрацій.

2.4.2. Секція пластинчастого рекуператора

Пластинчастий рекуператор призначений для енергозбереження під час подачі повітря. Теплообмінні пластини рекуператора виготовлені зі спеціального алюмінію, запечатані гнучким жаростійким герметиком та закріплені кріпильними затискачами.

Прокладка забезпечення надійного розподілу повітряних потоків. Принцип роботи відбувається в тому, що вхідне повітря передає тепло пластинам теплообмінника, які в свій час нагрівають подаючий потік повітря. Це значно знижує витрати на підігрів поданого повітря. Потоки подачі та витяжки повітря не перетинаються, тому забруднення, запахи та мікроорганізми не можуть передаватись з одного потоку до іншого.

Таким чином, теплообмінник ідеально підходить для нападу, коли необхідно уникнути змішування повітряних потоків, щоб запобігти потраплянню неприємних запахів у подачу повітря. Пластинчастий теплообмінник також використовується в ситуаціях, коли потрібно повністю усунути передачу вологи з видаленого повітря, наприклад, при вентиляції повітря в басейні.

Для запобігання обмерзанню рекуператора використовується електронний захист із застосуванням байпасу. Удосконалена система захисту від обмерзання повністю інтегрована з програмою автоматизації. Коли від датчика температури

надходить сигнал, байпас на стороні живлення рекуператора відкривається, тепло різко знижується, і пластини розморозжують за допомогою теплого відпрацьованого повітря.

Рівень відкриття заслінки байпасу регулюється за допомогою електроприводу BELIMO. Коефіцієнт корисної дії (ККД) становить 85%. Це значно знижує експлуатаційні витрати на опалення приміщення.

Під рекуператором встановлений лоток для конденсату, який збирається з відпрацьованого повітря. Сифон з достатньою висотою водяних воріт повинен бути встановлений у лінії зливу конденсату.

Пластинчастий рекуператор (поперечний або протиточний) є найпростішим варіантом, після чого не має рухомих частин або електричних з'єднань; повністю розділяє повітряні потоки; майже не потребує обслуговування і не потребує додаткових витрат енергії.

2.5. Результати розрахунку теплообмінника-утилізатора та визначення терміну окупності впровадження теплоутилізаційної установки в приміщенні корівника

Теплотехнічний та гідравлічний розрахунки та визначення терміну окупності впровадження теплоутилізаційної установки виконувались за допомогою комп'ютерної програми KLINGENBURG, розробник – фірма KLINGENBURG GmbH (Німеччина).

Результати теплотехнічного та гідравлічного розрахунків наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Результати теплотехнічного та гідравлічного розрахунків теплообмінника-утилізатора

Показник	Значення
Тип теплоутилізатора	PWT 600/700-1620-7,0-BY 127

Висота, мм	920
Ширина, мм	1905

Продовження таблиці 2.7

Глибина, мм	2940	
Тип теплообмінника	Хрестоподібний, пластинчатий	
Кількість теплоутилізаторів	1 (одна)	
Довжина грані, мм	450	
Ширина пакета, мм	1620	
Відстань між пластинами, мм	3,5	
	Приплив	Видалення
Швидкість повітря, м/с	1,59	1,8
Втрати тиску, Ра	403	416
ККД без конденсації, %	79,5	79,3
ККД з конденсацією, %	85,5	67,1
Теплопередача без конденсації, кВт	35,31	-35,31
Теплопередача з конденсацією, кВт	39,94	-39,94

2.6. Теплотехнічні параметри корівника фермерського господарства

Для ферми ВРХ із значними теплонадходженнями від тварин необхідно визначити граничну температуру зовнішнього повітря, для якої спостерігається тепловий баланс у співвідношенні між тепловими втратами будівлі технологічного комплексу та теплонадходженнями від тварин.

Розрахуємо граничну температуру зовнішнього повітря $t_{o,гр}$, оС, за формулою

$$t_{o,гр} = t_B - \frac{Q_{ТВ} - Q_{ВМП}}{Q_{Т.ВТР} - Q_B} \cdot (t_B - t_o) \quad (2.15)$$

За вихідними умовами проектування отримуємо:

$$t_{o,гр} = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Згідно даних [15] визначимо такі параметри опалювального сезону для тваринницького комплексу:

$$\text{тривалість опалювального сезону } n_o^{TB} = 123 \text{ доби};$$

$$\text{середня температура опалювального сезону } t_{o,сеп}^{TB} = -4,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня (за опалювальний сезон) теплова потужність опалювально-вентиляційної системи ферми $Q_{OBC,cep}$, кВт, визначається за формулою

$$Q_{OBC,cep} = Q_{OBC} - \frac{t_B - t_{O,cep}^{TB}}{t_B - t_O} \quad (2.16)$$

Річні витрати теплової енергії тваринницької ферми для опалювально-вентиляційних потреб $Q_{OBC,pik}^{TB}$, ГДж, визначаємо в залежності від граничної температури опалювального сезону за формулою

$$Q_{OBC,pik}^{TB} = 3,6 \cdot \left[(Q_{T.BTP} + Q_B) \frac{t_B - t_{o,cep}^{TB}}{t_B - t_o} + Q_{VIII} - Q_{TB} \right] \cdot z_o \cdot n_o^{TB} \quad (2.17)$$

Ферма ВРХ є значним споживачем теплової енергії у вигляді гарячої води для потреб утримання та відгодування тварин. Середня теплова потужність систем гарячого водоспоживання для опалювального сезону Q_{hm} , кВт, визначається за формулою

$$Q_{hm} = \sum_{i=1}^n \frac{c_p \cdot b_i \cdot N \cdot (t_{\Gamma} - t_{x,e})}{24 \cdot 3600} \quad (2.18)$$

де c_p , кДж/(кг·К) – питома теплоємність води; $c_p = 4,19$ кДж/(кг·К);
 b_i , кг/доба – середньодобова норма споживання гарячої води тваринами розрахункової групи; $b_i = 10,0$ кг/доб;
 N – кількість голів;
 t_{Γ} , оС – температура гарячої води; $t_{\Gamma} = 55$ оС;
 $t_{x,e}$, оС – температура холодної води для опалювального сезону;
 $t_{x,e} = 5$ оС;

Максимальна теплова потужність систем гарячого водопостачання розраховується за формулою

$$Q_{h\max} = k_{HEП} \cdot Q_{hm} \quad (2.19)$$

де $k_{нер}$ – коефіцієнт нерівномірності споживання гарячої води на протязі доби; для тваринницьких підприємств $k_{нер} = 2,5$ [15].

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

$$Q_{hm}^S = \alpha \cdot Q_{hm} \frac{55 - t_{x.б}^S}{55 - t_{x.б}} \quad (2.20)$$

де α – коефіцієнт, який враховує зміну середніх витрат води на гаряче водоспоживання в неопалювальний період; для тваринницьких підприємств $\alpha = 1,0$;

$t_{x.б}^S$, °С – температура холодної води в неопалювальний період; приймається $t_{x.б}^S = 15$ °С.

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

$$Q_h^{пik} = 3,6 \cdot \left[(Q_{hm} \cdot n_{OBC}^{TB} \cdot z_o + Q_{hm}^S \cdot z_o \cdot (350 - n_{OBC}^{TB})) \right] \cdot 10^{-3} \quad (2.21)$$

Результати розрахунків параметрів системи теплоспоживання ферми наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Показники системи теплоспоживання тваринницької ферми

Вихідні дані	
Місце розташування	Смт Куликівка, Куликівський район, Чернігівська обл.
Тип тварини	Корови дійні
Кількість голів у фермі	50
Розрахункові дані	
Показник	Значення
Параметри опалювального сезону:	
- тривалість доба	123
- середня температура повітря, °С	-4,2
- гранична температура повітря, °С	1,6
Границі температурних періодів:	
- холодний період, °С	-22°С,,,,,1,6°С
- перехідний період, °С	1,6°С,,,10°С
- теплий період, °С	10°С,,,,,
Опалювально- вентиляційні системи (ОВС):	
- розрахункова теплова потужність, кВт	51,7 24,6
- середня теплова потужність, кВт	
Системи гарячого водопостачання (ГВП):	
Опалювальний період:	
- розрахункова теплова потужність, кВт	19,6 7,9
- середня теплова потужність, кВт	
неопалювальний період:	15,7
- розрахункова теплова потужність, кВт	6,3
- середня теплова потужність, кВт	
Сумарна (ОВС+ГВП) теплова потужність, кВт	71,3
- опалювальний період	15,7
- неопалювальний період	
Річні потреби теплової енергії на:	
- опалювально-вентиляційні системи, ГДж	124 103,3
- системи гарячого водопостачання, ГДж	
Сумарні річні потреби теплової енергії, ГДж	227,3

РОЗДІЛ 3 ВОДОПОСТАЧАННЯ

Споживання води визначається виходячи із норм споживання води, які приведені ОНТП.

Таблиця 3.1

Дані споживання води тваринами на молочно-товарній фермі

Назва споживача	Кількість споживачів	Добова витрата води на 1 споживача, л/доб.	Загальна добова витрата, м ³ /доб.
Корови дійні	50	100	5
Нетелі	40	60	2,4
Господарчі потреби	10	700	7

Середньодобове споживання води в господарстві:

$$Q_{\text{ср.доб}} = n_1 \cdot q_1 + n_2 \cdot q_2 + n_3 \cdot q_3 \quad (3.1)$$

де, $Q_{\text{ср.доб}}$ – середньодобове споживання води, м³/доб;

n_1, n_2, n_3 – кількість споживачів з однаковою нормою споживання;

q_1, q_2, q_3 – добова норма споживання води окремими споживачами, м³/доб;

$Q_{\text{ср.доб}} = 53$ м³/доб. ;

Максимальне значення годинного водоспоживання:

$$Q_{\text{м.год}} = \frac{Q_{\text{ср.доб}} \cdot \alpha_{\text{доб}} \cdot \alpha_{\text{год}}}{24} \quad (3.2)$$

де, $Q_{\text{м.год}}$ – максимальне годинне водоспоживання, м³/год. ;

$\alpha_{\text{доб}}, \alpha_{\text{год}}$ – коефіцієнти добової і годинної нерівномірності споживання води.

Для сільськогосподарських споживачів з автонапувалками на фермах:

$$\alpha_{доб.} = 1,3 \quad \alpha_{год.} = 2,5$$

$$Q_{м.год} = \frac{53 \cdot 1,3 \cdot 2,5}{24} = 7,18 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Максимальне значення секундного водоспоживання:

$$Q_{м.сек} = \frac{Q_{м.год}}{3600} ;$$

де, $Q_{м.сек}$ – максимальне значення секундного водоспоживання, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q_{м.сек} = \frac{7,18}{3600} = 0,002 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Витрати води на гасіння пожежі згідно СНІП – 31- 74 становлять 10 л/с.

Тоді :

$$Q_{роз.с} = Q_{м.сек} + Q_{пож.с} \quad (3.3)$$

де, $Q_{роз.с}$ – розрахункова витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{пож.с}$ – пожежні витрати води, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$Q_{роз.с} = 0,002 + 0,010 = 0,012 \text{ м}^3/\text{с}$$

Забір води виробляється з артезіанської свердловини з заглибним насосом.

Глибина залягання водяного пласта – 50 м.

Як напірно-регулюючий засіб використовується металева водонапірна башта Рожновського. Висота водонапірної башти визначається за формулою:

$$H_{в.б.} = H_{в.} + H_{п.} + (Z_{д.} - Z_{б.}) ;$$

де, $H_{в.б.}$ – висота водонапірної башти, м

$H_{в.}$ – величина вільного напору, м; $H_{в.} = 10\text{м}$

$H_{п.}$ – величина втрат у водопроводі, м;

$Z_{д.}$, $Z_{б.}$ – геодезичні відмітки землі, відповідно біля диктуючої точки і основи башти, м.

$$H_{п.} = h_{т.} + h_{ш.} ;$$

де, h_T – втрати напору на тертя по довжині (лінійні втрати напору)

$h_{ш}$ – місцеві втрати напору;

Втрати напору по довжині визначають за формулою Дарсі-Вейсбаха

$$h_m = \lambda \frac{V \cdot 2 \cdot l}{\eta_d \cdot D} \quad (3.4)$$

де, λ – коефіцієнт гідравлічного опору по довжині при $V=1,2$ м/с $\lambda=0,024$

l – довжина труби = 400 м;

D – діаметр труби, м;

$$D = 1.3 \sqrt{\frac{0.012}{1.2}} = 0.13 \text{ м}; \quad (3.5)$$

Приймаємо діаметр труби $D=125$ мм.;

$$h_m = 0.024 \frac{1 \cdot 2 \cdot 400}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.125} = 3.1 \text{ м};$$

Вважають, що місцеві втрати напору становлять 10% від величини втрат на тертя по довжині, тобто: $h_{ш} = 0,1 h_T = 0,1 \cdot 3,1 = 0,31$ м.

