

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

ПОГОДЖЕНО

Директор Навчально-наукового
інституту енергетики, автоматики
і енергозбереження _____

Віктор КАПЛУН

(підпис)

(ПІБ)

“ ” 20_ р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри
інженерії енергосистем

Євген АНТИПОВ

(підпис)

(ПІБ)

“ ” 20_ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка автономної системи енергозабезпечення тваринницької ферми
ПСП «Відродження» Уманського району Черкаської області»

Спеціальність

144 – «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітня програма

Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент

(назва)

Орієнтація освітньої
програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Горобець В.Г.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Міщенко А.В.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

Шаціло А.М.

(підпис)

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2025

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інженерії енергосистем

Є.О.Антипов

канд.техн.наук. доцент

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПБ)

“ ” 20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Шаціло Андрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

144 – «Теплоенергетика»

(код і назва)

Освітня програма

Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи:

«Розробка автономної системи енергозабезпечення тваринницької ферми
ПСП «Відродження» Уманського району Черкаської області

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

Термін подання завершеної роботи на кафедру

11.11.2025 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

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

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Характеристика господарства, як об'єкта енергопостачання.
2. Розрахунок теплового навантаження та вибір опалювально-вентиляційного устаткування для тваринницької ферми.
3. Проектування геліоводонагрівного обладнання
4. Електропостачання господарства.
5. Охорона праці.

Дата видачі завдання “ 20 ” 11 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Міщенко А.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Шаціло А.М.

(прізвище та ініціали студента)

РЕФЕРАТ

В магістерській роботі розглядаються питання по енергозабезпечення тваринницької ферми ПСП "Відродження" Уманського району Черкаської обл. До складу тваринницької ферми входить телятник на 175 голів та ряд будівель, адміністративного та технологічного призначень.

В роботі аналізуються такі питання:

- характеристика тваринницького комплексу як об'єкта, що споживає різнотипні види енергії;
- тепловий баланс телятника для холодного періоду року; Розраховується на основі теплового балансу основних теплотехнічних параметрів та вибір теплового обладнання для тваринницького комплексу, визначення показників споживання теплової енергії в опалювальний сезон для телятника на 175 голів; розрахунок системи сонячного гарячого водопостачання для здійснення технологічних процесів,
- розробка та вибір обладнання для системи сонячного гарячого водопостачання з додатковим нагрівом води для потреб господарства,
- розрахунок системи електропостачання для тваринницького комплексу,
- охорона праці.

Ключові слова: теплове навантаження, тепла ізоляція, гаряче водопостачання; геліоколектор , термічний опір, теплопровідність роз'єднувач, комплектна трансформаторна підстанція,

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	5
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. Характеристика господарства	8
РОЗДІЛ 2. Розрахунок теплової потужності та вибір опалювально-вентиляційного устаткування тваринницької ферми	12
2.1. Норми проектування тваринницьких приміщень	12
2.2. Тепловий баланс телятника для холодного періоду	14
2.3. Теплові надходження до будівлі ферми	16
2.4. Теплові втрати будівлі ферми	17
2.5. Розрахунок та вибір калориферної установки	23
2.6. Комплект обладнання „КЛІМАТ – 4”	29
РОЗДІЛ 3. Розрахунок системи сонячного гарячого водопостачання для телятника на 175 голів	33
3.1. Використання сонячної енергії	33
3.2. Вибір сонячної водо нагрівної установки	37
3.3. Техніко – економічні показники	49
РОЗДІЛ 4. Електропостачання ферми.	52
4.1. Визначення розрахункових навантажень	52
4.2. Розрахунок повітряної лінії 0,38 кВ	55
4.3. Робота апаратури захисту в аномальних режимах	58
РОЗДІЛ 5. Охорона праці	63
5.1. Аналіз стану охорони праці на об’єкті проектування	65
5.2. Безпечність об’єктів проектування	66
5.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу	68
5.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів	69
5.5. Розрахунок і вибір елементів заземлюючого пристрою	71
5.6. Блискавкозахист виробничих приміщень	79
5.7. Система протипожежного захисту на об’єкті проектування	80
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	84

