

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

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
інженерії енергосистем
(назва кафедри)

Є.О. Антипов

_____ (підпис)

„_____” _____ 2025р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Система теплозабезпечення свинарників
з використанням ВДЕ

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

02.03 – КР. 2024 «С» 2024.11.12 004 ПЗ

Гарант освітньої програми

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

_____ (Підпис)

О.В. Шеліманова
(ПІБ)

Керівник

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

_____ (Підпис)

В.І. Троханяк
(ПІБ)

Виконав

_____ (Підпис)

Є.Р. Тимченко
(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

інженерії енергосистем

(назва кафедри)

Є.О. Антипов

(підпис)

„_____” _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Тимченку Євгенію Руслановичу

Спеціальність (напрямок підготовки): 144 "Теплоенергетика"

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: Система теплопостачання

фермерського господарства із застосуванням геліоколекторів

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

Термін подання завершеної роботи на кафедру " 01 " _____ червня _____ 2025 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: _____

Перелік питань, які потрібно вирішити: _____

1. Проаналізувати особливості впровадження відновних джерел енергії у свинарстві.
2. Визначити теплові потреби свинарника.
3. Розробити схему системи теплозабезпечення.
4. Провести підбір обладнання системи.

Перелік додаткових матеріалів: презентація,

Дата видачі завдання: "13" 11. 2024 р.

Керівник

канд. техн. наук, доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(Підпис)

В.І. Троханяк

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____

(Підпис)

Є. Р. Тимченко

(ПІБ студента)

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ .	7
1.1. Мета дослідження	7
1.2. Об’єкт дослідження	7
1.3. Предмет дослідження	7
1.4. Висновок	8
РОЗДІЛ 2. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ’ЄКТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	9
2.1. Загальна характеристика свинарника	9
2.2. Особливості проектування свинарника	10
2.3. Висновок	16
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СВИНАРНИКІ ...	17
3.1. Традиційні джерела теплоти	17
3.2. Потенціал відновних джерел енергії.....	18
3.3. Вибір ВДЕ-системи.....	21
3.4. Висновок	22
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ СВИНАРНИКА	23
4.1. Тепловтрати через огорожувальні конструкції.....	23
4.2. Тепловтрати через вентиляцію	29
4.3. Тепловиділення тварин.....	32
РОЗДІЛ 5. СИСТЕМА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	34
5.1. Теплова схема: джерела, акумуляція, контури споживачів.....	34
5.2. Розрахунок ґрунтових зондів.....	35
РОЗДІЛ 6. ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ.....	36
6.1. Вибір теплового насосу	36

	4
6.2. Вибір резервного джерела тепла	39
6.3. Вибір буферного баку.....	41
6.4. Вибір калориферів.....	43
6.5. Вибір системи вентиляції.....	44
РОЗДІЛ 7. СХЕМА ЕКСПЛУАТАЦІЇ	47
ВИСНОВОК.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

Зростання витрат на традиційні паливно – енергетичні ресурси та загострення екологічної ситуації вимагають переходу до інноваційних підходів, які дозволяють оптимізувати енергоспоживання та зменшити вплив на довкілля. Одним із перспективних напрямків є використання відновних джерел енергії для опалення виробничих і господарських будівель, зокрема свинарників, де стабільний мікроклімат є критичним фактором для підтримки продуктивності та здоров'я тварин.

У даній роботі пропонується комплексне вирішення завдання теплозабезпечення свинарника на основі поєднання геотермальних технологій і резервних джерел тепла. Запропонована система поєднує в собі тепловий насос, ґрунтові зонди, систему акумулювання тепла, водяні теплообмінники та додатковий котел. Такий підхід забезпечує гнучкість роботи системи в різних кліматичних умовах та стабільність теплозабезпечення за змінних енергетичних потреб.

Новизна роботи полягає в розробці інтегрованої структури системи, яка дозволяє поєднати низку переваг відновних технологій: використання тепла ґрунту як основного джерела, акумуляцію зайвої енергії для оптимального балансування навантажень, а також можливість оперативного підключення резервного джерела для покриття пікових потреб. Це дозволяє знизити залежність від традиційних паливних ресурсів, забезпечити економію витрат та мінімізувати негативний екологічний вплив.

Актуальність дослідження обумовлена загальною тенденцією до енергозбереження в аграрному секторі. Розробка подібної системи є своєчасною відповіддю на виклики щодо зниження експлуатаційних витрат.

Метою дослідження є розробка загальних принципів та підходів до створення універсальної системи теплозабезпечення свинарника на основі відновних джерел енергії. Для досягнення цієї мети передбачається:

- визначення загальних параметрів теплових потреб свинарника з урахуванням фундаментальних характеристик будівлі та режимів утримання тварин;
- формулювання принципової схеми інтегрованої системи, що поєднує тепловий насос, елементи акумуляції й резервне джерело.

Вихідними даними для дослідження є типові характеристики свинарницьких будівель, загальні кліматичні умови регіону. За результатами роботи очікується отримати рекомендації щодо впровадження інноваційного підходу для різного типу тваринницьких ферм.

Практичне значення дослідження полягає в можливості застосування розроблених технічних рішень для модернізації існуючих систем опалення у свинарниках та інших тваринницьких приміщеннях, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат та підвищенню енергоефективності.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ

1.1. Мета дослідження

Мета дослідження формулюється як створення загальних теоретичних засад і практичних рекомендацій для розробки універсальної системи теплозабезпечення приміщень свинарника з урахуванням сучасних енергетичних, кліматичних і техно-логічних особливостей. Новаторський підхід полягає в обґрунтуванні цілісної концепції, що дозволяє поєднати геотермальний тепловий насос, ґрунтові зонди, резервне біопаливне джерело, систему акумуляування тепла та водяні теплообмінники в єдину ефективну інженерну систему.

1.2. Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є виробничо – технологічне приміщення свинарника, призначене для інтенсивного вирощування поросят на відгодівлі масою близько 100 кг кожна. Свинарник розташований у Київській області та розрахований на утримання 420 голів тварин. Будівля не має внутрішнього зонування й передбачає одноманітний мікроклімат у всьому об'ємі приміщення. Основними конструктивними параметрами свинарника є довжина 37 м, ширина 20 м та висота 4 м, що забезпечує загальний об'єм приміщення близько 2960 м³.

1.3. Предмет дослідження

Предметом дослідження є загальні теоретичні положення та способи практичної реалізації інтегрованої системи теплозабезпечення свинарника з використанням відновних джерел енергії.

1.4. Висновок

У першому розділі було окреслено теоретичні основи та поставлено загальні завдання дослідження щодо створення системи теплозабезпечення свинарника з використанням відновних джерел енергії.

РОЗДІЛ 2
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА ОСОБЛИВОСТІ
ПРОЕКТУВАННЯ

2.1. Загальна характеристика свинарника

Свинарник розташований у сільськогосподарській зоні Київської області на відкритій місцевості, що забезпечує типовий приклад будівлі для утримання поросят на відгодівлі. Приміщення призначене для одночасного розміщення 420 голів поросят масою близько 100 кг кожна. Будівля має прямокутну форму з зовнішніми розмірами 37×20×4 м, що формує внутрішній об'єм 2960 м³ та корисну площу підлоги 740 м².

Таблиця 2.1

Технічні характеристики зовнішніх огорож свинарника

№	Огородження	Складові	Характеристики		
			δ_i , м	λ_i , Вт/(м·К)	R, Вт/(м ² ·К)
1	Зовнішні стіни	Кладка в 2 цегли	0,24	0,52	—
		Утеплювач (мін. вата)	0,05	0,045	—
		Штукатурка зовнішня	0,01	0,93	—
		Штукатурка внутрішня	0,01	0,93	—
		Важкий цементний розчин	0,01	1,3	—
2	Стеля	Утеплювач (мін. вата)	0,1	0,045	—
3	Підлога	Керамзитобетонна плита	0,15	0,45	—
4	Вікна	—	—	—	0,45
5	Двері	—	—	—	0,6

Таким чином, загальна характеристика свинарника окреслює геометрію будівлі, матеріали огорожуючих конструкцій та їх теплотехнічні параметри.

2.2. Особливості проектування свинарника

Будівництво свинарника є важливим етапом організації ефективного свинарства. Правильне проектування та зведення даної споруди забезпечують сприятливі умови для утримання тварин, що безпосередньо впливає на їхнє здоров'я, продуктивність і, як наслідок, прибутковість бізнесу. У статті розглянемо ключові аспекти будівництва свинарника, починаючи від планування до вибору матеріалів та облаштування приміщення.

Для успішного будівництва свинарника необхідно ретельно підготуватися та організувати процес на кожному етапі. Почати варто з детального планування, яке включає кілька ключових кроків.

Перший крок – вибір правильного місця для будівництва свинарника. Розташування дуже впливає на зручність експлуатації, комфорт для тварин і дотримання санітарних норм.

Що враховувати під час вибору ділянки:

- Відстань від житлових будинків. Свинарник повинен бути на безпечній відстані від житлових зон, щоб уникнути поширення неприємних запахів та ризику забруднення середовища.

- Територія Оцінка: 5 Територія з хорошим дренажем. Краще вибирати ділянки на пагорбах або з природним стоком води. Це допоможе уникнути застою вологи та заболочування території навколо свинарника.

- Наявність зручного під'їзду. Для зручності доставки кормів, вивезення гною та транспортування тварин необхідно забезпечити гарний під'їзд до свинарника.

Санітарні норми:

- Важливим аспектом є дотримання санітарно – захисної зони. За законодавством, свинарники повинні знаходитись на певній відстані від населених пунктів та джерел питної води.

- Зверніть увагу на екологічні вимоги: на ділянці не повинно бути джерел забруднення, наприклад, промислових об'єктів чи стічних вод.

Свинарники, як та інші тваринницькі споруди, можуть суттєво відрізнятися за своїми конструктивними особливостями, методами утримання тварин та функціональним призначенням. Від типу свинарника залежить як комфорт тварин, а й ефективність виробництва, витрати на експлуатацію і дотримання санітарних норм. У статті розглянемо основні типи свинарників та його характеристики.