Різниця геодезичних відміток Z_d і Z_6 становить 2 м. Тоді розрахункова величина об'єму водонапірної башти:

$$V_{р.б.} = V_{рег.} + V_{пож.} + V_{ав.};$$

Де $V_{рег.}$ – регульований об'єм води в баку, м^3 ;

$V_{пож.}$ – протипожежний запас води, м^3 ;

$V_{ав.}$ – аварійний запас води, м^3 ;

$$V_{рез} = 0,01 \frac{Q_{сер.доб} \cdot a_{доб} \cdot a_{год}}{n}, \text{ м}^3 \quad (3.6)$$

де n – кількість включень насоса в годину, приймаємо $n=4$;

$$V_{рез.} = 0,01 \frac{53 \cdot 1,3 \cdot 2,5}{4} = 0,43 \text{ м}^3.$$

Протипожежний запас води.

$$V_{пож.} = 3,6 \cdot Q_{пож.} \cdot n_{пож.} \cdot t_{пож.}, \text{ м}^3; \quad (3.7)$$

де, $n_{пож.}$ – розрахункова кількість одночасних пожеж, приймаємо $n=1$.

$t_{пож.}$ – тривалість гасіння пожежі, приймаємо $t_{пож.}=10$ хв.

$$V_{пожеж} = 3,6 \cdot 10 \cdot 1 \cdot \frac{1}{6} = 9 \text{ м}^3$$

Тоді аварійний запас води:

$$V_{авар} = Q_m \cdot год \cdot t_{ав}, \text{ м}^3; \quad (3.8)$$

де, $t_{ав.}$ – час необхідний для усунення можливості аварії, год.

Приймаємо $t_{ав}=2$ год. Тоді

$$V_{ав} = 7,18 \cdot 2 = 14,36 \text{ м}^3.$$

Розрахунковий об'єм бака водонапірної башти:

$$V_{роз.б.} = 0,43 + 9 + 14,36 = 23,79 \text{ м}^3.$$

По розрахунковій висоті башти $H_{в.б.}$ і об'єму бака $V_{в.б.}$ посилаючись на довідник по с.г. водопостачанню вибираємо водонапірну башту Рожновського. Ємність бака ($D_{б.} = 3 \text{ м.}$) $V_{б.} = 25 \text{ м}^3$, діаметр бака $D_{б.} = 3 \text{ м.}$, висота стержня $H_{б.} = 15 \text{ м.}$

Розрахунковий діаметр нагнітаючої труби визначається за формулою:

$$D_{\text{наг}} = 1.3 \sqrt{\frac{Q_{\text{роз.с}}}{V_{\text{рег}}}}, \text{ м}; \quad (3.9)$$

$$D_{\text{наг.}} = 100 \text{ мм.}$$

Швидкість руху води в трубі:

$$V = \frac{4 \cdot Q_{\text{роз.с}}}{\pi d^2}, \text{ м / с}; \quad (3.10)$$

$$V = \frac{4 \cdot 0,017}{3,14 \cdot 0,1^2} = 2,17 \text{ м / с};$$

Втрата напору по довжині напірної труби:

$$h_{\text{втр.нап}} = \lambda \frac{V^2 \cdot L^2}{2 \delta D}, \text{ м}; \quad (3.11)$$

$$h_{\text{втр.нап}} = 0.024 \frac{2.17^2 \cdot 50^2}{2 \cdot 9.81 \cdot 0.1} = 4.45 \text{ м};$$

Втрати напору в місцевих опорах :

$$h_{\text{втр.нап}} = 0.1 \cdot 4,45 = 4.45 \text{ м};$$

$$H_{\text{втр.місцев}} = \frac{V_{P.б} \cdot 4}{Z \cdot D_{б}^2} \text{ м}; \quad (3.12)$$

Висота рівня води в баку:

$$H_{\text{бак}} = \frac{23.79 \cdot 4}{3.14 \cdot 3^2} = 3.37 \text{ м};$$

Розрахунковий напір насоса: $H_p = (Z_{б-} - Z_{в.}) + H_{б.} + H_{б.к.} + h_{в.т.} + h_m, \text{ м};$

$$H_p = 55 + 15 + 3,37 + 4,45 + 0,445 = 78,265 \text{ м.}$$

По максимальному годинному споживанню води $Q_{\text{макс.год.}}=7,18 \text{ м}^3/\text{с}$, розрахунковим напором $H_p = 78,265 \text{ м}$ за допомогою довідника вибираємо заглибний насос ЭЦВ6-10-80, у якого $Q_{\text{нас.}}=10 \text{ м}^3/\text{с}$ і напір $H= 80 \text{ м}$ з електричним двигуном ПЭДВ 4,5 – 140 , потужністю $P=4,5 \text{ кВт}$, номінальним струмом $I_n=10,5 \text{ А}$.

РОЗДІЛ 4

АВТОНОМНА КОТЕЛЬНЯ НА БАЗІ ТРЬОХ НАСТІННИХ ГАЗОВИХ АПАРАТІВ. ОСНОВНЕ ТА ДОПОМІЖНЕ КОТЕЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

Проектом передбачається теплоспоживання будівель фермерського господарства від власної, повністю автоматизованої котельні на базі трьох настінних газових апаратів типу „КОЛВІ КТ DUO” виробництва заводу „КОЛВІ-Енергомаш” (Україна, м. Чернігів).

4.1. Розрахунок теплової потужності автономної котельні

Визначимо теплову потужність будівельних споруд фермерського господарства, які опалюються від автономної котельної.

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

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

Технічні характеристики опалювальних від автономної котельної споруд наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Характеристика споживачів теплової енергії фермерського господарства

№	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	Ремонтний цех	140	46,7	3198	1
3	Цех приготування кормів	150	50	3572	1

Продовження таблиці 4.1

4	Офісно-житловий котедж	1333	362	3572	1
5	Корівник	4998	1428	3572	1

4.1.1. Розрахунок теплової потужності будівельних споруд фермерського господарства за укрупненими показниками

Розрахунок потужності систем теплоспоживання корівника виконаний в розділі 2 випускної магістерської роботи,

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

- район розташування будинків (таблиця 2.1);
- призначення приміщення (таблиця 4.1);
- геометричні параметри будівельної споруди (таблиця 4.1).

Витрати теплоти на опалення Q_o , кВт, визначимо за формулою

$$Q_o = q_o \cdot V \cdot (t_B - t_o) \cdot 10^{-3} \quad (4.1)$$

де q_o , Вт/(м³·К) – питома опалювальна характеристика будівлі; вибирається згідно даних [15] в залежності від соціального призначення та об'єму приміщення;

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

t_B , оС – температура внутрішнього повітря; вибирається згідно даних [11] в залежності від соціального призначення приміщення;

t_o , оС – 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

$$Q_v = q_v \cdot V \cdot (t_B - t_v) \cdot 10^{-3} \quad (4.2)$$

де q_v , Вт/(м³·К) – питома вентиляційна характеристика будівлі; вибирається згідно даних [11] в залежності від об'єму приміщення;

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

t_v , оС – температура внутрішнього повітря; вибирається згідно даних [11] в залежності від соціального призначення приміщення;

t_v , оС – розрахункова температура зовнішнього повітря при проектуванні вентиляції.

За розрахункову температуру зовнішнього повітря приймається:

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

середня температура найбільш холодного періоду (параметр А для холодного періоду) при проектуванні загально обмінної вентиляції.

Для споживачів теплової енергії з водяною системою опалення приймаємо $t_v = -10$ оС.

Середня за опалювальний сезон теплова потужність систем опалення $Q_{o,сep}$, кВт, визначається за формулою

$$Q_{o,сep} = Q_o \cdot \frac{t_B - t_{o,сep}}{t_B - t_o} \quad (4.3)$$

де $t_{o,сep}$, оС – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря; приймається за даними [11]; для даної місцевості $t_{o,сep} = -1,0$ оС.

Результати розрахунків теплової потужності систем опалення та вентиляції будівель фермерського господарства наведені в таблиці 5.2.

Визначимо витрати теплоти на гаряче водопостачання для житлової та адміністративних будівель згідно норм витрат гарячої води [13].

Середня теплова потужність Q_{hm} , кВт, систем гарячого водопостачання розраховується за формулою

$$Q_{hm} = \frac{1.2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_{x.в}) \cdot c_p}{24 \cdot 3600} \quad (4.4)$$

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

a, b , кг/доба – середньодобова норма споживання гарячої води з температурою 55 оС в житлових та суспільно-адміністративних приміщеннях на одну людину;

m – розрахункова кількість людей;

$t_{x.в}$, оС – температура холодної води для опалювального сезону; $t_{x.в} = 5$ оС;

Максимальна теплова потужність систем гарячого водопостачання, кВт:

$$Q_{hm} = k_{нер} \cdot Q_{hm} \quad (4.5)$$

де $k_{нер}$ – коефіцієнт нерівномірності споживання гарячої води на протязі доби; за даними [15] для сільської місцевості $k_{нер} = 2,5$.

Теплова потужність систем гарячого водопостачання в літній період Q_{hm}^s , кВт:

$$Q_{hm}^s = \alpha \cdot Q_{hm} \frac{55 - t_{x.в}^s}{55 - t_{x.в}} \quad (4.6)$$

де α – коефіцієнт, який враховує зміну середніх витрат води на гаряче водоспоживання в неопалювальний період; для житлових будинків $\alpha = 0,8$;

$t_{x.v}^s$, °C – температура холодної води в неопалювальний період;
приймається $t_{x.v}^s = 15$ °C.

Середньодобова теплова потужність $Q_{hm}^{к.п.р}$, кВт, системи гарячого водопостачання кормоприготувального цеху визначається за формулою

$$Q_{hm}^{к.п.р} = \sum_{i=1}^n \frac{c_B \cdot m_i \cdot M_i \cdot (t_{\Gamma} - t_{x.v})}{24 \cdot 3600} \quad (4.7)$$

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

m_i , кг/кг – питомі витрати гарячої води на приготування кормів заданого типу;
приймаємо згідно даних [15] $m_i = 3,0$ кг/кг;

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

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

Результати розрахунків теплової потужності систем опалення та вентиляції побутових та суспільно-адміністративних споживачів наведені в таблиці 4.2, систем гарячого водопостачання для опалювального та неопалювального періодів – в таблиці 4.3.

Таблиця 4.2

Теплові потужності систем опалення та вентиляції
будівельних споруд фермерського господарства

№	Найменування приміщення	V, м ³	t _в , °C	q _о , Вт/м ³ К	q _в , Вт/м ³ К	Q _о , кВт	Q _в , кВт
1	Адміністративне приміщення	400	18	0,567	0,105	9,1	1,2
2	Ремонтний цех	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	Офісно- житловий коледж	1333	18	0,778	-	41,5	-
Всього:						57,8	2,4

Таблиця 4.3

Теплові потужності систем гарячого водопостачання споруд
фермерського господарства

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

4.1.2 Сумарні показники теплового споживання будівельних споруд фермерського господарства

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

на опалення $Q_o^{рік}$, ГДж

$$Q_o^{рік} = 3,6 \cdot Q_o \cdot z_o \cdot n_o \cdot \frac{t_B - t_{o.cep}}{t_B - t_o} \quad (4.8)$$

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 = 189 діб;

на вентиляцію $Q_v^{рік}$, ГДж

$$Q_v^{рік} = 3,6 \cdot Q_v \cdot z_v \cdot n_o \cdot \frac{t_B - t_{o.cep}}{t_B - t_v} \quad (4.9)$$

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

$$Q_h^{рік} = 3,6 \cdot \left[(Q_{hm} \cdot n_o \cdot z_o + Q_{hm}^s \cdot z_o \cdot (350 - n_o)) \right] \cdot 10^{-3} \quad (4.10)$$

Річні витрати теплової енергії фермерського господарства розраховуються за формулою:

$$Q_{ферм}^{рік} = Q_o^{рік} + Q_v^{рік} + Q_{OBC}^{рік} \quad (4.11)$$

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:

$$Q_{госп}^{рік} = 300 \text{ ГДж}$$

Річне теплоспоживання фермерського господарства на потреби гарячого водопостачання:

$$Q_h^{рік} = 215 \text{ ГДж.}$$

Річне теплоспоживання корівником (опалювально-вентиляційні системи та гаряче водоспоживання, таблиця 2.8 розділу 2 роботи)

$$Q_{OBC}^{рік} = 965 \text{ ГДж.}$$

Сумарні потреби фермерського господарства в тепловій енергії складають:

$$Q_{\text{ферм}}^{\text{рік}} = 320 + 300 + 215 + 965 = 1800 \text{ ГДж.}$$

4.2. Вибір та технічні характеристики котельного агрегату

Тип та кількість котельних агрегатів вибираємо в залежності від сумарної максимальної теплової потужності споживачів теплової енергії по видах теплоспоживання. Згідно результатів попереднього розрахунку, маємо такі сумарні показники потужності систем по видах теплоспоживання, які підключені до автономної котельної:

системи опалення:

офісно-житлового котеджу:

$$Q_o^{\text{кот.}} = 41,5 \text{ кВт}$$

адміністративної та господарських будівель:

$$Q_o^{\Sigma} = 16,9 \text{ кВт};$$

системи вентиляції:

$$Q_v^{\Sigma} = 2,4 \text{ кВт};$$

системи гарячого водопостачання (середньодобові, сумарні для всіх споживачів гарячої води):

опалювальний період:

$$Q_{h \max}^{\Sigma} = 11,0 \text{ кВт};$$

неопалювальний період:

$$Q_{h \max}^{\Sigma, S} = 8,8 \text{ кВт};$$

опалювально-вентиляційні системи свиноферми:

$$Q_{\text{ОВС}} = 155,6 \text{ кВт}$$

Сумарна теплова потужність споживачів (для опалювального періоду):

$$Q_{\text{СП}}^{\Sigma} = 227,4 \text{ кВт};$$

Розрахункову максимальну теплову потужність автономної котельної установки $Q_{ку}^p$, кВт, слід визначати за формулою

$$Q_{ку}^p = 1,15 \cdot (Q_o + Q_{hm} + Q_{OBC}) \quad (4.12)$$

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

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

Q_{OBC} , кВт, – розрахункова теплова потужність опалювально-вентиляційних систем ферми.