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- $Q_{об}$ – річні витрати тепла на опалення;
- $Q_{ГВ}$ – річні витрати тепла на гаряче водопостачання;
- α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·°С);
- λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°С);
- R – коефіцієнт опору теплопередачі, (м²·К)/Вт;
- δ – товщина шару, м;
- G – масові витрати теплоносія, кг/год;
- h – питома ентальпія, кДж/кг;
- l – питома робота, кДж/кг; q – питома теплота, кДж/кг;
- d – діаметр трубопроводу, м;
- l – довжина, м;
- ρ – густина, м³;
- t – температура повітря, °С;
- t_r – температура гарячої води, °С;
- t_o – температура охолодженої води, °С;
- h – висота, мм;
- g – прискорення вільного падіння, м/с²;
- Q_n – тепловтрати приміщення, Вт;
- B – витрата палива, кг/с; м³/с;
- C – питома теплоємність, кДж/(кг·°С);

ВСТУП

Сільське господарство як галузь має низку особливостей, що значною мірою визначають результати діяльності аграрних підприємств. Водночас, як і в інших галузях народного господарства, тут діють загальні економічні закони, хоча вони виявляються саме з урахуванням цих специфічних особливостей. Пізнання, урахування особливостей і вміле застосування механізму дії законів можуть мати значний позитивний вплив на ефективність господарської діяльності аграрних підприємств.

Особливість полягає в тому, що засобами виробництва тут є живі організми -рослини і тварини, які розвиваються згідно з біологічними законами. Тому в сільському господарстві дія економічних законів тісно переплітається з дією природних законів.

Працюючі не мають постійного місця роботи. Механізатори виконують різні види робіт (посів, догляд, заготівля кормів, збирання врожаю) і тому вузької спеціалізації у них не існує, окрім персоналу що працює в сфері догляду за тваринами.

Зазначені особливості практично не можуть бути ліквідовані й вимагають всебічного аналізу та їх урахування при формуванні матеріально-технічної бази підприємства, організації й управлінні виробництвом, визначенні економічної ефективності використання виробничих ресурсів з метою збільшення обсягів виробництва продукції та її здешевлення.

У сільськогосподарському виробництві найширше використовується енергія сонячного випромінювання (ЕСВ). Сільське господарство об'єктивно має сприятливі умови для використання ЕСВ не лише з огляду на ще поки що низький рівень забруднення атмосфери, але насамперед з огляду на досить високу потребу в низькотемпературних джерелах енергії в галузі. Істотним чинником є також загальна відповідність у часі виникнення потреби в зазначеній тепловій енергії та можливості одержання ЕСВ упродовж року.

Комплексна електрифікація – це вища економічно ефективніша і раціональна стадія електрифікації виробничих процесів. Вона передбачає гармонійне поєднання прогресивної машинної технології виробництва, автоматизованої системи електрифікованих машин, раціональної організації праці і виробництва при всебічному використанні електроенергії.

Найважливіші економічні показники роботи сільськогосподарських підприємств багато в чому залежать від надійної і економічної системи експлуатації електрообладнання, що використовується в специфічних умовах сільського господарства.

Для досягнення даного рівня електрифікації виробничих процесів необхідні висококваліфіковані спеціалісти. Зростають вимоги до підготовки техніків-електриків для сільського господарства. Вони повинні досконало знати електрообладнання, вміти грамотно його обслуговувати.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА

Згідно з даними Єдиного державного реєстру юридичних осіб, фізичних осіб-підприємців та громадських формувань, на 19.03.2025 ПСП «Відродження» зареєстровано за адресою: Черкаська обл., Уманський р-н, село Вороне, вул. Миру, будинок 68.

Виробничий напрямок господарства – зерновий. Також розвинене тваринництво.

Фінансові показники за 2021-2024р.р.:

	2024	2023	2022	2021
Дохід	136 484 000 ₴	94 360 000 ₴	83 690 000 ₴	90 679 000 ₴
Чистий прибуток	12 474 000 ₴	153 000 ₴	12 397 000 ₴	30 157 000 ₴
Активи	104 837 000 ₴	131 564 000 ₴	121 998 000 ₴	96 766 000 ₴
Зобов'язання	3 110 000 ₴	41 804 000 ₴	32 081 000 ₴	20 751 000 ₴
Середня зарплата до оподаткування	15 771 ₴	13 567 ₴	11 795 ₴	11 621 ₴
Кількість працівників	60	61	58	58

За три квартали 2025 року:

Дохід	67 543 000 ₴
Чистий прибуток	16 478 000 ₴
Активи	153 966 000 ₴
Зобов'язання	35 882 000 ₴
Кількість працівників	62

Грунтово-кліматичні умови сприяють вирощуванню високих врожаїв сільськогосподарських культур, районованих в даній зоні.