Свинарники можуть бути класифіковані за типом утримання тварин. Залежно від того, як організовано простір для тварин, виділяють два основні види.

Свинарники з безприв'язним змістом — це найпоширеніший і найсучасніший метод утримання свиней. Він припускає, що тварини вільно пересуваються по відведеній для них зоні. У таких свинарниках обладнані відкриті чи напівзакриті загоны, де свині можуть гуляти, харчуватися та відпочивати.

Особливості:

- Тварини не обмежені у русі, що покращує їх фізичний стан та знижує стрес.
- Зазвичай використовується для відгодівельних свиней та свиноматок у період очікування потомства.
- Потреба більшому просторі проти прив'язними системами.

Переваги:

- Поліпшення здоров'я тварин рахунок активного життя.
- Найменший ризик захворювань, пов'язаних з малорухливістю.

Недоліки:

- Потрібні великі площі для свиней.
- Підвищені вимоги до систем очищення та підтримання гігієни.

Свинарники з прив'язним утриманням свині фіксуються одному місці, зазвичай, у окремому верстаті. Такий зміст рідше зустрічається у сучасних господарствах, оскільки він обмежує свободу тварин і може призводити до негативних наслідків для їхнього здоров'я.

Особливості:

- Тварини знаходяться в індивідуальних верстатах, що полегшує їх контроль та догляд.

- Найчастіше використовується для свиноматок у період лактації та перед пологами.

Переваги:

- Простіший контроль за кожною твариною, особливо щодо годування та догляду.

- Можливість точно регулювати раціон та поведінку кожної свині.

Недоліки:

- Обмеження руху тварин, що може спричинити стреси та проблеми зі здоров'ям.

- Потрібно більше праці обслуговування.

Свинарники також класифікуються залежно від їхнього функціонального призначення. У кожному господарстві можуть використовуватись різні типи свинарників для забезпечення повного циклу свинарства.

Маточники – це спеціальні свинарники для утримання свиноматок під час вагітності та опоросу (родів). Основна мета таких свинарників – забезпечення комфортних умов народження та розвитку поросят.

Особливості:

- Устатковуються індивідуальними верстатами для кожної свиноматки, щоб забезпечити безпеку поросят.

- Зазвичай у маточниках підтримується підвищена температура та чистота для захисту новонароджених поросят від холоду та хвороб.

Переваги:

- Високий рівень контролю за станом свиноматок та поросят.

- Захист поросят від травм та інфекцій у перші дні життя.

Недоліком є високі вимоги до гігієни та обладнання (необхідні системи опалення, вентиляції, автопоїлки та годівниці).

Відгодівлі – це свинарники для утримання тварин у період інтенсивної відгодівлі, яка починається після відлучення поросят від свиноматки і продовжується до досягнення потрібної маси.

Особливості:

- Свині містяться у групах з достатнім простором для вільного пересування.
- Особлива увага приділяється годівлі, оскільки вона безпосередньо впливає швидкість набору маси.

- Можуть застосовуватися як безприв'язне, і частково прив'язне зміст.

Переваги:

- Оптимізація витрат на корм та утримання за рахунок групового утримання тварин.

- Швидкий набір маси, що підвищує рентабельність.

Недоліком є необхідність частого контролю якості корму та мікроклімату для підтримки здоров'я свиней.

Свинарники для молодняка призначені для утримання молодняка після відлучення від свиноматок до початку відгодівлі. Важливим моментом тут є підтримання оптимальних умов зростання та зміцнення здоров'я поросят.

Особливості:

- Важливо забезпечити сприятливий мікроклімат: помірну температуру, хорошу вентиляцію та низький рівень вологості.

- Особлива увага приділяється харчуванню: поросята мають отримувати повноцінні корми з необхідними вітамінами та мінералами.

Перевагою є створення умов для швидкого зростання та мінімізації хвороб у період адаптації молодняка.

Недоліком є високі вимоги до дотримання мікроклімату та харчування.

Свинарники можуть бути класифіковані за їх конструктивними особливостями і матеріалами, що використовуються при будівництві.

Каркасні свинарники будуються на основі металевого, за технологією ЛСТК або дерев'яного каркасу із заповненням стін сендвіч – панелями або іншими

ізолюючими матеріалами. Це один із найпопулярніших та економічних варіантів будівництва.

Особливості:

- Швидке зведення рахунок легкості конструкції.
- Можливість створення будівель великих розмірів за відносно низьких витрат.

Переваги:

- Швидке будівництво та модульність.
- Хороша тепло – та шумоізоляція при правильному виборі матеріалів.

Недоліком є можлива менша міцність у порівнянні з цегляними будинками, особливо в екстремальних кліматичних умовах.

Капітальні свинарники будуються з цегли або бетонних блоків і вважаються найбільш надійними та довговічними.

Особливості:

- Висока міцність та довговічність, підходять для постійних споруд.
- Хороша теплоізоляція при правильному будівництві та використанні матеріалів, що утеплюють.

Переваги:

- Довговічність та стійкість до механічних пошкоджень.
- Гарний захист від зовнішніх впливів, таких як вітер, дощ чи сніг.

Недоліки:

- Більш тривалий та дорогий процес будівництва.
- Вища вартість матеріалів та робіт у порівнянні з каркасними будинками.

Свинарники за технологією ЛСТК – це сучасний тип конструкцій, який відрізняється легкістю, міцністю та швидкістю зведення. Найчастіше такі свинарники будуються у промислових масштабах.

Особливості:

- Основою є каркас з тонкостінних металевих профілів.
- Будівлі зводяться швидко, при цьому мають високу міцність та тривалий термін служби.

Переваги:

- Швидке та відносно недороге будівництво.
- Відмінні теплоізоляційні характеристики при використанні сучасних матеріалів.

Недоліком може бути потрібне додаткове утеплення в холодних регіонах.

Для успішного свинарства важливими є умови утримання, особливо мікроклімат у свинарнику.

Свинарники із природною вентиляцією, вона досягається за рахунок вікон та вентиляційних люків, які забезпечують приплив свіжого повітря та виведення відпрацьованого.

Переваги:

- Низькі витрати на встановлення та експлуатацію.
- Підходить для маленьких свинарників.

Недоліком є менш ефективний контроль за температурою та вологістю в приміщенні, особливо в жарку чи холодну пору року.

Свинарники із примусовою вентиляцією встановлюються системи вентиляції з використанням вентиляторів та витяжок, що дозволяє точно регулювати мікроклімат.

Переваги:

- Більш стабільний мікроклімат у будь – яку пору року.
- Підходить для великих комплексів.

Недоліком є вищі витрати на встановлення та експлуатацію систем.

Свинарники розрізняються за багатьма параметрами: від типу утримання тварин до конструктивних особливостей та мікроклімату. Вибір конкретного типу залежить від масштабів господарства, кліматичних умов регіону та фінансових можливостей. Правильно обраний тип свинарника дозволяє забезпечити комфортне утримання тварин, їх здоров'я та високу продуктивність.

2.3. Висновок

У другому розділі здійснено огляд конструктивних особливостей свинарника. Визначено геометрію будівлі та матеріали огорожень. Отримані результати створюють основу для подальшого розрахунку теплових навантажень і детального проектування системи.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ СИСТЕМ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СВИНАРНИКІ

3.1. Традиційні джерела теплоти

У багатьох сучасних свинарниках традиційні джерела теплової енергії залишаються основним способом підтримання мікроклімату. До таких джерел належать газові котли, дизельні або мазутні котли, електричні калорифери та твердопаливні котли, які працюють на вугіллі або дровах. Кожне з цих рішень має власні технічні характеристики, експлуатаційні особливості, переваги і недоліки.

Газові установки є найбільш поширеними для опалення тваринницьких приміщень завдяки високому рівню автоматизації, стабільній роботі та невеликим експлуатаційним витратам у разі доступності центрального газопостачання.

Дизельні або мазутні котли. У регіонах, де немає можливості підключення до центрального газопостачання, часто використовуються рідкопаливні котли. Дизельне паливо чи мазут забезпечують високу теплову потужність і можуть застосовуватися на віддалених фермах.

Електричні калорифери. Використання електроенергії для опалювальних пристроїв є досить простим у монтажі й управлінні — достатньо під'єднати обладнання до мережі і встановити потрібні регулятори. Проте такий спосіб опалення характеризується високою вартістю електроенергії у порівнянні з іншими видами палива, що призводить до значно більших щомісячних витрат.

Твердопаливні котли (вугілля, дрова). Використання вугілля або дров у свинарниках може бути обґрунтованим у віддалених сільських районах, де інші види палива або електроенергії недоступні, а біомаса або деревина є дешевим і легкодоступним ресурсом. Твердопаливні системи мають відносно низьку вартість паливного ресурсу, але потребують частого обслуговування, регулярного догляду за пальником і топковою камерою, а також місця для зберігання деревини чи вугілля.

Узагальнюючи, традиційні джерела теплоти забезпечують достатню потужність і простоту реалізації в багатьох свинарниках, проте їх експлуатація пов'язана з високими витратами на паливо і необхідністю постійного обслуговування. Ці фактори роблять такі системи менш привабливими в умовах зростаючої уваги до енергоефективності. Тому у подальшому розглядається впровадження відновних джерел енергії як альтернатива традиційним підходам.

3.2. Потенціал відновних джерел енергії

В Україні наразі мало помітно, щоб альтернативна енергетика суттєво потіснила традиційну. Наша держава надто залежить від імпортованих джерел енергії, перш за все від газу, нафти та ядерного палива. Для зміцнення енергетичної безпеки країни важливо зробити вибір: продовжувати фінансувати імпортовані енергоносії чи розвивати використання власних відновлюваних джерел енергії.

Україна має значний потенціал основних видів відновлюваних джерел енергії, але на даний час вони становлять досить незначну частку в загальному енергобалансі держави.