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

$$Q_{ку}^p = 1,15 \cdot (41,5 + 16,9 + 2,4 + 11,0 + 155,6) \approx 261,5 \text{ кВт.}$$

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

$$V = 1,2 \cdot \frac{Q_{кот.уст}}{\eta_{кот.уст} \cdot Q_n^p} \cdot 3600 \quad (4.13)$$

де $\eta_{кот.уст}$ – середній К.К.Д. котельної установки; приймається $\eta_k = 0,93$ [3];

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

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

$$V = 1,2 \cdot \frac{261500}{35,9 \cdot 10^6 \cdot 0,93} \cdot 3600 = 33,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вибір конкретного типу котельного апарату та допоміжного котельного обладнання потрібно виконувати на основі критеріїв збалансованості ціни та технічних характеристик (надійності, безпечності, значного терміна експлуатації, високого К.К.Д. мінімального рівня викидів шкідливих газів в навколишнє середовище та енергоспоживання, можливості повної автоматизації теплових процесів тощо).

Згідно вищесказаного, вибираємо:

газовий настінний апарат „КОЛВІ КТ DUO 100” виробництва заводу „КОЛВІ-Енергомаш” (Україна, м. Чернігів), максимальної теплопродуктивності 98 кВт з підігрівом води (теплоносія) до температури 80 оС; температура води на вході в котел (зворотна вода з тепломережі) – 60 оС. Тип палива – природний газ; кількість котельних агрегатів – 2 (два);

газовий настінний апарат „КОЛВІ КТ DUO 50” виробництва заводу „КОЛВІ-Енергомаш” (Україна, м. Чернігів), максимальної теплопродуктивності 49 кВт з підігрівом води (теплоносія) до температури 80 оС; температура води на вході в котел (зворотна вода з тепломережі) – 60 оС. Тип палива – природний газ; кількість котельних агрегатів типу „КОЛВІ КТ DUO 100” – 2 (два), „КОЛВІ КТ DUO 50” – 1 один.

Основні технічні характеристики водогрійного котла „КОЛВІ КТ DUO 100” наведені в таблиці 4.4.

Газовий апарат „КОЛВІ КТ DUO 50” складається з таких основних елементів :

- рама (2);
- тягопереривач (1);
- теплообмінник (6);
- камера згоряння (7);
- газопальниковий пристрій з газовою арматурою (9);
- циркуляційний насос (13);
- панель керування;
- декоративний кожух.

Пристрій „КОЛВІ КТ DUO 50” має коробкову конструкцію, призначену для настінного кріплення. Усі основні компоненти пристрою прикріплені до рами (2). У верхній частині пристрою розташований тяговий вимикач (1), під ним знаходиться теплообмінник (6), нижче якого розташована камера згоряння (7), а під нею – пальник (9) із газовим редуктором(11). Панель управління, виготовлена з міді, розміщена в нижній частині пристрою на кронштейнах.

Рама пристрою слугує задньою стінкою, а передня і бічні стінки закриті декоративним покриттям.

Для підключення до зовнішніх трубопроводів системи газо- та тепlopостачання, з відповідних елементів апарату виведені патрубки в нижній частині пристрою.

Упорний вимикач (1) – це металевий ящик для збору та впорядкованого видалення продуктів згоряння до димоходів через теплообмінник. Для підключення до димоходу у верхній частині упорного вимикача встановлена спеціальна патрубка, а в бічних частинах є спеціальні зазори для зменшення впливу зовнішніх метеорологічних факторів на вакуум у камері згоряння. Датчик тяги розташований біля одного з отворів всередині тягового вимикача.

Теплообмінник (6) виготовлений із мідної трубчастої котушки з ефективною ребристою зовнішньою поверхнею, покритий спеціальним жаростійким лаком для запобігання корозії. Для захисту теплообмінника від перегріву на трубах, що з'єднують обмінник із системою опалення, встановлюються спеціальні датчики аварійних термостатів (5) та проточне реле. Автоматичні відводи повітря забезпечують відведення повітря з теплообмінника.

Камера згоряння (7) - це простір між теплообмінником і пальником, обмежений металевими стінками з ефективною теплоізоляцією. На передній стінці є отвір для контролю процесу горіння.

Атмосферний газовий пальник розташований за камерою згоряння і має форму S для покращення якості спалювання газу та зменшення термічної напруги. Газ подається до пальника через колектор з насадками і підключається до газового регулятора за допомогою труби. У конструкції кожного пальника

передбачені електроди для запалювання газоповітряної суміші та іонізуючий електрод для контролю полум'я.

Циркуляційний насос підключається до входів теплообмінника за допомогою гілок. Запобіжний клапан (15) встановлюється над насосом через багатофункціональний колектор, що захищає систему опалення та газовий прилад від високого тиску в опалювальному контурі.

Таблиця 4.4

Технічні характеристики настінного газового апарату КОЛВІ КТ DUO [4]

Найменування	Од. вим.	Показник	
		DUO-50	DUO 100
Максимальна теплопродуктивність	кВт	49	98
Номинальна теплопродуктивність	кВт	45	90
Мінімальна теплопродуктивність	кВт	19	19
Кількість сопел в пальнику	шт.	38	2*38
Діаметр сопел	мм	1,0	
Тиск газу на вході в апарат	мбар	18	
Тиск газу перед соплами пальника	мбар	1,9–12	
К.К.Д.	%	93	
Витрати палива (природний газ)	м ³ /год	2,1...5,2	
Тиск в системі опалення:			
максимальний	бар	3,0	
мінімальний	бар	0,7	
Температура продуктів згоряння	оС	100	
Мінімальне розрідження над тягопереривачем	Па	3-5	
Температура води на вході	оС	70	
Температура води на виході	оС	95	
Температура відходячих газів	оС	160...200	
Електрична потужність	Вт	150	300

Розрідження за котлом	Па	30	
Габарити:			
довжина	мм	900	
ширина	мм	560	1200
висота	мм	430	
Маса апарата	кг	57	115

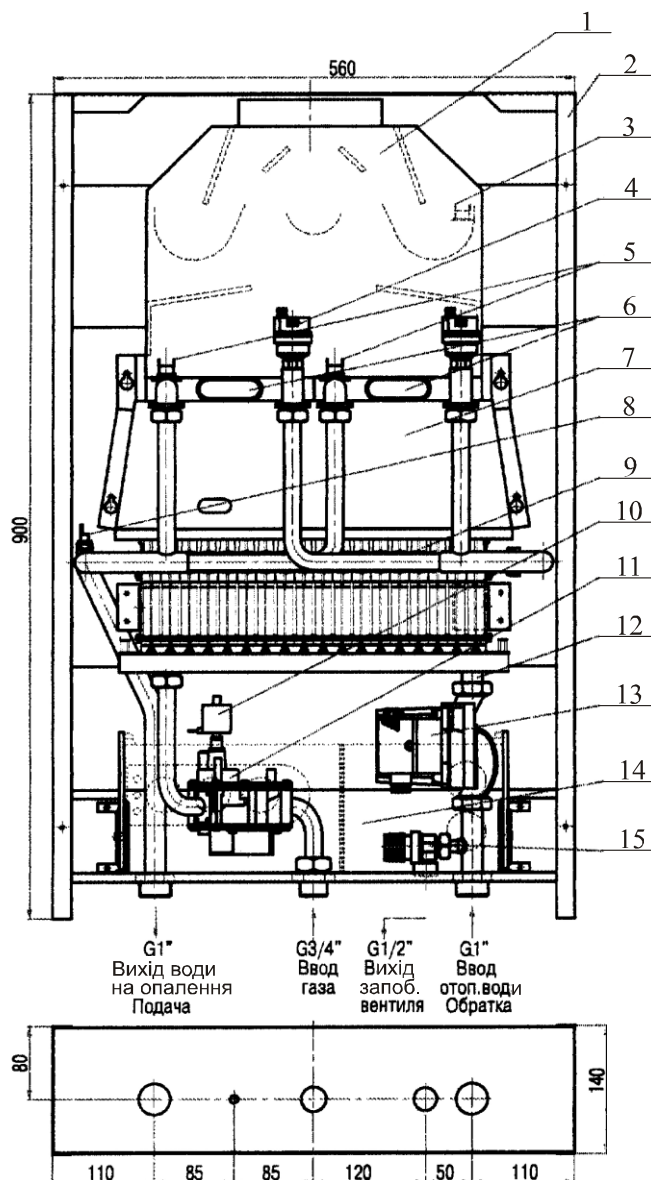


Рис. 4.1. Конструкція газового настінного апарата “КОЛБІ DUU-50”:
 1 – тягопереривач; 2 – рама котла; 3 – термостат контролю тяги; 4 – автомат повітряного вентиля (2 шт.); 5 – аварійний термостат; 6 – теплообмінник; 7 – камера згоряння; 8 – температурний зонд; 9 – пальник; 10 – котушка модулятора; 11 – газовий редуктор; 12 – проточний вимикач; 13 – насос WILO RC20/70R; 14 – електропанель; 15 – запобіжний ventиль

4.3. Теплова схема котельної. Основне та допоміжне котельне обладнання

Принципова теплова схема котельні наведена на третьому аркуші графічної частини магістерської роботи.

При проектуванні нової котельної на базі сучасного енергоефективного котельного обладнання для забезпечення потреб у теплоспоживанні будівель фермерського господарства приймаються такі технічні і архітектурно-планувальні рішення:

1. Для теплоспоживання будівель фермерського господарства передбачається установка 3-х газових настінних апаратів з відкритою камерою згоряння: двох типу „КОЛВІ КТ DUO 100” і одного – типу „КОЛВІ КТ DUO 50”. Апарати включені в загальні зовнішні теплопроводи за каскадною схемою; тепловою роботою всієї схеми управляє котел №1 (поз. К1) – керуючий апарат; котли №2 та 3 – керовані апарати.

Характеристика газових апаратів „КОЛВІ КТ DUO 50”:

- теплова потужність 0,048 (0,041) МВт (Гкал);
- максимальна температура води 80 °С;
- мінімальна температура води на вході в котел 50 °С;
- максимальний робочий тиск 0,3 МПа;
- розрахункові витрати газу 5,25 нм³/год;
- кількість повітря на горіння 56,4 м³/год;
- мінімальна температура вихідних газів 110 °С;
- коефіцієнт корисної дії 93%;
- паливо газ;

2. Розрахункові теплові параметри теплової схеми котельні:

- розрахункова теплова потужність котельні 240 кВт;
- температурний графік роботи котлів (Т1/Т2) 90/70 °С;
- загальні витрати мережної води 10,3 тгод;
- розрахункові витрати теплоносія на ГВП 0,54 м³/год;
- розрахункові витрати води на підживлення 0,050 м³/год;

- Для захисту котлів передбачено на кожному котельному агрегаті: запобіжний клапан $P_p = 0,3$ МПа; датчик тиску.

Для котельні слід використовувати окреме одноповерхове приміщення габаритними розмірами 5,7 x 4,0 м, висота стели – 3,0 м.

Котельня працює в обраному режимі підготовки гарячої води, скільки температура води дає після виходу з обмінника нижче встановленого рівня (55 °С) теплоносія котлів №2 та №3. Проточні клапани автоматично направляються до контуру подачі гарячої води.

Приготування гарячої води на потреби гарячого водопостачання створюється за допомогою пластинчастого водоводяного теплообмінника (поз. 2).

Пластинчастий теплообмінник (поз. 2) підключається за допомогою триходових клапанів до вихідних патрубків тільки керованих пристроїв (котлів №2, 3).

Для подолання гідравлічного опору системи опалення та вентиляції офісу та житлового котеджу, господарської будівельної ферми ВРХ встановлені підйомні насоси на магістралях відповідних теплових трубопроводів (п. К13).

Доскональні фільтри для води та зворотні клапани повинні бути встановлені на головній вхідній трубі кожного газового приладу (зворотна труба).

Димовий газ з котлів виділяється через канали димових газів діаметром 200 мм від звичайного металевих димоходу. Димохід встановлюються поза будівлею котельні. Димохід утеплений килимами зі штапельного склопластику. Шар даху - оцинкована сталь.

Мембранний розширювальний бак REFLEX DE-25/6 (артикул К9), $P_{max} = 6$, $V = 250$ л, встановлюються для вирівнювання тиску в системах опалення при зміні температури води в системі.