Територія ПСП має неоднорідний горбистий рельєф. Клімат помірно-континентальний. Найбільш поширені ґрунти господарства: чорноземи типові, дерново-підзолисті, осушені глинисто-піщані, малогумусні середньосуглинкові.

Основна увага в тваринництві приділяється великій рогатій худобі. Загальне поголів'я ВРХ становить 445 голови, в тому числі 175 голів складає

молочне стадо. Надій молока на одну корову в середньому становить 4900 л в рік.

Провідне місце займають галузі рослинництва, тваринництва займає електрифікація, механізація та переробка сільськогосподарської продукції.

Особлива увага в господарстві приділяється електрифікації виробничих процесів. Вона забезпечує безперебійну роботу інших галузей, підвищення продуктивності праці, заощадження за рахунок зниження собівартості продукції за рахунок електрифікації та автоматизації процесів.

Для обслуговування існуючого обладнання в господарстві наявна електротехнічна служба. Електротехнічну службу очолює технік – електрик.

До складу цієї служби входять також два електромонтери. Вони забезпечують надійну експлуатацію і ремонт електрообладнання, внутрішніх електропроводок та електроустановок.

На балансі господарства на 01.06.25 працює 87 електродвигунів, понад 50 автоматичних вимикачів, близько 90 магнітних пускачів, 4 водонагрівачі потужністю по 12 кВт, та інше обладнання для забезпечення технологічних процесів.

Відповідальність за електроустаткування несе технік-електрик. В його обов'язки входить підтримання електрообладнання в безперебійному справному стані. Господарством за минулий рік використало 1400 тис. кВт*год електроенергії.

Трансформаторну підстанцію та лінію електропередачі, що живить його, обслуговують районні відділки РЕМ.

В даному господарстві застосовують стійлово-пасовищну систему утримання тварин. Тобто взимку тварини утримуються в приміщеннях, а влітку випасають на пасовищі, яке знаходиться неподалік від ферми.

В приміщенні тварин утримують прив'язним способом. Ще дає можливість нормувати годівлю, роздавати корми та спостерігати за станом здоров'я. Цей вид утримання потребує комплексного забезпечення усім необхідним на місці їх постійного перебування, тобто в стійлі.

Прив'язне утримання унеможлиблює створення для тварин нормального повітряно-світлового режиму. Із-за недосконалої конструкції будівлі, відсутності штучної вентиляції у телятнику підвищена вологість, а повітря містить більше від норми аміаку та вуглекислоти.

В зимовий час тварини майже не опромінюються ультрафіолетовими променями, під дією якого утворюється вітамін D, що безпосередньо бере участь у регулюванні мінерального обміну в організмі тварини.

Прив'язне утримання потребує більше затрат праці на роздавання кормів, доїння та прибирання гною.

В телятнику застосовується однозмінна організація праці. Телят доглядають шість осіб. Персонал протягом дня має дві перерви.

Для нормального функціонування телятника є такі приміщення : телятник, кормоцех, кормо сховище, котельня, ветеренарна будівля, склади підстилки та інше, які знаходяться на території господарства.

В даному дипломному проекті впроваджується комплексна електрифікація та автоматизація технологічних процесів телятника, розрахованого на 175 голів. Проектований телятник має довжину 51 метрів , ширину 16 метрів і висоту 3,2 метри.

Оскільки тварин утримують прив'язним способом то стійло обладнують прив'яззю, годівницею, напувалкою, системами прибирання гною.

Приміщення телятника обладнане системою освітлення. В темну пору доби освітлення здійснюється лампами розжарення які вмонтовані в світильники типу НСП.

Гній прибирається двома скребковими транспортерами, і похилими транспортером видаляється з приміщення на причіп автотранспорту.

Роздачу кормів здійснюється кормороздавачем. Приготовані в кормоцеху корми автотранспортом доставляють до телятника і кормороздавачами доставляють в годівниці.

Забезпечення технологічних процесів здійснюється завдяки водонапірній башті. Від башти транспортується трубопроводами до телятника та інших об'єктів.