Враховуючи, що альтернативна енергетика щороку дешевшає завдяки вдосконаленню технологій її отримання та застосування, можна говорити про суттєве зростання вкладу відновлюваної енергетики в енергетичну незалежність України.

Відновлюваними джерелами енергії є сонячна, фотоелектрична та геотермальна енергії, тверда біомаса, біогаз, рідке біопаливо, гідроелектростанції, а також енергії припливів, хвиль океану, вітру тощо. Тож детальніше охарактеризуємо основні альтернативні джерела енергії, вельми перспективні для України.

3.2.1. Біопаливо. Серед різних видів альтернативних джерел енергії в Україні біопаливо перебуває на провідних ролях. Сьогодні біомасу як паливо використовують в обсязі лише близько 1 млн т умовного палива, тому значну кількість біомаси, придатної для виробництва енергії, знищують або вивозять на

звалища. Україна належить до країн із високим біоенергетичним потенціалом та темпами зростання біоенергетики. Згідно з офіційними даними, сектор біоенергетики у нашій країні щороку стабільно зростає. Свідченням тому є заміщення біопаливом близько 3 млрд м³ природного газу у 2014 році. Сумарні ресурси основних видів біомаси, придатної для енергетичного використання, за сучасних обсягів господарської діяльності в Україні становлять близько 20 млн т умовного палива на рік.

3.2.2. Енергія сонячного випромінювання. За висновками науковців, найголовнішим джерелом енергії є Сонце. Приблизно 30% сонячної енергії, досягаючи Землі, відбивається назад у космос, 47% – витрачається на нагрівання земної поверхні, 22% – на кругообіг води у природі, 0,1% – на утворення вітру, хвиль, океанічних течій і лише 0,03% поглинається під час фотосинтезу. Щорічно земна поверхня одержує від Сонця енергію у кількості 31 024 Дж. Якщо порівняти цю величину з оцінками енергії, що міститься у розвіданих запасах енергоємних корисних копалин, то стане зрозуміло, що за один тиждень Земля отримує від Сонця таку кількість енергії, яка більше ніж удвічі перевищує всі відомі запаси енергії на Землі.

Сьогодні для перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію існує два способи: використання сонячної енергії як джерело тепла для вироблення електроенергії традиційними способами (наприклад за допомогою турбогенераторів), або ж безпосередньо перетворювати її в електричний струм за допомогою сонячних елементів. Сонячну енергію використовують також після її концентрації за допомогою дзеркал – для плавлення речовин, дистиляції води, нагрівання, опалювання тощо.

3.2.3. Гідроенергетика. Гідроенергетика є технологічно освоєним способом виробництва електроенергії, що має досить гарантований поновлюваний енергоресурс та найменшу собівартість виробництва електроенергії серед традиційних паливних і більшості нетрадиційних технологій її виробництва.

В Україні потужність гідроелектростанцій становить лише 8,8% генеруючих енергоджерел, і може бути підвищена у 2 – 3 рази. Для України реальним є забезпечення розвитку гідроенергетики шляхом спорудження гідроелектростанцій потужністю 20 – 50 МВт та малих гідроелектростанцій на існуючих водоймищах, магістральних каналах, об'єктах водозабезпечення та водовідведення, а також відновлення та реконструкція об'єктів малої гідроенергетики, що виконують функцію із захисту прилеглих територій від повеней.

3.2.4. Енергія вітру. Вітрова енергетика – це галузь відновлюваної енергетики, що спеціалізується на використанні кінетичної енергії вітру. Нині силу вітру застосовують для видобутку електроенергії. Хоча ціна 1 кВт год, видобутої з енергії вітру, порівняно невисока, але всі проекти з будівництва нових вітряків зазвичай дуже повільно окуповуються.

Джерело вітроенергетики – Сонце, бо саме воно сприяє утворенню вітру. Від загальної кількості енергії сонця 1–2% перетворюється на енергію вітру. Сучасні технології забезпечують використання лише горизонтальних вітрів, що панують близько до поверхні землі та мають швидкість повітряного потоку від 12 до 65 км/год.

3.2.5. Геотермальна енергетика. Геотермальна енергія (природне тепло Землі), акумульована в перших десятих кілометрах земної кори, за оцінкою вчених, досягає 137 трлн т умовного палива, що вдесятеро перевищує геологічні ресурси всіх видів палива разом узятих. З усіх видів геотермальної енергії найефективнішими є гідро геотермальні ресурси – термальні води та пароводяні суміші.

За прогнозами фахівців, в Україні річний теплоенергетичний потенціал становить понад 400 млн Гкал, а експлуатаційні ресурси термальних вод за запасами тепла еквівалентні використанню близько 10 – 12 млн т умовного палива щороку. Серед перспективних районів геотермальних ресурсів – Донецький басейн.

3.3. Вибір ВДЕ-системи.

На підставі проведеного аналізу традиційних та відновних джерел енергії для свинарників в умовах Київської області доцільним є застосування комбінованої ВДЕ-системи, яка забезпечує максимальну автономність, енергоефективність та екологічність. Оскільки основним джерелом тепла виступає геотермальна підсистема, а резервним — твердопаливний котел, їх поєднання в одній архітектурі дозволяє компенсувати обмеження кожного з компонентів та забезпечити стабільне тепlopостачання.

Геотермальна підсистема обрана як пріоритетне джерело тепла завдяки стабільності теплового потоку впродовж року і високому значенню коефіцієнта перетворення

Твердопаливний котел на біопаливі розглянуто як резервне джерело, що вмикається у разі недостатньої продуктивності геотермальних зондів під час найбільш холодних періодів зимового сезону. Біопаливний котел має потужність, розраховану так, щоб покривати решту потреб у теплі, які не забезпечуються геотермальною підсистемою. Використання пелет як палива обумовлено високою ефективністю спалювання та відносно простим зберіганням і транспортуванням палива на території ферми.

Для забезпечення максимальної інтеграції обидві підсистеми підключені до єдиного акумулятора тепла. Це дає змогу ефективно накопичувати надлишок теплової енергії, виробленої геотермальною системою в теплі періоди, і передавати її в опалювальний контур у пікові хвилини. Буферний бак робить роботу всіх джерел плавною, зменшуючи кількість пускових циклів і запобігаючи частим включенням резервного котла.

У підсумку запропонована ВДЕ-система складається з двох взаємодіючих компонентів:

- Геотермальна підсистема з 14 вертикальних зондів і теплового насосу ґрунт–вода як основне джерело.

- Резервний котел на пелетах, що спрацьовує у випадку недостатнього теплового надходження від геотермальних зондів у найхолодніші дні.

Обрана конфігурація дозволяє у більшості випадків покривати потребу свинарника без залучення викопних енергоносіїв, знижуючи експлуатаційні витрати.

3.4. Висновок

У розділі проведено аналіз традиційних і відновних джерел теплової енергії для свинарника. Встановлено, що рішення на базі газових, дизельних і електричних котлів забезпечують оперативне опалення, але мають підвищені експлуатаційні витрати а твердопаливні котли потребують інтенсивного обслуговування. Серед відновних джерел найбільш доцільним є застосування геотермальної підсистеми з тепловим насосом ґрунт–вода а резервний котел на пелетах забезпечує покриття пікових навантажень у холодні періоди. Обрана комбінована ВДЕ – система із буферним баком забезпечує оптимальну роботу в різних кліматичних умовах, знижує експлуатаційні витрати.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ СВИНАРНИКА

4.1. Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Тепловтрати через огорожувальні конструкції обумовлені теплопровідністю матеріалів і різницею температур зовні та всередині приміщення.

Розраховуємо площу вікон за формулою:

$$F_{\text{ВК}} = (l_{\text{ВК}} \cdot h_{\text{ВК}}) \cdot n_{\text{ВК}}, \text{ м}^2 \quad (4.1)$$

де $l_{\text{ВК}}$ — довжина вікна, м;

$h_{\text{ВК}}$ — висота вікна, м;

$n_{\text{ВК}}$ — кількість вікон.

$$F_{\text{ВК}} = (1 \cdot 2) \cdot 40 = 80 \text{ м}^2$$

Розраховуємо площу дверей за формулою:

$$F_{\text{ДВ}} = l_{\text{ДВ}} \cdot h_{\text{ДВ}}, \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

де $l_{\text{ДВ}}$ — довжина вікна, м;

$h_{\text{ДВ}}$ — висота вікна, м;

$$F_{\text{ДВ}} = 4 \cdot 3 = 12 \text{ м}^2$$

Розраховуємо площу зовнішніх стін за формулою:

$$F_{\text{СТ}} = 2(l_{\text{СТ}} \cdot h_{\text{СТ}}) + 2(d_{\text{СТ}} \cdot h_{\text{СТ}}) - (F_{\text{ВК}} + F_{\text{ДВ}}), \text{ м}^2 \quad (4.3)$$

де $l_{\text{СТ}}$ — довжина зовнішніх стін, м;

$h_{\text{СТ}}$ — висота зовнішніх стін, м;

$d_{\text{СТ}}$ — ширина зовнішніх стін, м;

$F_{\text{ВК}}$ — площа вікон, м^2 ;

$F_{\text{ДВ}}$ — площа дверей, м^2 .

$$F_{\text{СТ}} = 2(37 \cdot 4) + 2(20 \cdot 4) - (80 + 12) = 364 \text{ м}^2$$

Опір теплопередачі зовнішніх стін розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{СТ}} = R_{\text{В}} + \frac{\delta_{\text{к.ц}}}{\lambda_{\text{к.ц}}} + \frac{\delta_{\text{ц.р}}}{\lambda_{\text{ц.р}}} + \frac{\delta_{\text{шт.з}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{\delta_{\text{шт.в}}}{\lambda_{\text{шт}}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + R_{\text{з}} \quad (4.4)$$

де $R_{\text{В}}$ — опір теплопередачі твариницьких приміщень, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$R_{\text{з}}$ — опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожі, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$\delta_{\text{к.ц}}$ — товщина керамічної цегли (дві кладки), м;