Котельня повністю автоматизована. Система контролю та управління забезпеченням роботи основного та допоміжного обладнання котельні без

постійної обслуговуючої присутності персоналу в автоматичному режимі, зберігаючи при цьому конкретні теплові гідравлічні параметри та котельні.

Контроль температури виходу води в котлі з урахуванням вироблення зовнішньої температури пультом управління котла №1.

Система живиться хімічно очищеною водою, яка отримується за допомогою автоматичної хімічної очистки води типу AFK2D (точка К6). Бак для подачі води $V = 1,0$ м³ (точка К7) використання для подачі хімічно обробленої води.

Монтаж горизонтальних секцій трубопроводу слід проводити з нахилом не менше 0,002 у напрямку середовища. Зливні крани встановлюються у всіх нижніх точках, а у вищих точках встановлюються автоматичні відводи повітря.

Згідно з чинними нормами [9], кожен котел повинен бути обладнаний необхідним устаткуванням (клапанами, форсунками, контрольно-вимірювальними приладами). У разі їх відсутності робота котла вважається неприпустимою.

Для котлів, які нагрівають воду до температури не більше 115°C, необхідно встановити наступні компоненти:

запірні засувки на подаючому та зворотному трубопроводах кожного котла, а також на загальних трубопроводах групової котельні

два запобіжних клапани. У груповій котельні, що складається з двох або більше котлів з гарячою водою, в разі наявності загального запірної клапана трубопроводу, кожен котел може мати перепускні клапани замість запобіжних клапанів поруч із запірними клапанами котла. У такому випадку між клапанами котла та загальним трубопроводом гарячої води встановлюються два запобіжних клапани;

патрубки в нижній частині котла з корковим краном чи вентилям для зливу води, а також для наповнення котла.

Для забезпечення належної роботи каскаду трьох настінних приладів в тепловому контурі котла передбачено встановлення гідравлічного випрямляча (поз. К10).

Основні функції гідравлічного випрямляча в існуючому тепловому контурі котла з різною кількістю працюючих приладів:

- забезпечення гідравлічної незалежності контуру споживача теплової енергії, враховуючи умови циркуляції теплоносія, графік споживання тепла та контур котельні з практично незмінним гідравлічним режимом;
- підвищення температури в зворотному трубопроводі за рахунок підмішування гарячої води з подаючого трубопроводу в колектор.

Додаткові функції вертикального гідравлічного коректора включають:

- відділення осаду за рахунок відокремлення зважених частинок і виведення їх на дно;
- струминну деаерацію води на перфорованих пластинах.

Розміри гідравлічного вирівнювача приймаються діаметром $D = 150$ мм і довжиною $L = 975$ мм для теплових та гідравлічних умов котельні.

Розроблені три рівні контролю, регулювання, аварійної сигналізації та блокування котла:

- на рівні кожного газового приладу (котлова панель ПК);
- на рівні керуючого агрегату (котловий пульт ПК-3);
- на рівні щита управління котельнею (ЩУ).

Загальна система управління котлом забезпечує локальний контроль параметрів теплоносія:

- температура та тиск теплоносія в подаючих та зворотних трубах кожного газового приладу, окремих системах споживання тепла, в теплообміннику гарячої води;
- температура і тиск гарячої води в подаючих та циркуляційних трубопроводах системи гарячого водопостачання;
- тиск теплоносія на всмоктувальних та нагнітальних патрубках насосів.

Кожен котел „КОЛБІ КТ DUO” виконує наступні функції на місцевому рівні:

- автоматичне управління мікропроцесором котла у всіх режимах контролю нагріву. Сучасна електронна система управління котлом на мікропроцесорі з датчиками температури і тиску забезпечує багатоступеневе програмування та індикацію на цифровому дисплеї, а також можливість підключення системи до персонального комп'ютера для програмування та управління. Система сигналізує про виникнення деяких несправностей котла або збоїв у системі, а також запам'ятовує можливі несправності, запобігаючи їх появі. Система управління захищена від пошкоджень у разі неправильного або некомпетентного натискання кнопок керування та параметрів;

- контроль первинного та вторинного тиску газу; електронне запалювання та постійний моніторинг наявності полум'я в пальнику за допомогою автономного іонізуючого пристрою; поступове зниження теплової потужності при зменшенні тяги в димоході та відсіканні міді через засмічені димоходи або трубопровід, що подає повітря до пальника.

Функціонування каскадної системи опалення трьох газових настінних приладів „КОЛБІ КТ DUO”, що працюють в трубопроводі подачі котла для автоматичного підтримання температури теплоносія залежно від температури навколишнього середовища, показано на сторінці 4 графічної частини роботи.

Зовнішній цифровий контролер (пункт 1) „GRASLIN PA Talento 372”, з вбудованим рідкокристалічним дисплеєм, дозволяє дистанційно керувати параметрами каскадного газового обладнання з панелі управління, отримувати постійну інформацію про їх роботу та обмежувати стан цих пристроїв.

Технічні можливості контролера каскадної теплової системи з трьох газових настінних приладів „КОЛБІ КТ DUO 100” в комплекті з зовнішнім цифровим регулятором „GRASLIN PA Talento 372”:

- при управлінні системою опалення:
 - контроль налаштування температури теплоносія на подаючій лінії котла залежно від температури зовнішнього повітря. Регулювання відбувається

відповідно до встановленого графіка температур, функція якого запрограмована в процесор;

- програмоване вироблення тепла, наприклад, зниження температури теплоносія вночі до певної кімнатної температури, а потім подача теплоносія в систему опалення вранці. Ця функція працює щотижня та включає будні, вихідні та святкові дні;

- автоматичне відключення системи опалення у періоди без опалення та у теплі дні;

- контроль насосами системи опалення: автоматичне відключення насоса вночі для зменшення теплового навантаження, а також у періоди відсутності нагріву та у теплі дні;

- блокування роботи котельного обладнання, коли температура води в котлі досягає встановленої граничної величини;

- корекція температури теплоносія відповідно до температури в опалювальному приміщенні.

- при управлінні теплообмінником ГВП:

- автоматичне регулювання рівня нагріву гарячої води на виході котла, регулювання робочого часу та кількості працюючих контрольованих газових пристроїв.

РОЗДІЛ 5

СИСТЕМА ГАРЯЧОВОДОПОСТАЧАННЯ НА БАЗІ ГЕЛІОКОЛЕКТОРІВ

5.1. Типи колекторів сонячної енергії

Сонячний колектор – це пристрій для збирання теплової енергії Сонця і передачі її теплоносію. Стандартний вибір для потреб гарячого водопостачання та опалення його приміщень.

Основним показником ефективності сонячного колектора є його оптичний коефіцієнт корисної дії (ККД). Чим вище цей коефіцієнт, тим ефективнішим є колектор, крім того, більше сонячної енергії перетворюється на теплову енергію.

Система сонячного водонагрівача складається не тільки з самого колектора, а й з додаткових елементів: бак-акумулятор, циркуляційний насос, регулюючий прилад тощо. Сонячний колектор встановлюється на даху, орієнтованому на південь або південний захід, тоді як інші компоненти розміщуються в середині будівлі. Колектор може нагрівати теплоносії до температури близько 100 °С навіть у хмарні дні. Гаряча вода зберігається в баку-акумуляторі для подальшого використання.

Зазвичай використовують колектори, в яких циркулює теплоносії, більшого це суміш води та антифризу гліколю. Теплоносії знаходиться в трубці. Залежно від того, як саме вони розташовані в трубці, виділено два типи колекторів: трубні та плоскі. Незалежно від типу, абсорбер поглинає сонячне випромінювання, нагріває теплоносії і використовує це тепло для гарячого водопостачання або підтримки системи опалення.

Вакуумні трубчасті колектори працюють за принципом "теплової трубки". У такому колекторі абсорбер розміщується у вакуумній трубці, подібній до колби термоса. Вакуум забезпечує чудові теплоізоляційні властивості, зменшуючи тепловтрати. Це особливо вигідно при високих температурах колектора, коли він використовується для підтримки системи опалення.

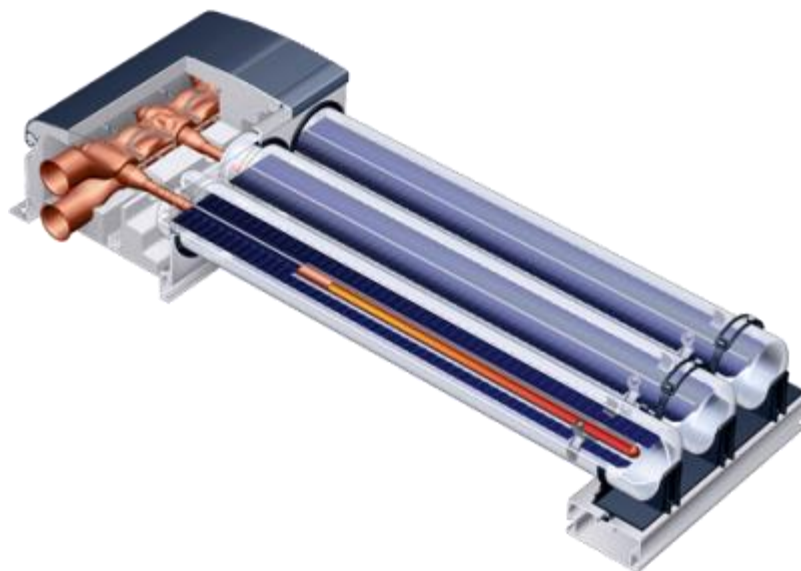


Рис. 5.1. Схема вакуумного сонячного колектору

На верхньому кінці трубки відбувається конденсація пари в конденсаторі (теплообміннику). Колектори, що працюють за принципом теплової трубки, мають перевагу безпечного поглинання тепла. Плоскі колектори - теплообмінник у формі меандру.

Абсорбер плоских колекторів залишається надійно захищеним від погодних впливів корпусом з листової сталі, алюмінієм або нержавіючої сталі, а також передньою кришкою зі спеціального скла з низьким вмістом заліза, що забезпечує максимальне поглинання сонячного випромінювання.

Теплоізоляція корпусу колектора зменшує тепловіддачу.

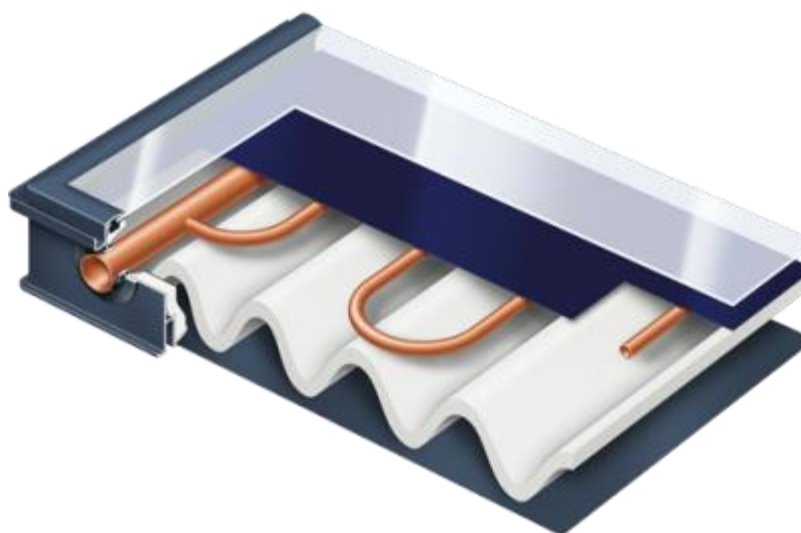


Рис. 5.2. Схема плоского сонячного колектору

Теплообмінник виготовлений у формі меандру, що забезпечує безпечний потік через колектор. Цей колектор надійно захищений від механічних та вітрових впливів.

Коефіцієнт корисної дії сонячного колектора – це частка сонячного випромінювання, яка створюється на площі апертури колектора і перетворюється в корисну теплову енергію. Площа апертури – це поверхня колектора, на яку ефективно впливає сонячне випромінювання. Коефіцієнт корисної дії залежить також від робочого стану колектора, а спосіб його визначення однаковий для всіх типів колекторів.

Частина сонячного випромінювання, що пропускається на колектор, втрачається внаслідок відображення і поглинання на прозорому покритті та абсорбері. Визначити оптичні коефіцієнти корисної дії колектора можна за рахунок інтенсивності випромінювання, що зростає на колектор, до потужності випромінювання, перетвореної в тепло на абсорбері. Він позначається, як η_0 (це нуль).

Коли колектор нагрівається сонячним випромінюванням, він втрачає частину тепла в навколишнє середовище через теплопровідність матеріалу, теплове випромінювання та конвекцію (рух повітря). Ціну тепловтрати можна розрахувати за допомогою коефіцієнтів теплових втрат k_1 і k_2 та різниці температури ΔT (дельта Т) між абсорбером і навколишнім середовищем. Різниця температура вказується в градусах Кельвіна (К).