$\delta_{\text{ц.р}}$ — товщина шару важкого цементного розчину, м;

$\delta_{\text{шт.з}}$ — товщина шару зовнішньої штукатурки, м;

$\delta_{\text{шт.в}}$ — товщина шару внутрішньої штукатурки, м;

$\delta_{\text{ут}}$ — товщина шару утеплювача (мінеральної вати), м;

$\lambda_{\text{к.ц}}$ — теплопровідність керамічної цегли, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\lambda_{\text{ц.р}}$ — теплопровідність важкого цементного розчину, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\lambda_{\text{шт}}$ — теплопровідність штукатурки, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\lambda_{\text{ут}}$ — теплопровідність утеплювача (мінеральної вати), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

$$R_{\text{СТ}} = 0,115 + \frac{0,24}{0,52} + \frac{0,01}{1,3} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,05}{0,045} + 0,043 = 1,75 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Втрати теплоти через стіни розраховують за формулою:

$$Q_{\text{СТ}} = \frac{F_{\text{СТ}}}{R_{\text{СТ}}} \cdot (t_{\text{В}} - t_{\text{з}}) \cdot 1,05 \quad (4.5)$$

де $R_{\text{СТ}}$ — опір теплопередачі стін, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$F_{\text{СТ}}$ — площа стін, м^2 ;

$t_{\text{В}}$ — температура повітря всередині приміщення, $^{\circ}\text{C}$;

t_3 — температура зовнішнього повітря, °С.

$$Q_{\text{ст}} = \frac{364}{1,75} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,05 = 8736 \text{ Вт}$$

Втрати теплоти через вікна розраховують за формулою:

$$Q_{\text{вк}} = \frac{F_{\text{вк}}}{R_{\text{вк}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot 1,05 \quad (4.6)$$

де $R_{\text{вк}}$ — опір теплопередачі вікон, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$F_{\text{в}} —$ площа вікон, м^2 ;

$t_{\text{в}}$ — температура повітря всередині приміщення, °С;

t_3 — температура зовнішнього повітря, °С.

$$Q_{\text{вк}} = \frac{80}{0,45} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,05 = 7466,6 \text{ Вт}$$

Втрати теплоти через зовнішні стіни розраховують за формулою:

$$Q_{\text{дв}} = \frac{F_{\text{дв}}}{R_{\text{дв}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot 1,05 \quad (4.7)$$

де $R_{\text{дв}}$ — опір теплопередачі дверей, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$F_{\text{дв}}$ — площа дверей, м^2 ;

$t_{\text{в}}$ — температура повітря всередині приміщення, °С;

t_3 — температура зовнішнього повітря, °С.

$$Q_{\text{дв}} = \frac{12}{0,6} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,05 = 840 \text{ Вт}$$

Опір теплопередачі через стелю розраховуємо за формулою:

$$R_{\text{пр}} = \frac{\delta_{\text{мін.в}}}{\lambda_{\text{мін.в}}} \quad (4.8)$$

де $\delta_{\text{мін.в}}$ — товщина шару мінеральної вати, м;

$\lambda_{\text{мін.в}}$ – теплопровідність мінеральної вати, Вт/(м · К).

$$R_{\text{пр}} = \frac{0,1}{0,045} = 2,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Розраховуємо площу стелі за формулою:

$$F_{\text{пр}} = l_{\text{пр}} \cdot d_{\text{пр}}, \text{ м}^2 \quad (4.9)$$

де $l_{\text{ст}}$ — довжина стелі, м;

$d_{\text{ст}}$ — ширина стелі, м.

$$F_{\text{пр}} = 37 \cdot 20 = 740 \text{ м}^2$$

Тепловтрати через стелю розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{F_{\text{пр}}}{R_{\text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot 1,05 \quad (4.10)$$

де $R_{\text{пр}}$ — опір теплопередачі стелі, (м² · К)/Вт;

$F_{\text{пр}}$ — площа стелі, м²;

$t_{\text{в}}$ — температура повітря всередині приміщення, °С;

$t_{\text{з}}$ — температура зовнішнього повітря, °С.

$$Q_{\text{пр}} = \frac{740}{2,2} \cdot (18 - (-22)) \cdot 1,05 = 14127,3 \text{ Вт}$$

Розраховуємо площі зон підлоги:

$$F_1 = 2(2 \cdot h + 2(l - 4)) \quad (4.11)$$

$$F_2 = 2(2(h - 4) + 2(l - 8)) \quad (4.12)$$

$$F_3 = 2(2(h - 8) + 2(l - 12)) \quad (4.13)$$

$$F_4 = (h - 12) \cdot (l - 12) \quad (4.14)$$

де h — ширина, м;

l — довжина, м.

$$F_1 = 2(2 \cdot 20 + 2(37 - 4)) = 212 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 2(2(20 - 4) + 2(37 - 8)) = 180 \text{ м}^2$$

$$F_3 = 2(2(20 - 8) + 2(37 - 12)) = 148 \text{ м}^2$$

$$F_4 = (20 - 12) \cdot (37 - 12) = 200 \text{ м}^2$$

Розраховуємо опори теплопередачі першої, другої, третьої та четвертої зон за формулою:

$$R_{п.з.1} = 2,15 + \frac{\delta_{п.п}}{\lambda_{п.п}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.15)$$

$$R_{п.з.2} = 4,3 + \frac{\delta_{п.п}}{\lambda_{п.п}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.16)$$

$$R_{п.з.3} = 8,6 + \frac{\delta_{п.п}}{\lambda_{п.п}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.17)$$

$$R_{п.з.4} = 14,2 + \frac{\delta_{п.п}}{\lambda_{п.п}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.18)$$

де $\delta_{п.п}$ — товщина керамзитбетонної плити, м;

$\lambda_{п.п}$ — теплопровідність керамзитбетону, Вт/(м · К).

$$R_{п.з.1} = 2,15 + \frac{0,15}{0,45} = 2,48 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{п.з.2} = 4,3 + \frac{0,15}{0,45} = 4,63 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{п.з.3} = 8,6 + \frac{0,15}{0,45} = 8,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$R_{п.з.4} = 14,2 + \frac{0,15}{0,45} = 14,53 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Тепловтрати через підлогу розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{під}} = \left(\frac{F_1}{R_{\text{п.з.1}}} + \frac{F_2}{R_{\text{п.з.2}}} + \frac{F_3}{R_{\text{п.з.3}}} + \frac{F_4}{R_{\text{п.з.4}}} \right) \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{г}}), \text{ Вт} \quad (4.19)$$

де F_1 — площа першої зони підлоги, м^2 ;

F_2 — площа другої зони підлоги, м^2 ;

F_3 — площа третьої зони підлоги, м^2 ;

F_4 — площа четвертої зони підлоги, м^2 ;

$R_{\text{п.з.1}}$ — опір теплопередачі першої зони підлоги, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$R_{\text{п.з.2}}$ — опір теплопередачі другої зони підлоги, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$R_{\text{п.з.3}}$ — опір теплопередачі третьої зони підлоги, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$R_{\text{п.з.4}}$ — опір теплопередачі четвертої зони підлоги, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$t_{\text{в}}$ — температура всередині приміщення, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{г}} = 9^{\circ}\text{C}$ — температура ґрунту, $^{\circ}\text{C}$.

$$Q_{\text{під}} = \left(\frac{212}{2,48} + \frac{180}{4,63} + \frac{148}{8,93} + \frac{200}{14,53} \right) \cdot (18 - 9) = 1392,3 \text{ Вт}$$

Втрати теплоти через огороджувальні конструкції розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{ог}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вк}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{пр}} + Q_{\text{під}}, \text{ Вт} \quad (4.20)$$

де $Q_{\text{ст}}$ — втрати теплоти через стіни, Вт;

$Q_{\text{вк}}$ — втрати теплоти через вікна, Вт;

$Q_{\text{дв}}$ — втрати теплоти через двері, Вт;

$Q_{\text{пр}}$ — втрати теплоти через стелю, Вт;

$Q_{\text{під}}$ — втрати теплоти через підлогу, Вт.

$$Q_{\text{ог}} = 8736 + 7466,6 + 840 + 14127,3 + 1392,3 = 32562,2 \text{ Вт}$$

Втрати теплоти через огорожувальні конструкції

№	Елемент огорожувальної конструкції	R, (м ² ·К)/Вт	Q, Вт
1	Стіни	1,75	8736
2	Вікна	0,45	7466,6
3	Двері	0,6	840
4	Перекрыття (дах)	2,2	14127,3
5	Підлога	2,48	1392,3
		4,63	
		8,93	
		14,53	
6	Загально	-	32562,2

Таким чином було визначено загалі тепловтрати через огорожувальні конструкції свинарника.

4.2. Тепловтрати через вентиляцію

Тепловтрати через вентиляцію визначаються втратою енергії при подачі холодного зовнішнього повітря в приміщення та виведенні теплого відпрацьованого повітря назовні.

Об'єм припливного повітря на годину, потрібного для пониження концентрації CO_2 , розраховують за формулою:

$$Q_{CO_2} = \frac{c \cdot n \cdot k}{C_1 - C_2}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.21)$$

де $C_1 = 2,5 \text{ л/м}^3$ — максимально допустимий вміст CO_2 у повітрі приміщення;

$C_2 = 0,3 \text{ л/м}^3$ — концентрація CO_2 у зовнішньому повітрі;

$c = 47,97 \text{ л/год}$ — кількість CO_2 , що виділяється однією твариною;

n — кількість тварин;

$k = 1$ — коефіцієнт, що враховує зміну кількості газу, водяної пари та теплоти, яка виділяється твариною від температури в приміщенні.

$$Q_{CO_2} = \frac{47,97 \cdot 420 \cdot 1}{2,5 - 0,3} = 9157,9 \text{ м}^3/\text{год}$$

Мінімальний повітрообмін за нормою повітрообміну для свиней розраховуємо за формулою:

$$L_{\text{мін}} = n \cdot m \cdot L_{\text{мін.норм.}}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.22)$$

де n — кількість голів тварин;

m — маса однієї свині у центнерах, ц;

$L_{\text{мін.норм.}}$ — мінімальна норма повітрообміну на 1 ц живої маси, $\text{м}^3/\text{год}$.