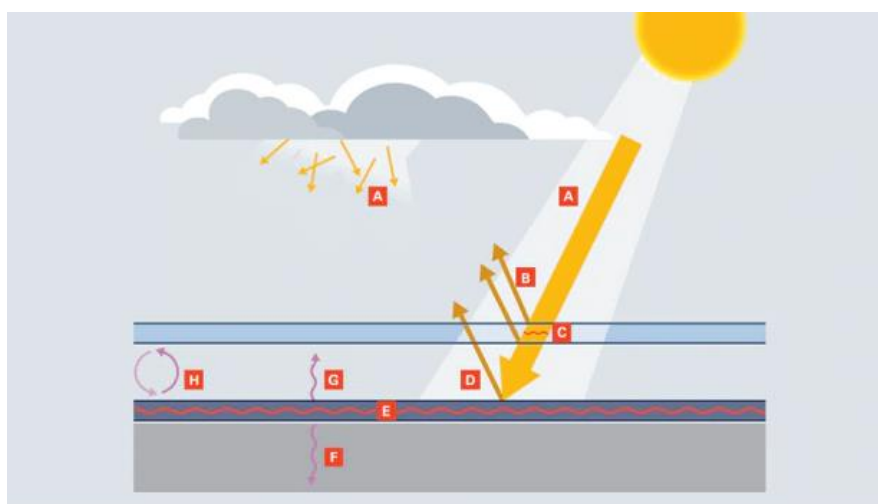


Рис. 5.3. Перетворення сонячного випромінювання в колекторі

Потоки енергії в колекторі включають:

A: Випромінювання на колектор;

E: Поглинання абсорбером.

Оптичні тепловтрати:

B: Відбивання від скляного покриття;

C: Поглинання скляним покриттям;

D: Відбивання від абсорбера.

Термічні тепловтрати:

F: Теплопровідність матеріалу;

G: Теплове випромінювання абсорбера;

H: Конвекція.

Випромінювання, що падає на колектор, зменшується на величину оптичних втрат. Частина, що залишилася, нагріває абсорбер. Кількість тепла, яке використовується колектором у навколишньому середовищі, стає втраченим теплом.

Існує два типи конструкції вакуумованих трубчастих колекторів: прямоточні і з теплою трубою (Heatpipe).

У прямоточних вакуумованих трубчастих колекторах теплоносій циркулює разом у трубках абсорбера, тому їх можна монтувати в будь-якому місці.

У конструкції з тепловими трубами, у закритій трубці абсорбера відбувається випаровування вторинного теплоносія (зазвичай води). У верхній частині трубок пар конденсується в конденсаторі, де теплота передається

теплоносію. Цей процес вимагає певного кута нахилу колектора для забезпечення передачі тепла від випарника до конденсатора теплової труби.

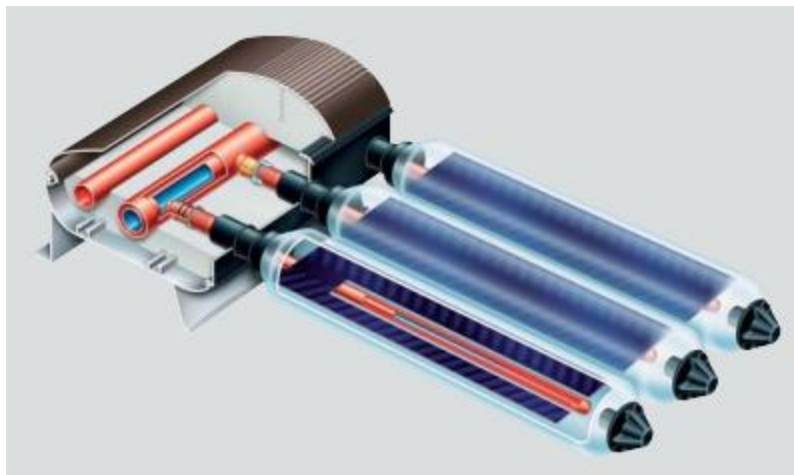


Рис. 5.4. Прямоточний вакуумований трубчастий колектор з коаксіальною трубкою на абсорбері

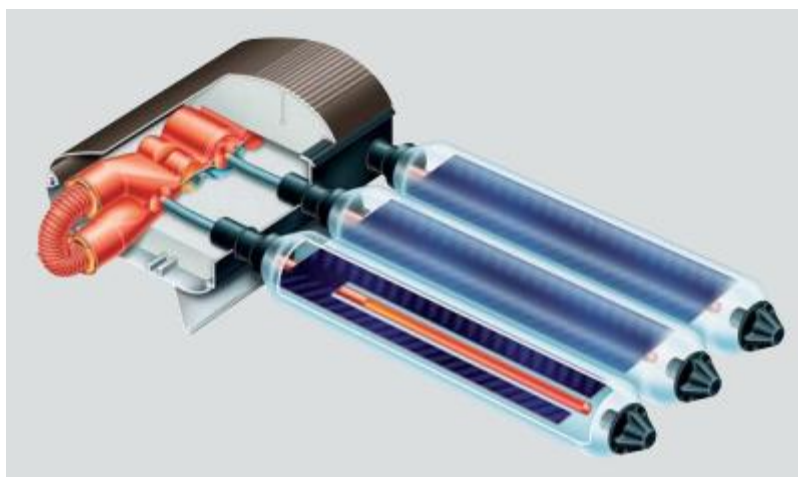


Рис. 5.5. Вакуумований трубчастий колектор з тепловою трубою (Heatpipe)

Таблиця 5.1

Характеристика основних типів сонячних колекторів [9]

Тип сонячних колекторів	Робоча температура, °C	ККД колектора, %	Відносна потрібна площа, %	Слідкування за сонцем
Плоский КСЕ	30-100	30-50	100	Не потребує
Параболічно-циліндричний концентратор	До 500	50-70	30-50	Обертання навколо осі

Продовження таблиці 5.1

Вакуумований скляний трубчастий колектор	90-300	40-60	50-75	Не потребує
Центральний приймач с полем геліостатів	До 1000	60-75	20-40	Обертання навколо двох осей

Найбільш ефективним на сьогодні є вакуумований трубчастий колектор нового покоління з тепловою трубкою.

5.2. Класифікація сонячних систем гарячого водопостачання

Кількість розроблених та впроваджених сонячних систем гарячого водопостачання (ССГВ) дуже велика, і з розвитком сонцезбирального, теплообмінного, теплогенеруючого та іншого обладнання з'являються нові можливості їх використання та схеми нових ССГВ.

Ці системи можна класифікувати за кількома критеріями:

- За призначенням: системи гарячого водопостачання (ГВП), опалення, комбіновані системи.
- За час роботи протягом року: сезонні, цілорічні.
- За ступенем обмеження споживачів: індивідуальні, групові, централізовані.
- За числом контурів: одно-, дво- та багатоконтурні.
- По наявності та типу дублюючого джерела.

Системи "активного" сонячного теплопостачання, що запам'ятовують активні установки на основі сонячних колекторів з циркуляційною теплоносією, якою може бути рідина (вода, розчини солі) або газ (повітря).

Системи "пасивного" сонячного опалення, в яких різні конструкційні елементи будівель як теплоприймачі сонячної енергії.

Комбіновані системи сонячного теплопостачання, що об'єднують елементи пасивного та активного теплопостачання.

Основним елементом системи активного теплопостачання є сонячний колектор, який поглинає сонячне випромінювання і передає енергію теплоносію. Колектори розроблені понад 200 років тому. Існує багато різних конструкцій і технологій, які не дозволяють підтримувати тепловий потік до 1200 Вт/м^2 у сонячні дні і до 400 Вт/м^2 у похмурі дні.

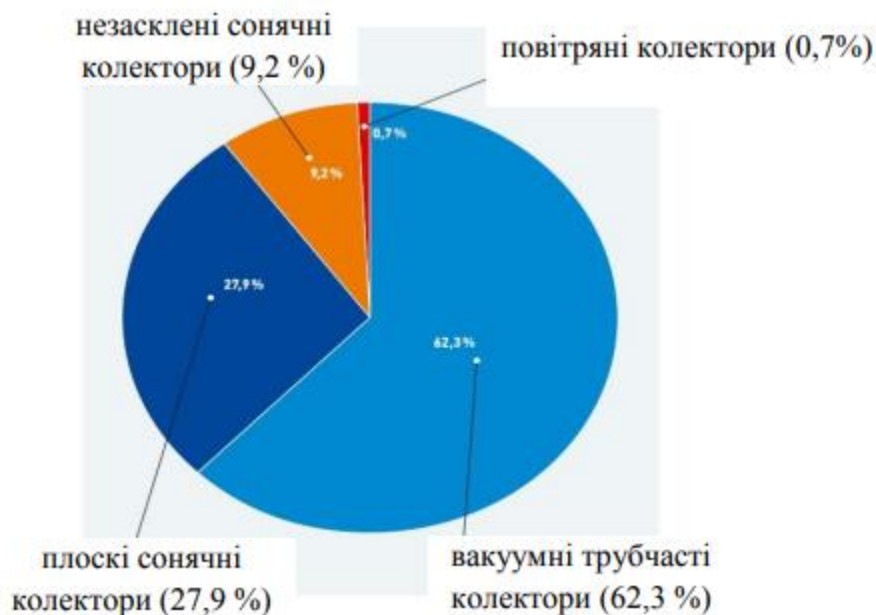


Рис. 5.6. Структура площин різних типів сонячних колекторів у світі

Геліоколектори діляться на плоскі та фокусуєчі. Плоскі сонячні колектори є найбільш розширеним типом, оскільки вони можуть вибиратися як пряме, так і розсіяне випромінювання, що дозволяє їм працювати навіть у хмарну погоду. Перший плоский колектор був виготовлений у 1767 році швейцарським вченим Горацієм де Сосюр. Завдяки вдосконаленню, колекції цього типу досягли оптимальних показників ефективності, терміну експлуатації та вартості.

Плоскі геліоколектори поділяються на два типи: прості, які утворюють весь об'єм теплоносія, і проточні, що нагрівають невелику кількість теплоносія за певний час, після чого накопичується в окремому резервуарі. На рис. 5.7. наведені різні варіанти приймачів сонячного випромінювання.

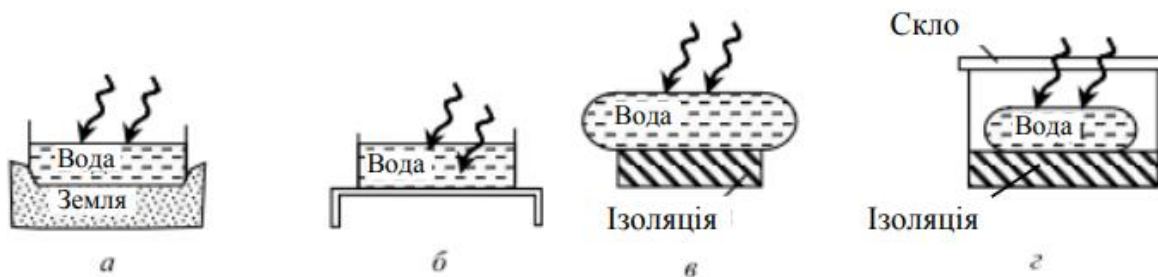


Рис. 5.7. Послідовність приймачів сонячного випромінювання за зростанням їх ефективності та вартості

Прості геліоколектори діляться на такі види:

1. **Відкритий резервуар на поверхні землі** (рис. 5.7. а): Це простий нагрівач води, як-от басейн. Підвищення температури води обмежено високим коефіцієнтом відбиття її поверхні, тепловідведенням до землі та повітря, а також витратами частини поглиненої теплоти на випаровування води.

2. **Відкритий резервуар, ізольований від землі** (рис. 5.7. б): Підвищення температури води обмежується високим коефіцієнтом відбиття поверхні води, тепловіддачею повітря (конвекцією та випромінюванням), тепловіддачею землі та витратами частин поглинутої теплоти на випаровування води.

3. **Чорний резервуар з теплоізованим дном** (рис. 5.7. в): Рідина міститься в ємності з чорною матовою поверхнею, яка зазвичай розташовується на даху будівлі. Втрати тепла на випаровування відсутні, коефіцієнт поглинання чорною поверхнею навколишнього середовища до одиниці. Нагрівачі цього типу недорогі, прості у виготовленні і позбавляють нагрівати воду до температури близько 45 °С. Вони набули широкого поширення в Японії та Ізраїлі. Параметри нагрівача обмежені тепловими втратами з поверхні, особливо їх збільшенням у вітряну погоду.

4. **Закритий чорний геліоколектор** (рис. 5.7. г): Для виключення тепловіддачі від приймача в повітря, особливо у вітряну погоду, ємність нагрівача розміщується в контейнері з прозорою для сонячного випромінювання кришкою. Більшість прозорих середовищ пропускають змінно вибірково

(селективно), тобто їх пропускну здатність залежить від тривалості хвилі пада випромінюванням.