В опалювальний період року значення $L_{\text{мін.норм.}}$ становить $30 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 ц живої маси.

$$L_{\text{мін.оп}} = 420 \cdot 1 \cdot 30 = 12600 \text{ м}^3/\text{год}$$

В теплий період року значення $L_{\text{мін.норм.}}$ становить $60 \text{ м}^3/\text{год}$ на 1 ц живої маси.

$$L_{\text{мін.тп}} = 420 \cdot 1,1 \cdot 60 = 27720 \text{ м}^3/\text{год}$$

Виділення вологи тваринами розраховують за формулою:

$$W_{\text{ТВ}} = n \cdot \omega \cdot k, \text{ г/год} \quad (4.23)$$

де n — кількість голів;

ω — кількість водяної пари, яка виділяється однією твариною, г/год;

k — коефіцієнт, що враховує зміну кількості газу, водяної пари та теплоти, яка виділяється твариною від температури в приміщенні.

$$W_{\text{ТВ}} = 420 \cdot 152 \cdot 1 = 63840 \text{ г/год}$$

Розрахунок повітрообміну за вологовиділенням:

$$L_W = \frac{W_{ТВ}}{\rho \cdot (d_B - d_0)}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (4.24)$$

Де $W_{ТВ}$ — виділення вологи тваринами, г/год;

ρ — густина повітря, кг/м³;

d_B — відносна вологість для тварин;

d_0 — відносна вологість для тварин.

$$L_W = \frac{63840}{1,2 \cdot (15 - 2)} = 4092 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для того щоб обрати необхідне обладнання для вентиляції бувають більше значення повітрообміну, в нашому випадку це значення $L_{\text{мін.тп}} = 27720 \text{ м}^3/\text{год}$.

Втрати теплоти на нагрів припливного повітря розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{вент}} = 0,278 \cdot L \cdot \rho \cdot c \cdot (t_B - t_3), \text{ Вт} \quad (4.25)$$

де L — годинний об'єм припливного повітря в опалювальний період, м³/год;

ρ — густина повітря, кг/м³;

c — теплоємність повітря, кДж/(кг · К).

t_B — температура повітря всередині приміщення, °С;

t_3 — температура зовнішнього повітря, °С.

$$Q_{\text{вент}} = 0,278 \cdot 12600 \cdot 1,17 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-22)) = 164750,7 \text{ Вт}$$

Вологу, яка випаровується з мокрих поверхонь в приміщенні розраховують за формулою:

$$W_{\text{вип}} = 0,1 \cdot W_{ТВ}, \text{ г/год} \quad (4.26)$$

де $W_{ТВ}$ — виділення вологи тваринами, г/год.

$$W_{\text{вип}} = 0,1 \cdot 63840 = 6384 \text{ г/год}$$

Втрати теплоти на випаровування вологи розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{вип}} = 0,692 \cdot W_{\text{вип}}, \text{ Вт} \quad (4.27)$$

де $W_{\text{вип}}$ — волога, яка випаровується з мокрих поверхонь в приміщенні, г/год.

$$Q_{\text{вип}} = 0,692 \cdot 6384 = 4417,7 \text{ Вт}$$

Втрати теплоти на нагрів інфільтруючого повітря розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = 0,3 \cdot Q_{\text{ог}}, \text{ Вт} \quad (4.28)$$

де $Q_{\text{ог}}$ — втрати теплоти через огорожувальні конструкції, Вт.

$$Q_{\text{інф}} = 0,3 \cdot 32562,2 = 9768,6 \text{ Вт}$$

4.3. Тепловиділення тварин

Тепловий потік вільної теплоти, що виділяється з тварин розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{ТВ}} = n \cdot q \cdot k, \text{ Вт} \quad (4.29)$$

де n — кількість голів;

q — потік вільної теплоти, який виділяється однією твариною, Вт;

$k = 1$ — коефіцієнт, що враховує зміну кількості газу, водяної пари та теплоти, яка виділяється твариною від температури в приміщенні.

$$Q_{\text{ТВ}} = 420 \cdot 266 \cdot 1 = 111720 \text{ Вт}$$

4.4. Загальні втрати теплоти

Загальні тепловтрати свинарника розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{ог}} + Q_{\text{вент}} + Q_{\text{вип}} + Q_{\text{інф}} - Q_{\text{тв}}, \text{ Вт} \quad (4.30)$$

де $Q_{\text{заг}}$ — втрати теплоти через огороджувальні конструкції, Вт;

$Q_{\text{вент}}$ — втрати теплоти на нагрів припливного повітря, Вт;

$Q_{\text{вип}}$ — втрати теплоти на випаровування вологи, Вт;

$Q_{\text{інф}}$ — втрати теплоти на нагрівання інфільтруючого повітря, Вт;

$Q_{\text{тв}}$ — теплота, яка виділяєть однією твариною, Вт.

$$Q_{\text{заг}} = 32562,2 + 164750,7 + 4417,7 + 9768,6 - 111720 = 99779,2 \text{ Вт}$$

Таким чином було визначено необхідну теплову потужність системи опалення для свинарника.

РОЗДІЛ 5

СИСТЕМА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1. Теплова схема: джерела, акумуляція, контури споживачів

Теплова схема системи теплозабезпечення свинарника складається з трьох ключових елементів: джерел тепла, пристрою акумуляції та контурів споживачів. Взаємодія цих складових забезпечує надійне і гнучке підтримання заданого температурного режиму всередині приміщення у різні сезони експлуатації.

Основним джерелом теплової енергії обрано геотермальний тепловий насос «ґрунт–вода», що працює в парі із мережею з 14 вертикальних ґрунтових зондів глибиною 95 м кожен. Резервним джерелом, що включається у разі низьких зовнішніх температур, виступає твердопаливний котел на пелетах. Він автоматично вмикається за сигналом зовнішнього температурного датчика, якщо температура повітря на вулиці опускається нижче за заздалегідь встановлений поріг.

Буферний бак виконує роль вузла акумуляції, який об'єднує обидва джерела тепла та відповідає за балансування теплових потоків. У теплі періоди, коли геотермальний насос виробляє надлишкову теплову потужність порівняно з потребою споживачів, надлишок накопичується у баку. За мінусових температур або підвищених навантажень резервний котел нагріває об'єм теплоносія в акумуляторі, передаючи необхідне тепло до контуру. Таким чином, бак служить проміжною ланкою, яка дозволяє розділити моменти пікових споживань та активної продукції тепла, забезпечуючи більш плавну роботу основних обладнань і зменшуючи кількість запусків котла.

Споживачами теплової енергії є водяні калорифери, розташовані по периметру свинарника під віконними прорізами та вздовж внутрішніх стін.

При запуску системи геотермальний насос вмикається за сигналом регулятора температури, передаючи тепло до акумулятора. Якщо накопиченої енергії недостатньо для підтримки встановленої температури, система керування активує резервний котел. Гаряча вода з акумулятора подається до водяних

калориферів, які забезпечують рівномірний розподіл тепла усередині всього об'єму приміщення. Охолоджений теплоносієм повертається до акумулятора, де в разі потреби під підігрівом котла або теплового насоса знову нагрівається та повертається в контур.

Теплова схема організована таким чином, щоб максимально ефективно використовувати геотермальну енергію ґрунту як основне джерело, зберігати надлишкові теплові потоки в буферному баку й забезпечувати резервний нагрів за допомогою котла на пелетах.

5.2. Розрахунок ґрунтових зондів

Теплопродуктивність одного ґрунтового зонду розраховуємо за формулою:

$$Q_{0.3} = L_3 \cdot q_{\Gamma}, \text{ Вт} \quad (5.1)$$

де $L_3 = 95$ м — глибина одного зонду; $q_{\Gamma} = 45$ Вт/м — середня питома теплопродуктивність ґрунту, а саме суглинку.

$$Q_{0.3} = 95 \cdot 45 = 3600 \text{ Вт}$$

Загальну теплопродуктивність усіх зондів розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = N \cdot Q_{0.3}, \text{ Вт} \quad (5.2)$$

де N — кількість ґрунтових зондів.

$$Q_{\text{заг}} = 14 \cdot 4275 = 59850 \text{ Вт}$$

Теплова потужність ґрунтових зондів покриває 60% необхідної теплової енергії.

Для такої потужності обираємо тепловий насос ґрунт – вода NIBE F1345 60 кВт.

РОЗДІЛ 6

ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ

6.1. Вибір теплового насосу

При проектуванні системи теплозабезпечення свинарника з використанням геотермальних елементів одним із ключових завдань було визначення оптимальної моделі теплового насоса, здатного забезпечити стабільну роботу та відповідати тепловим потребам будівлі без перевиснаження потужності. Враховуючи сукупність зазначених вимог, обрано водозабірний тепловий насос NIBE F1345 потужністю 60 кВт.



Рис. 6.1. Тепловий насос NIBE F1345

Основним критерієм для вибору даної моделі стала її здатність працювати з мережами вертикальних ґрунтових зондів глибиною 95 м, які спроектовані для даного об'єкта. Тепловий насос NIBE F1345 передбачає підключення до зовнішнього геотермального контуру з необхідним робочим тиском і об'ємом теплоносія, що дозволяє ефективно використовувати середньорічний показник питомої теплопродуктивності ґрунту близько 45 Вт/м. Висока продуктивність

насоса у поєднанні з якісним регулюванням забезпечує стабільний коефіцієнт продуктивності на рівні 3,5–4,0 за середніх експлуатаційних режимів у зимовий період, що сприяє зниженню електроспоживання та експлуатаційних витрат.

Модель NIBE F1345 60 кВт має ряд технічних особливостей, які зробили її оптимальною для використання у свинарнику:

- Два окремих компресорних блоки із вбудованими інверторними циркуляційними насосами.
- Повністю укомплектований для роботи на опалення, включно з автоматикою, датчиками вуличної температури, фільтрами тощо.
- Висока температура теплоносія до $+65^{\circ}\text{C}$ відображає якість комплектуючих.
- Підтверджений незалежними тестуваннями Клас енергоефективності «A++» ... «A+++».
- Легке розуміння та зміна налаштувань на великому кольоровому дисплеї із зображеннями.
- Завдяки зручній системі підказок, керування тепловим насосом та системою опалення в цілому стає зручним.
- Найкраща автоматика та програмне забезпечення для надійної та енергоефективної роботи. Інтерфейс USB для обслуговування та заміни програмного забезпечення.
- Вбудована можливість підключення до Інтернету дозволяє відслідковувати роботу теплового насосу та системи опалення з комп'ютеру, смартфона або планшета. Сервіс NIBEUPLINK дозволить коригування температур відповідно до змін ваших планів та заощадить кошти, повідомить про актуальний стан теплового насосу.
- Планування по часу та дням для додаткової економії експлуатаційних витрат.
- Для зменшення шуму та вібрацій компресор і циркуляційні насоси закріплені на вібраційних опорах та розміщені в окремому металевому корпусі з товстої оцинкованої сталі.

- Для забезпечення оптимальних режимів роботи та енергоефективності потужність інверторних циркуляційних насосів автоматично змінюється від 0 до 100%.
- Автоматика плавного пуску кожного компресора забезпечує низькі навантаження на електромережу та збільшений моторесурс теплового насосу.
- Керування електричними, газовими – та твердопаливними котлами, сонячними колекторами.
- Компактні розміри: ширина 60 см, глибина 65 см, висота 180 см. Мінімальна монтажна висота 195 см.

Таблиця 6.1

Технічні характеристики теплового насоса NIBE F1345 60

Назва	Од. вим.	Значення
Модель теплового насосу	–	NIBE F1345 60
Номінальна теплова потужність (розрахункова)	кВт	67
SCOP 35°C (холодний клімат)	–	4,7
SCOP 55°C (холодний клімат)	–	3,8
SCOP 35°C (помірний клімат)	–	4,6
SCOP 55°C (помірний клімат)	–	3,7
Тип компресору	–	спіральний
Тип холодоагенту	–	R410A
Кількість холодоагенту	кг	2 × 1,7
Мін. температура розсолу, що відводиться	°C	-12
Макс. тиск у контурі розсолу	бар	6
Макс. температура подачі теплоносія	°C	65
Макс. тиск у контурі теплоносія	бар	6

При зіставленні теплових потреб свинарника із продуктивністю теплоносія, яку може надати геоконтур із 14 вертикальних зондів, потужність насоса 60 кВт є оптимальною: вона забезпечує ефективне покриття більшої частини базових навантажень у поєднанні з буферним баком та резервним котлом.

6.2. Вибір резервного джерела тепла

Для забезпечення безперервного опалення свинарника в найскладніших кліматичних умовах обрано пелетний котел Marten Comfort Pellet MC – 40P із автоматичною подачею палива. Цей котел призначений для роботи в автономному режимі з мінімальною участю обслуговуючого персоналу, що є критично важливим для сільгосп об'єктів, де необхідно гарантувати стабільний мікроклімат без частого втручання.



Рис. 6.2. Пелетний котел Marten Comfort Pellet MC – 40P

Особливості котла Marten Comfort Pellet MC – 40P:

- Система самоочищення топки та теплообмінника, завдяки чому інтервали між технічним обслуговуванням подовжуються, а потреба у ручному очищенні мінімізується.
- Інтегрований контролер із можливістю налаштування робочих сценаріїв залежно від зовнішньої температури і стану акумулятора тепла.
- Система безпеки з автоматичним вимкненням у разі перегріву, недостатнього рівня тяги або нестабільних параметрів полум'я.

Обґрунтування вибору моделі МС – 40Р:

- Потужність котла цілком достатня для покриття залишкових втрат тепла, які не забезпечуються геотермальним тепловим насосом.
- Автоматична подача палива унеможливилює прив'язку до режиму роботи обслуговуючого персоналу та гарантує стабільність роботи.
- Модель пристосована до роботи в умовах підвищеної вологості та запилення, що характерно для тваринницьких приміщень, також конструкція котла передбачає захист від корозії.
- Інтеграція із загальною системою керування системи теплозабезпечення дозволяє координувати роботу котла з геотермальним насосом і буферним баком, що знижує кількість пусків і зупинок, продовжує строк служби обладнання та зменшує витрати на паливо.

Таблиця 6.2

Технічні характеристики пелетного котла Marten Comfort Pellet МС – 40Р

Назва	Од. вим.	Значення
Об'єм води в котлі	л	150
Номінальна потужність котла	кВт	40
Орієнтовна опалювальна площа	м ²	400
Паливо основне / альтернативне	-	пелети / дрова, вугілля
Площа поверхні теплообміну в котлі	м ²	4,4
ККД не менше	%	92
Тривалість роботи котла на одному завантаженні	г	3–7
Необхідна тяга димових газів	Па	20–25
Температура димових газів при виході з котла	°С	110–170
Рекомендована мінімальна температура води	°С	58
Максимальна температура води	°С	90
Номінальний (максимальний) тиск води	МПа (бар)	0,3 (3,0)

Таким чином, обраний пелетний котел Marten Comfort Pellet MC – 40P з автоматичною подачею палива є надійним резервним джерелом тепла, яке забезпечує безперервність роботи системи опалення свинарника у найхолодніші дні, знижує витрати на обслуговування і дозволяє зберегти енергетичний баланс, встановлений геотермальною підсистемою.

6.3. Вибір буферного баку

Буферний бак є ключовим компонентом інтегрованої системи теплозабезпечення свинарника, оскільки він акумулює теплову енергію від геотермального теплового насоса та резервного котла, забезпечує балансування навантажень і плавніший режим роботи основного обладнання. Для даного проєкту обрано акумулятор тепла Dražice NAD v4 1000 об'ємом 1000 л.



Рис. 6.3. Буферний бак Dražice NAD v4 1000

Обґрунтування вибору моделі Dražice NAD v4 1000:

- Об'єм 1000 л. Цього об'єму достатньо, щоб накопичувати надлишкову теплову енергію від геотермального насоса у теплі періоди та забезпечувати резервний підпит під час пікових навантажень.
- Дизайн з декількома теплообмінниками. Dražice NAD v4 1000 оснащено двома внутрішніми теплообмінниками (спіралями), що дозволяє під'єднати геотермальний насос до одного теплообмінника, а резервний котел — до іншого.
- Висока теплоізоляція. Корпус баку виконано з поліуретанової ізоляції, яка мінімізує втрати тепла у навколишнє середовище.
- Dražice NAD v4 1000 передбачає місця для встановлення температурних датчиків і під'єднання циркуляційного обладнання, що спрощує інтеграцію з системою керування тепловим контуром.
- Надійна конструкція та вбудовані елементи захисту. Бак виготовлений із вуглецевої сталі з антикорозійним покриттям, що гарантує тривалий строк служби в умовах підвищеної вологості і можливих коливань температур. Вбудовані запобіжні клапани та відводи дозволяють організувати безпечний випуск надлишкового тиску, що важливо в разі перевищення допустимого діапазону температур чи тиску.

Таблиця 6.3

Технічні характеристики буферного баку Dražice NAD v4 1000

Параметр	Значення
Вага	149 kg
Габарити	850 × 2060 cm
Об'єм	999 л
Максимальна температура	90 °C
Максимальний тиск	3 бар
Кількість ТЕНів	Немає (можна встановити)
Потужність ТЕНу	9, 12 кВт

Кількість теплообмінників	1
Площа теплообмінника	1,5 кв.м
Товщина ізоляції	80 мм

Вибір Dražice NAD v4 1000 як акумулятора тепла дозволяє створити достатню буферизацію енергії між джерелами і споживачами, забезпечити гнучку роботу геотермального насоса й резервного котла, а також унеможливити часті цикли увімкнення/вимкнення обладнання. Це сприяє підвищенню надійності системи, зменшенню зношування компонентів та підвищенню загальної енергоефективності теплозабезпечення свинарника.

6.4. Вибір калориферів

Для рівномірного обігріву приміщення свинарника обрано водяні калорифери марки Venkon XL 045 у кількості 8 одиниць. Параметри та обґрунтування вибору цих калориферів ґрунтуються на необхідності забезпечити достатній розподіл теплової енергії всередині будівлі з урахуванням геометрії приміщення, розташування віконних прорізів та специфічних теплових потоків від тварин.



Рис. 6.4. Калорифери Venkon XL 045

Обґрунтування вибору Venkon XL 045:

- Потужність: Кожен калорифер має номінальну теплову потужність близько 16 кВт за оптимальних умов подачі гарячої вод.
- Конструкція: Venkon XL 045 — це пластинчатий радіатор із алюмінієвого сплаву зі збільшеною теплообмінною поверхнею.
- Алюмінієвий сплав, з якого виготовлено калорифери, відзначається підвищеною корозійною стійкістю у системах теплоносія на основі води.
- До кожного калорифера передбачено встановлення термостатичного клапана, який дозволяє окремо контролювати подачу теплоносія залежно від локальних вимог температурного режиму у різних ділянках свинарника.

Таким чином, вибір 8 калориферів Venkon XL 045 забезпечує рівномірний тепловий режим у свинарнику, відповідає потребам у теплі та є оптимальним з точки зору експлуатаційної надійності та ефективності.

6.5. Вибір системи вентиляції

Вентиляція є невід'ємною частиною мікроклімату свинарника, оскільки забезпечує видалення надлишкової вологості, продуктів обміну тварин та підтримання оптимального вмісту кисню у повітрі. Для даного об'єкта обрано п'ять припливно – витяжні установки Вентс ВКП 700×400 М1 ЕС. Вони поєднують у собі високу продуктивність, низьке енергоспоживання та можливість точного регулювання потоку повітря, що є важливим для створення комфортного середовища і забезпечення здоров'я поросят.