Найкращим матеріалом для кришок є скло, оскільки воно дешевше, має коефіцієнт пропускання випромінювання в розділі 0,5-1 мкм близько 0,85 і практично повністю відбиває випромінювання при довжині хвилі понад 5 мкм. Отже, скло добре пропускає сонячне випромінювання і практично не пропускає випромінювання поглинаючої панелі геліоколектора. Єдиним недоліком скла є крихкість, яка веде до його пошкодження в результаті температурних деформацій каркаса геліоколектора до 5% на рік. Тому також використовують контейнери для геліоколектора з пластику, які мають подібні до скла оптичні властивості, але менш крихтіні.

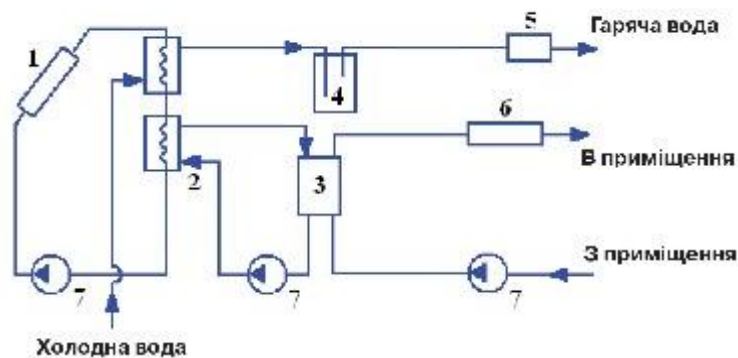


Рис. 5.8. Принципова схема комбінованої водяної системи сонячного теплопостачання

1. Сонячний водний колектор
2. Швидкісний водо-водяний теплообмінник
3. Бак-акумулятор
4. Бак гарячої води
5. Додаткове джерело теплоти системи гарячого водопостачання
6. Додаткове джерело теплоти для системи опалення
7. Циркуляційні помпи

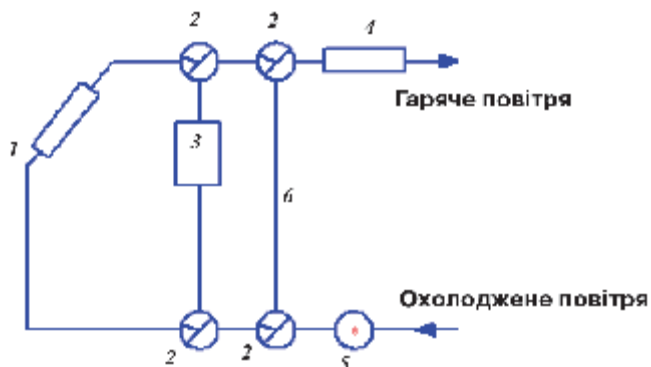


Рис. 6.9. Принципова схема активної повітряної системи сонячного опалення

1. Сонячний повітряний колектор
2. Триходова заслінка
3. Гальковий акумулятор теплоти
4. Додаткове джерело енергії
5. Вентилятор
6. Байпасна лінія акумулятора

5.3. Вибір типу геліоколектора для ССГВ корівника

У магістерській роботі розглядаються два порівняльні варіанти розрахунків ССГВ з геліоколекторами:

Базовий варіант: геліоколектори з тепловими трубами (двофазні термосифони).

Порівняльний варіант: плоскі геліоколектори.

Для базового варіанту геліоколектора обрано вакуумований трубчастий колектор з теплою трубкою (двофазним термосифоном) типу Vitosol-300 (VISSMANN, Німеччина). У порівняльному варіанті використовується плоский колектор типу Vitosol-100 s/w 1,7/2,5 (VISSMANN, Німеччина).

Згідно з рекомендаціями виробника, коефіцієнт корисної дії (ККД) колектора повний за формулою:

$$\eta = \eta_0 - \frac{\kappa_1 \cdot \Delta T}{E_g} - \frac{\kappa_2 \cdot \Delta T^2}{E_g} \quad (5.1)$$

де η_0 – оптичний ККД, %; κ_1, κ_2 – коефіцієнти теплових втрат, Вт/(м²·К), Вт/(м²·К²); ΔT – різниця температур між колектором та зовнішнім середовищем, °С.

5.3.1. Теплотехнічні характеристики вакуумного трубчастого колектора з теплою трубою типу Vitosol-300, (VIESSMANN, Німеччина)

Вакуумовані трубчасті колектори з теплою трубою типу Vitosol-300 випускаються в трьох модифікаціях:

1,26 м² із 10 вакуумними трубками;

1,51 м² із 12 вакуумними трубками;

3,03 м² із 24 вакуумними трубками.

Сонячні колектори Vitosol 300 можна монтувати як на похилих і плоских дахах, так і на фасадах, а також без кріплення. Конструктивне виконання двофазних термосифонів типу Vitosol-300 (див. Рис. 5.10). Залежність ККД колектору від різниці температура між температурами колектора та теплоносія на вході в колектор (див. Рис. 5.11); основні теплотехнічні характеристики, наведені в таблиці 5.2.

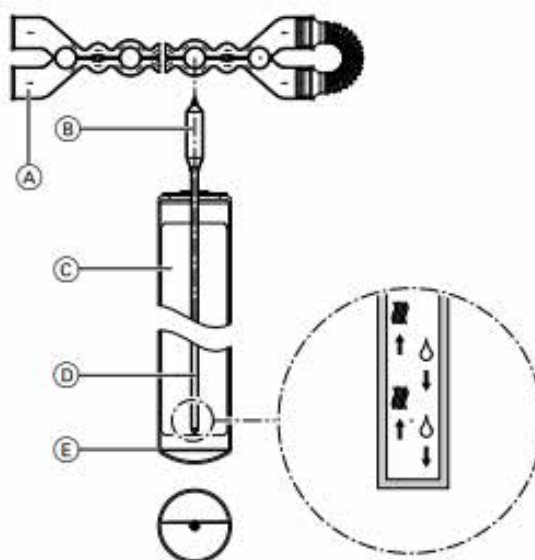


Рис. 5.10. Загальний вигляд геліоколектору з тепловою трубою типу Vitosol-300, (VIESSMANN, Німеччина), (базовий варіант):

A: Середній двотрубний теплообмінник; B: Конденсатор; C: Абсорбер; D: Теплова трубка (Heatpipe); E: Вакуумні скляні трубки.

У кожну вакуумну трубку вбудовано абсорбер із високоселективним покриттям, який забезпечує високий рівень поглинання сонячного випромінювання та низьку емісію теплового випромінювання.

На абсорбер встановлено теплову трубку, заповнену випаровуваною рідиною, яка приєднана до конденсатора, що лежить у двотрубному теплообміннику Duotec, зробленому з середини.

Це так зване "сухе підключення", тобто вакуумні трубки можна крутити та замінювати, навіть якщо установка заповнена та перебуває під тиском. Тепло передається від абсорбера до теплової трубки, накопичуючи рідину всередині. Пара збільшується до конденсатора, де через двотрубний теплообмінник тепло передається прямому теплоносію. Після цього пара конденсується, а конденсат стікає назад у теплову трубку, і процес повторюється.

Для забезпечення циркуляції випаровуваної рідини кут нахилу до горизонталі має бути більшим за нуль. Вакуумні трубки можуть повертатися на 25° без затінення наступних поглинаючих поверхонь.

В одне колекторне поле можна об'єднати до 15 м² поглинаючих поверхонь. Для цього в комплект входять гнучки з'єднувальної труби з ущільнювальними кільцями, покриті теплоізоляційним матеріалом.

Комплект приєднувальних патрубків зі стяжними різьбовими з'єднаннями спрощує підключення колекторної панелі до системи трубопроводів контуру сонячної установки. Датчик температури колектора вбудовується в спеціальний тримач на подаючій трубці з'єднувального корпусу колектора.

У теплообміннику типу "труба в трубці", де знаходиться конденсатор, тепло передається теплоносію, і відбувається конденсація пари. Конденсат повертається до теплової трубки, і процес повторюється.

Геліоколектори типу Vitosol-300 можна об'єднувати в панель із загальною площею до 15 м².

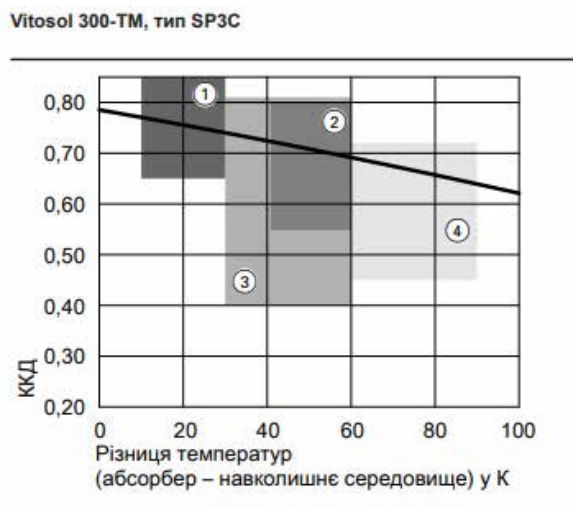


Рис. 5.11. Залежність ККД колектора Vitosol-300 від різниці температур:

Типовий робочий діапазон:

1. Сонячна установка для нагрівання води за умови меншого покриття.
2. Сонячна установка для нагрівання води за умови більшого покриття.
3. Сонячна установка для нагрівання води та підтримки опалення за рахунок сонячної енергії.
4. Сонячна установка для постачання технологічного тепла та кондиціонування за рахунок сонячної енергії.

Таблиця 5.2

Теплотехнічні характеристики сонячного колектору з двофазними термосифонами VITOSOL 300, (VISSMANN)

Тип SP3C	1,26 м ² (Балконний модуль)	1,51 м ²	3,03 м ²
Кількість трубок, шт	10	12	24
Площа брутто, м ²	1,98	2,36	4,62
Площа апертури, м ²	1,33	1,60	3,19
Площа абсорбера, м ²	1,26	1,51	3,03
Відстань між колекторами при монтажу, мм	-	88,5	88,5
Розміри:			
Ширина, мм	885	1053	2061
Висота, мм	2241	2241	2241
Товщина, мм	150	150	150

Продовження таблиці 5.2

Наступні дані вказані для площі абсорберу:				
Оптичний ККД	%	79	79	80
Коефіцієнт теплових втрат k_1	Вт/(м ² *К)	1,6	1,37	1,36
Коефіцієнт теплових втрат k_2	Вт/(м ² *К ²)	0,007	0,007	0,007
Теплоємність	кДж/(м ² *К)	6,08	5,97	5,73

5.4. Розрахунок та вибір обладнання сонячної системи гарячого водопостачання

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

- споживач гарячої води – корівник;
- кількість голів N, гол., – 50;
- географічна широта, град. п.ш., – 50;
- температура холодної води в періоди року t_x , оС,:
- жовтень ... березень – 5;
- квітень ... вересень – 15;
- температура гарячої води в точках розбору t_g , оС, – 55;
- теплова схема активної ССГВ – двоконтурна;
- тип теплообмінника – ємнісний бойлер;
- тип колектору сонячної енергії.

базовий варіант: типу VITOSOL 300 (VIESSMANN) ;з двофазними термосифонами;

порівняльний варіант: 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, – 35;
- орієнтація колектора по сторонах світу – південна;

- тривалість роботи ССГВ на протязі року – цілорічна;
- вид теплоносія:
- в контурі сонячних колекторів – антифриз;
- в контурі теплового акумулятора – вода;
- циркуляція теплоносія в гріючому контурі ССГВ – примусова;
- резервне джерело теплової енергії:
- в опалювальний період – теплоносій з параметрами 90/70 оС від котельні;
- в неопалювальний період – електричний нагрів.

Середньомісячна добова сумарна кількість сонячної енергії, яка надходить до похилою поверхні сонячного колектору, $E_k^{доб}$, МДж/(м²·доб), розраховується за формулами (1.19-1.21), які наведені в розділі 1 магістерської роботи. Результати розрахунків наведені в таблиці 6.6.

Площу поглинальної поверхні сонячного колектора A , м², для заданої середньодобової теплової потужності системи гарячого водопостачання $Q_{г.в}$ при наявності резервного джерела теплоти слід розраховувати за формулою :

$$A = \frac{Q_{г.в}}{\eta \cdot R \cdot E} \cdot 3600 \quad (5.1)$$

де η - К.К.Д. установки сонячного гарячого водопостачання.

К.к.д. установки визначаємо за формулою (6.1) даного розділу.

Результати розрахунків площі поглинальної поверхні сонячного колектора типу Vitosol 300 колектора з тепловими трубами – двофазними термосифонами наведені в таблицях .

Для колектору Vitosol 300 (VISSMANN) з двофазними термосифонами:

3,03 м² із 24 вакуумними трубками – 4 шт.

Загальна площа поглинача – 12,12 м².