Рис. 6.5. Припливно-витяжні установки Вентс ВКП 700×400 М1 ЕС

Обґрунтування вибору Вентс ВКП 700×400 М1 ЕС:

- Кожна установка здатна подавати до 5710 м³/год повітря та витягати таку саму кількість, що дозволяє організувати ефективну циркуляцію повітря у приміщенні об'ємом 2960 м³.
- Вентс ВКП оснащені електродвигунами з електронним керуванням (ЕС), які мають відмінний ККД і можливість плавного регулювання швидкості обертання вентилятора.
- Установки Вентс ВКП відзначаються низьким рівнем шуму під час роботи, що важливо для тварин, оскільки надмірний шум може викликати стрес та зниження продуктивності.
- У комплектацію входять фільтри класу G4, що затримують пил, шерсть, органічні частки та інші забруднення.
- Корпус виготовлено з антикорозійного алюмінієвого профілю та композитних панелей, що забезпечує довговічну експлуатацію і легку очистку.

Технічні характеристики Вентс ВКП 700×400 М1 ЕС

Параметр	Одиниця вимірювання	ВКП 700×400 М1 ЕС
Розмір підключення повітропроводу	мм	700×400
Мінімальна напруга живлення	В	230
Максимальна напруга живлення	В	230
Частота мережі живлення	Гц	50/60
Номінальна потужність	Вт	795
Максимальний струм	А	3,48
Максимальна продуктивність повітря	м ³ /год	5710
Рівень звукового тиску на відстані 3 м	дБ(А)	53
Вага	кг	42,2
Максимальна температура переміщуваного повітря	°С	50
Мінімальна температура переміщуваного повітря	°С	-25

Таким чином, вибір п'яти вентиляційних установок Вентс ВКП 700×400 М1 ЕС відповідає потребам свинарника в ефективній циркуляції повітря, контролі параметрів мікроклімату та забезпеченні комфортних умов для утримання поросят.

РОЗДІЛ 7

СХЕМА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Ефективна та надійна експлуатація системи теплотабезпечення свинарника ґрунтується на чіткому алгоритмі взаємодії всіх її компонентів, правильному налаштуванні керуючих параметрів і дотриманні основних принципів технічного обслуговування. У цьому розділі наведено загальні теоретичні положення щодо схеми експлуатації, характеристику режимів роботи обладнання, рекомендації з налаштування автоматики та базові правила моніторингу та обслуговування.

Система складається з геотермального теплового насоса NIBE F1345, буферного баку Dražice NAD v4 1000, резервного пелетного котла Marten Comfort Pellet MC – 40P, восьми водяних калориферів Venkon XL 045, а також п'яти припливно – витяжних установок Вентс ВКП 700×400 М1 ЕС. Основою правильної експлуатації є інтегрована система керування, що отримує інформацію з зовнішнього та внутрішніх датчиків і приймає рішення відповідно до заздалегідь налаштованої логіки.

Функціональне підключення NIBE F1345 передбачає взаємодію з технічною мережею ґрунтових зондів у такий спосіб:

- Підключення гідравлічного контуру насоса до глибоководних зондів із дотриманням рекомендованих виробником діаметрів та матеріалів труб, що забезпечує мінімальні гідравлічні втрати.

- Встановлення введеного фільтру та регулювальних клапанів на вході в насос для забезпечення захисту від забруднень та правильного розподілу теплоносія між окремими зондами.

- Підключення нагрітого теплоносія до буферного баку через високо ефективні теплообмінні спіральні з'єднання, що дозволяє оптимізувати передачу енергії та зводить до мінімуму теплові втрати на сполучних трубопроводах.

- Інтеграція системи керування насоса з зовнішнім температурним датчиком, що вимірює температуру ґрунту на виході з зондів і температуру вуличного

повітря, для автоматизації логіки керування: зміна обертів компресора залежно від потреби, активація резервного джерела при необхідності.

Підключення котла Marten Comfort Pellet MC – 40P до системи відбувається наступним чином:

- Котел розташовується у технічному приміщенні поруч з буферним баком, що мінімізує довжину трубопроводів і теплові втрати на підводі та відводі теплоносія.

- Подача теплоносія від котла до буферного баку здійснюється через теплообмінник із високим рівнем теплоізоляції, що дозволяє зберегти максимальну кількість нагрітої енергії.

- Встановлено зовнішній температурний датчик, який передає показники на контролер котла. Коли температура повітря падає нижче за встановлений поріг і тепловий насос не може власноруч підтримати необхідний рівень у буферному баку, контролер активує котел.

- Котел працює автоматично, регулюючи подачу палива зі шнеку залежно від заданого рівня температури в системі: при досягненні необхідної температури котел переводиться в режим підтримки меншої інтенсивності горіння.

Інтеграція Dražice NAD v4 1000 у систему:

- Розміщення. Бак встановлюється в технічному приміщенні поруч із тепловим насосом і твердопаливним котлом, що мінімізує довжини трубопроводів і теплові втрати.

- Гідравлічні підключення. Для геотермальної підсистеми використовується верхній теплообмінник (спіраль), що забезпечує передачу тепла від теплоносія, який надходить із зондів, до води всередині баку. Твердопаливний котел підключається до нижнього теплообмінника, що гарантує пріоритетну роботу геотермального насоса, оскільки підключений вище рівня акумуляції.

- Шлюзи контролю температури. У баці монтуються температурні зонди в зоні верхнього та нижнього теплообмінників для контролю стану акумуляції.

- Циркуляція теплоносія до споживачів. Після нагріву бак слугує джерелом для водяних калориферів, гаряча вода із верхньої зони баку транспортується до калориферів, а охолоджений теплоносій повертається в нижню частину баку.

Розташування калориферів у свинарнику:

- По 4 калорифери на кожній довгій стороні приміщення, розміщені під віконними прорізами. Це рішення дозволяє створити «тепловий екран» під вікнами, що знижує проникнення холодного повітря та компенсує додаткові втрати у зоні отворів.

- Калорифери встановлюються на висоті близько 30 см від рівня підлоги, що оптимально для рівномірного розподілу теплого повітря у зоні утримання поросят.

- Відстань між калориферами та стінами достатня для обслуговування та забезпечення доступу до термостатичних регуляторів.

Підключення до буферного баку:

- Кожний калорифер підключено окремою відгалуженням гідравлічної магістралі від буферного баку через групу насосів. Це дає змогу рівномірно розподіляти теплоносій по всіх восьми приладах.

- Використано ізольовані металополімерні труби для підведення і відведення теплоносія, що зменшує втрати тепла під час транспортування.

- Монтаж гідравлічної обв'язки передбачає байпасні клапани та балансувальні крани для налаштування оптимального потоку через кожен калорифер.

Розташування і інтеграція системи вентиляції:

- Всі п'ять вентиляторів встановлені на даху приміщення з рівномірним розміщенням по довжині будівлі для досягнення максимально рівномірного повітрообміну. Приплив і витяжка виконуються через окремі повітропроводи з запобіганням перетоку між каналами.

- Повітропроводи прокладаються під стелею свинарника з розгалуженнями до кожного монтажного вузла. Припливне повітря спрямовується через дифузори, розташовані в центральній частині приміщення, що забезпечує рівномірний розподіл свіжого повітря.

- Витяжні решітки встановлено в зоні стелі на відстані від калориферів, щоб відведення теплого повітря не впливало на зону перебування тварин безпосередньо.

- Система керування вентиляцією інтегрована з загальним контролером мікроклімату, який у реальному часі отримує дані з датчиків температури та вологості всередині приміщення і регулює швидкість вентиляторів. Коли зовнішня температура низька, об'єм припливного повітря зменшується, щоб уникнути надмірного охолодження, при підвищеній температурі або вологості — автоматично збільшується обмін.

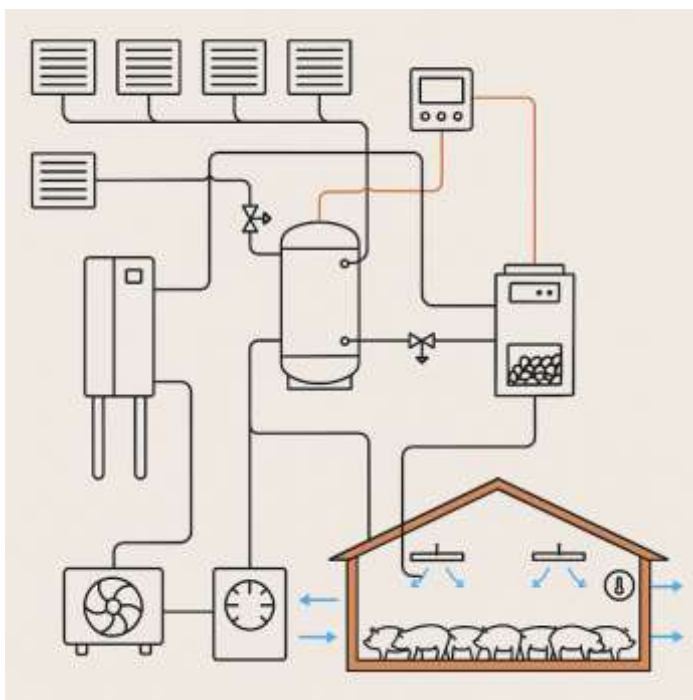


Рис. 7.1. Схема системи теплозабезпечення

Буферний бак Dražice NAD v4 1000 виконує роль «пульсу», згладжуючи різкі коливання навантажень. Норма підтримки температури в баку задається контролером: верхній датчик фіксує температуру у верхній зоні, нижній датчик — у нижній. При досягненні T1 значення 55 °C автоматика знижує частоту роботи теплового насоса, переводячи його в режим підтримки. Якщо T1 падає нижче 45 °C та одночасно зовнішня температура опускається за критичний поріг, включається котел Marten, який працює до підняття T1 до 60 °C. Після цього

пелетний котел переходить у режим «підтримки» — автоматично зменшує подавання палива до моменту стабілізації температури.