Таблиця 5.3

Результати розрахунків середньомісячної добової сумарної кількості сонячної енергії, яка надходить до похилою поверхні сонячного колектору,

$E_k^{доб}$, МДж/(м²·доб) (для умов проектування)

Параметр	Од. вим.	I	II	I	II	V	I	V	I	V		
E_d	М Дж/(м ² д)	,29	43	3,	53	5,	51	7,	18	9,	0	
E	М Дж/(м ² д)	,10	36	5,	72	9,	3,90	1	8,76	1	1,82	
$E_d/E_{П}$	-	,739	64	0,	56	0,	540	0,	489	0,	458	
R	-	,535	444	1,	231	1,	069	1,	977	0,	937	
$E_k^{до}$	М Дж/(м ² д)	,758	739	4	1,964	7,	4,860	1	8,330	1	0,444	
q_i	Вт/м ²	98,2	22,5	1	98,5	3	19,2	6	63,8	7	51,8	
$E_k^{мі}$	М Дж/(м ² д)	42,7	32,2	1	58,9	2	45,8	4	49,9	5	13,3	
Параметр	Од. вим.	II	V	III	V	X	I	X	I	X	II	X
E_d	М Дж/(м ² д)	,45	69	9	7	84	5,	91	3,	08	2,	62
E	М Дж/(м ² д)	0,52	7,28	2	1	2,65	1	29	7,	92	2,	16
$E_d/E_{П}$	-	,461	445	0	0,	462	0,	536	0,	71	0,	75
R	-	,955	043	0	1,	210	1,	425	1,	468	1,	598
$E_k^{до}$	М Дж/(м ² д)	9,60	8,025	1	1	5,305	1	0,391	288	4,	452	3,
q_i	Вт/м ²	16,8	51,1	8	7	37,7	6	33,0	78,7	1	43,8	1
$E_k^{мі}$	М Дж/(м ² д)	88,1	40,8	5	5	59,2	4	11,7	28,6	1	03,6	1
Всього:												4
												474,8

Таблиця 5.4

Результати розрахунків площі поглинальної поверхні сонячного колектору типу Vitosol 300 (VISSMANN) з двофазними термосифонами

Пара метр	Од. вим.	I	I	I	I	V	I	V	I	V		
$t_{сер}$	°C	6,1	-	5,6	-	0,7	-	,2	7	4,3	1	7,6
Δt	°C	6,1	6	5,6	6	0,7	6	2,8	5	5,7	4	2,4
n	-	,23	0	,46	0	,61	0	,68	0	,73	0	,75

Продовження таблиці 5.4

A	M ²	1	3	1	1	7,	6,
05,28		2,15	5,68	1,34	05	17	
Пар	Од	V	V	I	X	X	X
аметр	.вим.	II	III	X		I	II
t _{сер}	°C	1	1	1	7	1	-
8,8		7,7	3,7	,2		1,7	
Δt	°C	4	4	4	5	5	6
1,2		2,2	6,3	2,8	9	1,7	
n	-	0,	0	0	0	0,	0,
75		,74	,71	,62	26	08	
A	M ²	6,	7	8	1	1	4
44		,10	,69	7,82	04,61	36,61	

Згідно рекомендацій [9], об'єм бака-акумулятора визначається:

$$V = 0,06 \cdot A = 0,06 \cdot 11,6 \approx 0,7 \text{ м}^3.$$

Місячна доля сонячної енергії в покритті теплового навантаження на гаряче водопостачання (ступінь заміщення палива) дорівнює:

$$f = \frac{Q_c^{mic}}{Q_n^{mic}} = \frac{Q_n^{mic} - Q_{PD}^{mic}}{Q_n^{mic}} = 1 - \frac{Q_{PD}^{mic}}{Q_n^{mic}} \quad (5.2)$$

де Q_n^{mic} , Q_c^{mic} , Q_{PD}^{mic} , МДж/міс – місячні величини теплового навантаження, теплоти, яка забезпечується сонячною і додатковою енергією.

Кількість теплоти $Q_{уст}$, ГДж, що вироблена геліоустановкою за рік, визначаємо за формулою:

$$Q_{уст} = A \cdot \left(\sum_{i=1}^n \eta_p^i \cdot E_k^i \right) \quad (5.3)$$

Де η_0 – ККД установки;

Результати розрахунків теплопродуктивності геліоустановок наведені відповідно в таблицю 5.5

Таблиця 5.5

Результати розрахунків теплопродуктивності геліосистеми з сонячним колектором типу Vitosol 300 (VIESSMANN) з двофазними термосифонами (базовий варіант)

Пара метр	Од.в им.	I	II	III	V	I	V	V	I	V	
$Q_{уст}$	МДж / (м ² д)	0	0	05	10	09	21	23	33	17	40
$f_{зам}$	-	0	0	078	0,	170	0,	316	0,	395	0,
Пара метр	Од.в им.	II	V	III	V	X	I	X	X	II	X
$Q_{уст}$	МДж / (м ² д)	38	38	74	33	89	24	3	91	0	0
$f_{зам}$	-	365	0,	321	0,	245	0,	071	0,	0	0
										$Q_{уст}$ за рік ГДж	21,07
										$f_{зам}$ серед. за рік	0,163
										Зекономлене паливо В т.у.п.	0,783

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

$$Q_{уст} = 33,93 \text{ ГДж.}$$

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

$$B = \frac{0,0342 \cdot Q_{уст}}{\eta_{зам}} \quad (5.4)$$

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

Для умов проектування маємо:

$$B = 1,29 \text{ т у.п.};$$

5.5. Тепловий пункт будівлі корівника

Тваринницька ферма ВРХ є значним споживачем теплової енергії для потреб опалення, вентиляції та гарячого водопостачання.

Проект забезпечує теплопостачання приміщення корівника від автономної котельні. Тип теплоносія в тепловій мережі – перегріта вода з параметрами температури 90/70 °С.

Види теплового навантаження ферми ВРХ на 50 голів:

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

Місце підключення споживача до зовнішніх теплових мереж – тепловий колодязь ТК 1.

Принципова тепла схема тепlopункту приміщення ферми наведена на аркуші 5 графічної частини проекту.

У теплових схемах можна виділити три основні функціональні теплові контури:

1. Обладнання та встановлення теплового вводу.
2. Опалювально-вентиляційні системи робочого приміщення ферми.
3. Сонячна система підготовки гарячої води для потреб ферми.

5.5.1 Тепловий ввід теплового пункту будівлі корівника

Подавальні та зворотні трубопроводи теплового пункту на вході зовнішніх теплових мереж у будівлю ферми забезпечені:

- запірною арматурою;
- контрольно-вимірювальними приладами (манометрами та термометрами) для вимірювання параметрів теплоносія на вході і виході з теплового пункту;
- грязьовиками для очищення перегрітої води;

5.5.2. Опалювально-вентиляційні системи та системи ГВП

Другий структурний контур теплового пункту – опалювально-вентиляційні системи 4, вони підтримують необхідний тепло-вологісний режим в робочому приміщенні ферми.

В якості базового вентиляційно-опалювального устаткування для створення необхідних параметрів мікроклімату всередині будівлі корівника вибрані повітрооброблювальне обладнання типу AirVents (компанія–виробник «VENTS», Швеція) [2].

Повітрообробні агрегати AirVents забезпечують нагрівання і провітрювання протягом усього року, а також підготовку і обробку повітря. AirVents – це комплексне вентиляційне рішення, яке дозволяє створити компактну, повністю забезпечену систему з функціями, адаптованими до конкретних умов праці.

На основі розрахунків у главі 2, ми використовуємо:

1. Розрахункова теплова потужність використання системи опалення та вентиляції становить 71,3 кВт.
2. Основний приймач тепла – пристрій очищення повітря типу "AirVents".
3. Кількість теплоутилізаторів: 1 шт.

Можливий рівень теплового навантаження в системах опалення та вентиляції ферми реалізується за допомогою закритої системи, яка використовує автоматичну систему контролю температури теплоносія у зворотному трубопроводі відповідно до встановленої температури приміщення. Основна функція системи управління – зміна споживання теплоносія в подавальному трубопроводі.

У відмінності між температурними графіками система енергоефективності вентиляції та опалення розроблена комплексно, з метою зменшення призначення обігріву та регулювання параметрів системи опалення.

Основний блок управління системою – мікропроцесорний контролер ECL Comfort - 100 тип 2, виробництва DANFOSS, Данія. Програмна карта для контролера типу Р 30 дозволяє контролеру управляти трьома системами опалення та контуром води котла.

Інформація про параметри теплоносія на виході з системи опалення та вентиляції, теплові режими в робочому приміщенні приміщення та температуру зовнішнього повітря передається в регулятор за допомогою відповідних датчиків температури 9, 10.

Основна функція системи управління – зміна споживання теплоносія в лінії теплопостачання та вентиляції. Корпус системи управління – фланцевий клапан типу H640 (поз. 8) з такою ж процентною характеристикою регулювання, DN 32, виробнича компанія BELIMO (Швейцарія).

5.6. Структурна та теплова схеми ССГВ корівника. Вибір обладнання

У роботі розроблена система сонячного гарячого водопостачання корівника з додатковими джерелами енергії: теплової або електричної. Структурна схема ССГВ наведена на рис. 5.12.

Нагрівальний елемент складається із сонячного колектора (1) та ємнісного бойлера (4). Система розроблена за двоконтурною схемою, що включає проміжний швидкісний теплообмінник (2) з примусовим (насосним) рухом теплоносія в контурах холодної (теплообмінника 2), підігрітої за рахунок сонячного випромінювання (сонячного колектора 1) та гарячої (ємнісний бойлер 4) води.

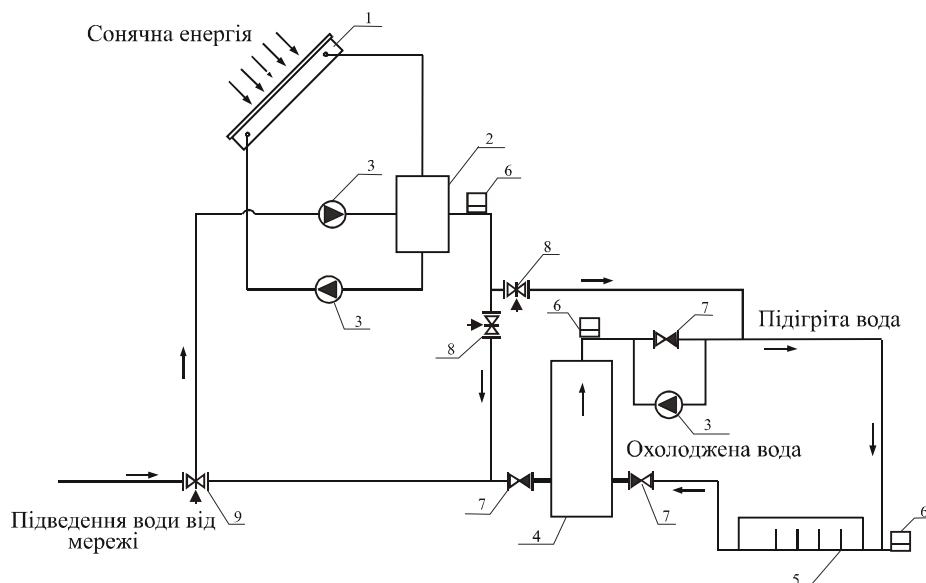


Рис. 5.12. Структурна схема геліоустановки ГВП корівника:

1 – сонячний колектор; 2 – швидкісний проміжний теплообмінник; 3 – насос; 4 – ємкісний бойлер; 5 – споживач; 6 – датчик температури; 7 – зворотний клапан; 8 – електромагнітний клапан; 9 – триходовий клапан

Положення трипозиційного клапана (9) регулює такі режими роботи автонапувалки:

1. Звичайний режим: Холодна вода, що надходить в систему ССГВ, закрита і вода нагрівається лише в бойлері.
2. Режим сонячного нагріву X: Холодна вода надходить в проміжний теплообмінник, де вона нагрівається поверхнями теплообмінника теплоносієм, що циркулює в контурі сонячного колектора. Залежно від ступеня нагрівання вода з котла (2) направляється або до споживачів (5), або в бойлер (4).

Схема забезпечує контроль та автоматичне регулювання температури питної води окремо в пунктах збору. Якщо температура води в пунктах збору нижче за встановлене значення, вмикається насос-бойлер і подається гаряча вода до автонаповнювача.

Особливості функціонування ССГВ показані на принциповій тепловій схемі (рис. 6.13).

Радіаційна панель геліосистеми складається з чотирьох колекторів типу Vitosol 300 з тепловими трубами, загальною площею поглинальної поверхні 12,12 м², з'єднаних за паралельною схемою. Колекторна панель монтується на

даху будівлі, орієнтація по сторонах світу – південна, кут нахилу колекторної панелі до горизонту – 35 град.

Циркуляція теплоносія в замкнутому контурі сонячної системи створена за допомогою циркуляційного насоса типу UPS 25-60 (Grundfos) геліонасосного вузла 6 типу Solar-Division P10, із споживчою потужністю $N = 45$ Вт, подачею $V = 0,35$ м³/год, напором $N = 2,2$ м.в.ст.

До комплекту геліонасосного вузла входять також допоміжні клапани, теплоізоляція подавального та зворотного трубопроводів геліосистеми, станція дистанційного приводу насосом, а також ручний геліонасос (16).

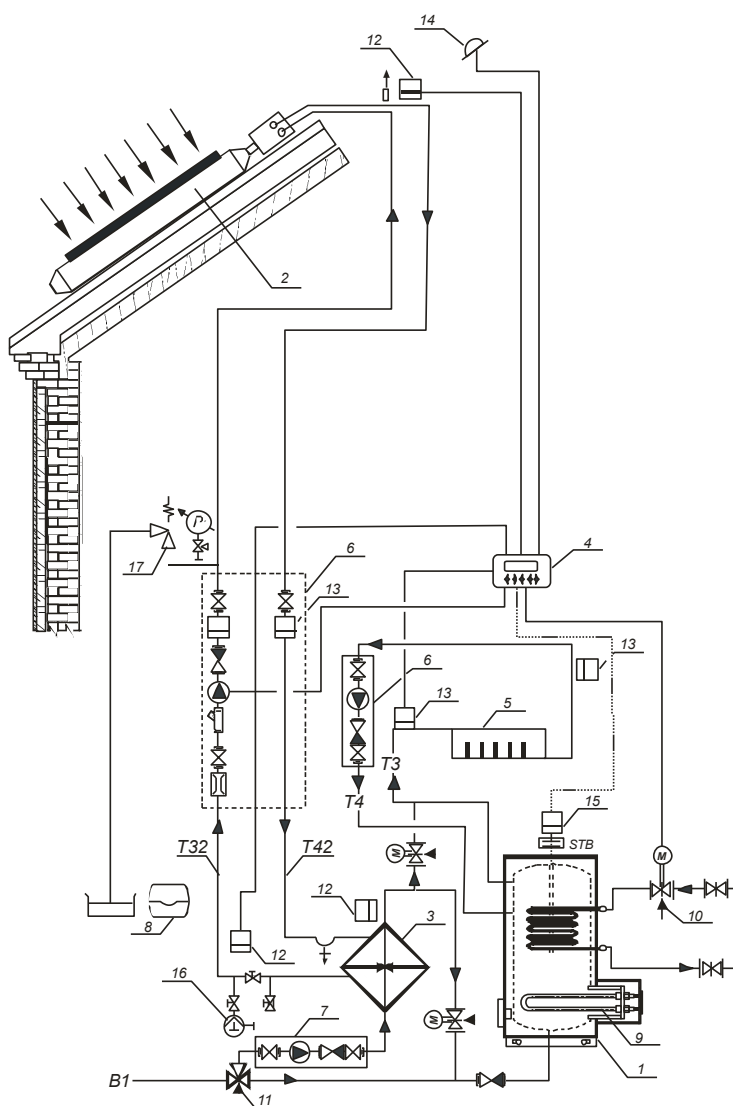


Рис. 5.13. Принципова тепла схема ССГВ цілорічної дії корівника на 50 голів:

1 – бойлер ємнісний типу VITOCCELL-B 300; 2 – сонячний колектор типу Vitosol 300; 3 – швидкісний пластинчастий теплообмінник типу ТОПР; 4 –

контролер-регулятор типу SOLARTROL-M; 5 – споживач гарячої води; 6 – геліонасосний вузол типу SOLAR-DIVISION ; 7 – зворотний клапан; 8 – розширювальний бак; 9 – електронагрівач типу ЕНО; 10 – клапан регулюючий прохідний ; 11 – клапан регулюючий кутовий; 12,13 – датчики температури; 14 – датчик сонячного випромінювання; 15 – блок безпеки бойлера; 16 – геліонасос ручний типу CS-10; 17 – клапан запобіжний

Регламентоване та безпечне функціонування геліосистеми забезпечується встановленням відповідного (узгодженого з тепловими та гідравлічними параметрами системи) обладнання: розширювального мембранного бака 8, запобіжного клапана 17 тощо.

Приготування гарячої води випускається в ємнісному бойлері типу VITOCCELL-B 300 (виробник - фірма VISSMANN), загальний об'єм (запас води) - 0,8 дм³.

Бойлер забезпечений:

- водяним трубчастим теплообмінником (змійовиком), розташованим у верхній частині бака;
- трубчастим електричним нагрівачем (на дні котла 9).

Водяний змійовик передає тепло від теплоносія до холодної води; нагрівання води (при необхідності) здійснюється за допомогою нагрівальної поверхні теплоносія в котельні. Під час нагрівання вода нагрівається також електричним нагріванням.

Функції управління та контролю сонячної системи гарячої води забезпечуються мікропроцесорним контролером-регулятором SOLARTROL-M (виробник VISSMANN, Німеччина).

Безпечна та регульована робота сонячної геліосистеми забезпечується інсталяцією відповідного обладнання (узгодженого з тепловими та гідравлічними параметрами системи): розширювального бака, запобіжного клапана, високошвидкісного клапана повітроспускання.

Основні функції та технічні можливості регулятора ССГВ системи Solartrol-M у поєднанні з котлом:

- контроль різниці між температурою теплоносія на виході з сонячного колектора і температурою накопичувального водонагрівача;
- нормальний контроль температури води та режим опалення котла (використання взимку та в перехідні періоди опалювального сезону). У разі перевищення встановленої різниці температури (встановленої на контролері) підключаються циркуляційні насоси системи ССГВ та контур опалювальної води від котла;
- економічний режим контролю температури котлової води та опалення (протягом опалювального сезону та перехідного періоду влітку), коли вимагається, що система повністю покриває потребу в теплі для опалення гарячої води:
 - регулятор контролює інтенсивність сонячного випромінювання;
 - якщо інтенсивність сонячного випромінювання досягла встановленого значення (встановлено в контролері), контур води відключається від котла;
 - якщо різниця між температурою теплоносія на виході із сонячного колектора і встановленою температурою водонагрівача (встановленою на контролері) досягається, вмикається циркуляційний насос.

ВИСНОВКИ

Предметом дослідження була система енергопостачання смт. Куликівка, Куликівський район, Чернігівська область.

Необхідні параметри повітря в робочих приміщеннях корівників на фермі підтримуються за рахунок примусової подачі та витяжної вентиляції, яка сумісна з нагріванням повітря в холодний та перехідний періоди.

Розрахунок теплового балансу приміщень для корів у холодний та перехідний періоди дозволяє розмістити основні теплові параметри будівлі: максимальні та середні (в опалювальний сезон). Виходячи з теплового балансу, зазначаються основні показники опадового сезону будівництва: тривалість – 123 дні, середня температура охолоджувального сезону – (-4,2 °C) та гранична температура – (1,6 °C).

Як основне вентиляційне та опальне обладнання для створення деяких параметрів мікроклімату в корівнику використовують теплооброблені вентиляційні установки, такі як AirVents (виробник "VENTS", Швеція). Агрегати кондиціонування AirVents забезпечують всі опальні функції, вентиляцію (протягом усього року) та підготовку й очищення повітря. AirVents – це комплексне вентиляційне рішення, яке дозволяє створити компакту, повністю забезпечену систему з властивостями, що відповідає конкретним умовам праці.

Як основний теплообмінник було обрано хрестоподібний пластинчастий теплообмінник. Коефіцієнт корисної дії опалювального приладу становить 85%, що значно знижує експлуатаційні витрати на опалення приміщення.

Розрахунки системи енергопостачання тваринницького комплексу проводилися після вибору лінії електропередачі та трансформаторної підстанції.

Проводиться розрахунок теплової потужності та обирається тип автономної котельні, до якої підключаються теплові мережі ферми ВРХ, житлові, ремонтні, технологічні та адміністративні будівлі.

Теплова схема повністю автоматичної котельні була розроблена на основі трьох настінних газових приладів KOLVI KT DUO 50, виготовлених на заводі

КОЛВІ-Енергомаш (Україна, Чернігів). Котельня працює в режимі енергозбереження відповідно до графіка нагріву температури води.

У роботі розроблена основна схема теплового пункту приміщення корівника, виконана теплові відвідні пристрої, системи опалення та вентиляції з використанням сонячної системи гарячого водопостачання.

Аналіз даних сонячних теплових розрахунків показав, що для цілорічної експлуатації ССГВ корівника на 50 голів доцільно використовувати лише сонячну колекторну систему з колекторами на основі теплових труб. Сонячна система проєктованого об'єкта, заснована на вакуумних сонячних колекторах, практично не працює взимку і може розглядатися лише як сезонна установка. Використання сонячної радіації дозволяє зекономити 1,29 т традиційного палива на рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Горобець В.Г. Теплоенергетичні установки і системи. 2023. ЦП Компринт, 523 с.
2. Горобець В.Г. Когенераційні установки. - Київ. –ЦП «Компринт». 2016. – 300 с.
3. М Корчемний, В Федорейко, В Щербань. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001.- 984 с
4. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. 2019. ЦП Компринт, 400 с.
5. Теплотехніка / [упор. Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долінський та ін.] ; під ред. Б.Х. Драганова. – [2-е вид.]. – Київ: в-во «Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
6. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. –ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.
7. Горобець В.Г. Основи теплотехніки. 2019. ЦП Компринт, 400 с.
8. Теплотехніка / [упор. Б.Х. Драганов, О.С. Бессараб, А.А. Долінський та ін.] ; під ред. Б.Х. Драганова. – [2-е вид.]. – Київ: в-во «Фірма «ІНКОС», 2005. – 400 с.
9. Горобець В.Г. Теплотехніка та використання теплоти в сільському господарстві. – Київ. –ЦП «Компринт». 2015. – 389 с.
10. Будзько І.А., Зуль Н.М. Електроснабження сільського господарства. Київ: Агропромиздат, 1990. – 496 с.
11. Повітрооброблювальні агрегати «AIRVENTS». Каталог 2010/2. – Київ, 2010.
12. Волков М.А., Волков В.А. Експлуатація газифікованих котелень. Київ: Стройиздат, 1990. – 256 с.
13. Газовий настінний апарат. "KOLVI DUO 50". Інструкція з експлуатації. Київ: "KOLVI", 2004. – 32 с.

14. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник, В.М. Гайдук, В.Ф. Гончар та ін.; за ред. В.С. Олійника. – 3-є вид., перероб. і доп. – Київ: Урожай, 1989. – 264 с.
15. Курсове і дипломне проектування по електрообладженню сільського господарства / В.Ю. Гессен, Ф.М. Ихтейман, С.Ф. Симоновський. Київ: Колос, 1981. 208 с.
16. Методичні вказівки до проектування систем теплопостачання, що використовують відновлювальні джерела енергії; для студентів енергетичних, механічних і технологічних спеціальностей денної та заочної форм навчання / Б.Х. Драганов, О.Ф. Вуляндра. – Київ: КДУХТ, 1994. – 84 с.
17. Мхітарян Н.М. Геліоенергетика. Системи. Технології. Застосування. Київ: Наукова думка, 2002. – 317 с.
18. Системи сонячного тепло- і холодозабезпечення / Р.Р. Аvezов, М.А. Барський, І.М. Васильєва та ін.; Під ред. Е.В. Сарнацького та С.А. Чистовича. – Київ: Стройиздат, 1990. – 328 с: іл.
19. ДСТУ 2.04.05:1991. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ, 1992.
20. ДСТУ II – 3 – 79. Будівельна теплоенергетика. Київ: ЦИТІ, 1986.
21. ДСТУ 2.04.07:1986. Теплові мережі. Київ, 1994.
22. ДСТУ 2.04.01:1985. Внутрішній водопровід та каналізація будівель. Київ, 1986.
23. ДСТУ II.35:1976. Котельні установки. Київ, 1978.
24. Теплотехніка та теплопостачання. Методичні вказівки для виконання курсового проекту для студентів факультету ЕАСГ / В.О. Лазаренко, О.В. Шеліманова. Київ: НАУ, 2000. – 86 с.
25. Фізика будівельних конструкцій / А.І. Демченко, В.С. Чередніченко, В.Г. Слепцов. — Київ: Наукова думка, 1987. — 304 с.
26. Проектування електричних систем сільськогосподарських об'єктів / О.С. Коваленко, Л.М. Кузнецов. — Київ: Урожай, 1992. — 256 с.
27. Енергетика сільського господарства: теорія і практика / В.О. Сизий, О.В. Левада. — Київ: Техніка, 1993. — 288 с.

28. Методика проектування систем опалення та вентиляції / М.С. Литвиненко. — Київ: Вища школа, 1990. — 412 с.
29. Технологія обігріву приміщень / І.В. Харченко, А.М. Лебедев. — Київ: Наукова думка, 1995. — 310 с.
30. Електричні установки та обладнання в сільському господарстві / О.М. Семенов. — Київ: Колос, 1989. — 320 с.
31. Вентиляційні системи сільськогосподарських приміщень / А.І. Крамаренко, М.В. Лисенко. — Київ: Техніка, 1992. — 276 с.
32. Газифікація сільських господарств / О.А. Гончаренко, В.М. Демченко. — Київ: Урожай, 1991. — 295 с.
33. Електричне освітлення виробничих і сільськогосподарських приміщень / В.А. Печериця. — Київ: Вища школа, 1987. — 244 с.
34. Технічне забезпечення аграрних підприємств / М.М. Гречаник, А.В. Шевченко. — Київ: Агропромиздат, 1989. — 368 с.
35. Основи теплотехніки для аграріїв / А.І. Колесник. — Київ: Вища школа, 1988. — 284 с.
36. Технічне проектування сільськогосподарських машин / В.І. Жолудь, І.І. Мельник. — Київ: Техніка, 1993. — 222 с.