Водяні калорифери Venkon XL 045 під'єднані до верхньої частини буферного баку. Після нагріву теплоносії циркулює через калорифери завдяки циркуляційним насосам, які контролюються автоматикою на основі температури повітря у середині приміщення. Коли температура у зоні перебування тварин падає нижче заданого значення, контролер збільшує продуктивність циркуляційного насоса, спрямовуючи гарячу воду до калориферів. При досягненні $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ система знижує обсяги циркуляції.

Автоматизована система контролю мікроклімату включає датчики температури та вологості, розташовані у центрі приміщення на висоті 1,5 м, а також кілька додаткових зондів уздовж периметру. Датчики передають дані в центральний контролер, який керує частотою обертання компресора теплового насоса, запуском чи зупинкою котла Marten, роботою циркуляційних насосів та вентиляційних установок. Вентилятори Вентс ВКП працюють у двох режимах: «економічний» та «інтенсивний». Об'єм припливного повітря автоматично регулюється згідно з показниками вологості, щоб уникнути надлишкової сухості чи підвищеної вологості.

Визначити початковий температурний поріг увімкнення і температурний поріг переходу в економічний режим. Налаштувати алгоритм захисту компресора від частих циклів увімкнення/вимкнення. Тепловий насос вмикається коли $Q_{\text{потр}} = 0$, приміщення підтримує лише внутрішнім теплом. Визначимо температуру $t_{\text{огр}}$:

$$t_{\text{огр}} = t_{\text{в}} - \frac{Q_{\text{тв}} - Q_{\text{інф}}}{\frac{Q_{\text{огр}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{о}}} + 0,278 \cdot L}, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (7.1)$$

- $t_{\text{в}}$ – внутрішня температура, $^{\circ}\text{C}$;
- $t_{\text{о}}$ – температура найхолоднішої п'ятиденки, $^{\circ}\text{C003В}$
- $Q_{\text{тв}}$ – теплота яка виділяється твариною, Вт;
- $Q_{\text{інф}}$ – втрати теплоти на інфільтрацію, Вт;
- $Q_{\text{ог}}$ – сумарні тепловтрати огороджувальних конструкцій, Вт;

– L – годинний об'єм припливного повітря в опалювальний період.

$$t_{\text{огр}} = 18 - \frac{111720 - 9745,7}{\frac{32485,7}{18 - (-22)} + 0,278 \cdot 12600} = -5,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отже, при зовнішній температурі нижче $-5,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ починає працювати тепловий насос.

Програмування котла Marten Comfort Pellet MC – 40P: Встановити поріг зовнішньої температури для автоматичного запуску. Температурний поріг встановлюється за бівалентною точкою, рис. 7.2.

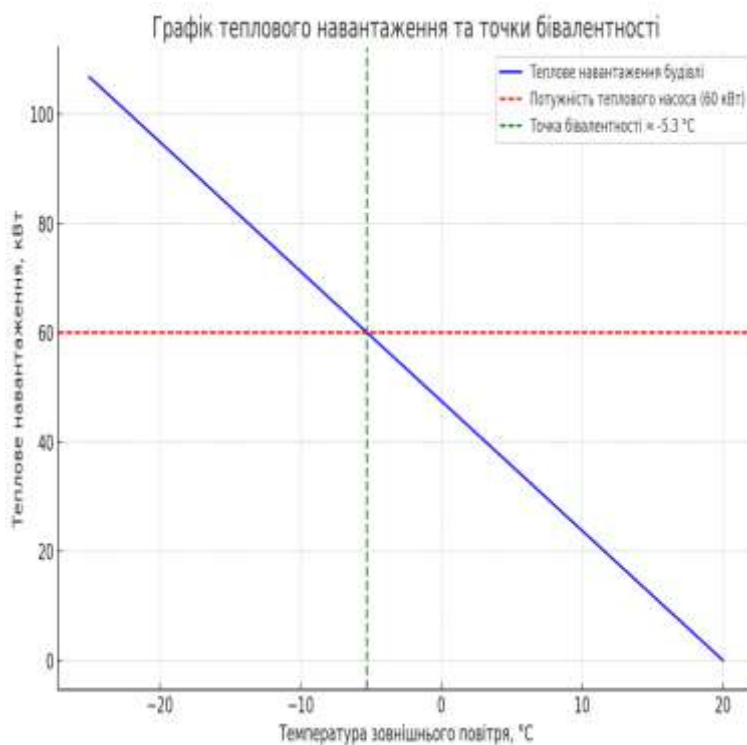


Рис. 7.2. Графік точки бівалентності

На графіку зображено залежність теплового навантаження будівлі від температури зовнішнього повітря. Зеленою пунктирною лінією позначено точку бівалентності: при температурі $-7,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ тепла потужність теплового насоса стає недостатньою, тому вмикається резервне джерело теплоти для покриття додаткового навантаження. Налаштувати параметри подачі палива таким чином,

щоб підтримувати температуру у верхній зоні теплоаккумулятора 50–60 °С. Забезпечити активацію захисту від перегріву та перепаду тисків у магістралі.

Регулювання буферного баку: Підключити верхній і нижній температурні датчики до контролера. Встановити режими циркуляції: якщо $T1 \geq 60$ °С — знизити продуктивність насоса, якщо $T1 \leq 45$ °С — активувати котел.

Налаштування калориферів: Встановити балансувальні крани на кожному калорифері для рівномірного розподілу теплоносія. Під'єднати термостатичні клапани та налаштувати граничні значення: увімкнення при +17 °С і вимкнення при +19 °С.

Конфігурація вентиляції: Програмування контролера вентиляції з урахуванням температурних та вологісних порогів. Задати мінімальний об'єм повітрообміну в холодну пору і максимальний об'єм у спекотні або вологі дні.

Режими експлуатації та технічне обслуговування:

- Щоденний моніторинг: Перевірка показників внутрішньої температури та вологості, стану роботи теплового насоса, рівня палива в бункері котла, температури у верхній і нижній зонах буферного баку, роботи вентиляторів.

- Щотижнева перевірка: Огляд поверхонь калориферів, очищення пилу та осаду. Перевірка герметичності фітингів у магістралі, огляд стану ізоляції труб. Тестування аварійного відключення котла при перегріві.

- Щомісячне обслуговування: Очищення теплообмінника котла Marten, заміна або промивання фільтрів на входних трубопроводах теплового насоса, перевірка стану ізоляції буферного баку та герметичності його патрубків.

- Сезонне техобслуговування: Перед початком опалювального сезону — запуск діагностики компресора насоса, перевірка герметичності геоконтурів, калібрування зовнішніх датчиків температури. Перед завершенням опалювального сезону — проведення тесту на витоки, промивання контурів і підготовка котла Marten до тривалого простою.

- Щорічна перевірка: Проведення повної діагностики системи керування, оновлення програмного забезпечення контролера, огляд стану баку – мембрани та

антикорозійного покриття Dražice. Регламентна перевірка датчиків, автоматичних клапанів і насосного устаткування.

Схема експлуатації системи теплозабезпечення свинарника передбачає поетапний запуск усіх компонентів, синхронізацію роботи за сигналами датчиків і чітку взаємодію між геотермальною підсистемою та резервним котлом. Дотримання рекомендацій із налаштування, регулярний моніторинг і технічне обслуговування гарантують безпечну та енергоефективну експлуатацію системи протягом усього опалювального періоду.

ВИСНОВКИ

У роботі проаналізовано особливості теплозабезпечення свинарників і доведено доцільність застосування комбінованої системи на основі геотермального теплового насоса та резервного котла на пелетах. Такий підхід забезпечує сталу подачу теплової енергії навіть у пікові періоди споживання та дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати.

Було визначено загальні теплові потреби свинарника, які становлять 100 кВт, із урахуванням тепловтрат через огорожувальні конструкції, вентиляцію, інфільтрацію та випаровування вологи. При цьому тепловиділення тварин становить понад 111 кВт, що частково компенсує потребу в додатковому нагріві.

Розроблена тепла схема включає тепловий насос NIBE F1345 потужністю 60 кВт, 14 вертикальних зондів глибиною 95 м, буферний бак об'ємом 1000 л та пелетний котел Marten Comfort Pellet MC – 40P потужністю 40 кВт. Геотермальний насос покриває до 60% потреби в теплі, решта — забезпечується резервним котлом у холодний період. Буферний бак дозволяє накопичувати надлишок тепла та стабілізувати роботу системи.

В якості теплопередавальних приладів обрано 8 водяних калориферів Venkon XL 045, рівномірно розміщених у приміщенні, що гарантує ефективне зональне опалення. Також підібрано 5 припливно-витяжних вентиляційних установок Вентс ВКП 700×400 М1 ЕС, які забезпечують необхідний повітрообмін у межах 27720 м³/год влітку та 12600 м³/год взимку.

Запропонована система теплозабезпечення дозволяє повністю відмовитися від викопного палива, знизити експлуатаційні витрати на понад 30% порівняно з традиційними джерелами та мінімізувати екологічний вплив. Вона може бути адаптована до будь-яких тваринницьких об'єктів із подібним рівнем навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6 – 31:2021 «Теплова ізоляція будівель» – Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. – 27 с.

https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3075196638495507996?doc_type=2

2. ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання» – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 156 с.

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98995

3. ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. – 63 с.

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=98996

4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «БУДІВЕЛЬНА КЛІМАТОЛОГІЯ» – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.

https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_27_2010/5-1-0-929

5. ВНТП-АПК-02.05 «Свинарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми)» – Київ: Міністерство аграрної політики України, 2005. – 98 с.

https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25898

6. Drazice. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://drazice.com.ua/>

7. Marten. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://marten.ltd/>

8. Kampmann. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.kampmanngroup.com/>

9. Vents. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://vents.ua/>