Електропривод в телятнику, як і в більшість інших технологічних процесів сільськогосподарського виробництва, працює в агресивному середовищі, параметри якого відхиляються від встановлених норм роботи електродвигунів апаратури захисту та управління. До таких параметрів належать: концентрація вуглекислого газу, сірководню, аміаку; підвищена вологість повітря; значні коливання температури. Сукупна дія цих факторів викликає поступове руйнування ізоляцій електрообладнання.

Вологе середовище, яке містить агресивні гази, пришвидшує корозію електричних контактів і конструктивних елементів електроустаткування та апаратів. Внаслідок чого збільшується перехідний опір, підвищується нагрів, що викликає ще більшу корозію і порушення електричних контактів.

Внаслідок такої експлуатації термін служби електрообладнання знижується в кілька раз. В процесі дипломного проектування я вибиратиму електрообладнання та електроустаткування сільськогосподарського призначення.

Частина процесів, що протікають в телятнику, є автоматизованими, а частина електрифікованими. До автоматизованих процесів належать: часткове водопостачання, годування. Електрифікованими процесами є освітлення, прибирання гною.

Напуваються телята за допомогою жолобкових напувалок, вода підводиться через систему трубопроводів. Роздача кормів здійснюється кормороздавачем типу РВК-Ф-74.

Недоліком в схемах керування є відсутність пристроїв захисту електрообладнання від ненормальних та аварійних режимів їх роботи. В більшості випадків керування здійснюється тільки кнопковим постом з магнітним пускачем, без пристроїв захисту.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ВИБІР ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОГО УСТАТКУВАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

2.1. Норми проектування тваринницьких приміщень.

Максимальну потужність системи опалення та вентиляції визначають розрахунками повітрообміну і теплового балансу приміщення де утримується поголів'я для холодної пори року в залежності від нормованих параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря, вуглекислого газу, кількості теплоти та водяної пари, які виділяють тварини.

Згідно нормам проектування системи опалення [9], місце розташування фермерського господарства (Черкаська область) відноситься до кліматичної зони, параметри навколишнього середовища наведені в таблиці 2.1.

Розрахункові параметри навколишнього середовища приймаємо згідно діючих норм [9]:

при проектуванні опалення – параметри Б;

при проектуванні вентиляції :

- для холодного періоду – параметри Б – в будівлях для великої рогатої худоби і телят. Для районів з температурою найбільш холодних 5-ти діб нижче – 10 °С; 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, волого, тепло та газовиділення тварин приймаються згідно нормам проектування тваринницьких приміщень [9]. Відхилення від розрахункових температур в границях $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Розрахункові параметри зовнішнього повітря при проектуванні системи вентиляції та опалення будівель для Черкаської області [9].

Таблиця 2.1. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Найменування параметру	Період року	
	теплий	холодний
Географічна широта, град. с. ш.	51	
Барометричний тиск, ГПа	990	
Зона клімату	нормальна	
Тривалість опалювального періоду, доба	187	
Середня температура за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$	-1,1	
Параметр А:		
– температура, $^{\circ}\text{C}$	23,7	-10
– теплоємність, кДж/кг	53,6	-6,7
– швидкість вітру, м/с	1,0	5,3
Параметр Б:		
– температура, $^{\circ}\text{C}$	28,7	-22
– теплоємність, кДж/кг	56,1	-20,7
– швидкість вітру, м/с	1,0	4,2

Приміщення де утримуються телята повинне оснащуватися вентиляцією, яка забезпечить такі норми (мінімальні) повітрообміну (на 100 кг маси тварин) [9]:

- в холодний період року:
 - для дорослих тварин – $15 \text{ м}^3/\text{год}$;
 - для телят – $18 \text{ м}^3/\text{год}$;
- в теплий період року:

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

Нормативні значення відносної вологості та температури внутрішнього повітря виробничих приміщень де утримуються телята наведені в таблиці 2.2, а значення шкідливих виділень деяких груп телят – таблиці 2.3.

Необхідні параметри внутрішнього повітря мають бути забезпечені в нормованій робочій зоні утримання тварин. Цю висоту, в даному випадку для телят приймають на рівні 1,5 м.

Нормовані параметри мікроклімату в таблицях 2.2- 2.3 наведені для перехідного та холодного періоду року (при температурі зовнішнього повітря до +10 °С). В теплий період року (+10 °С і вище) температура повітря всередині приміщення, де утримуються телята, не повинна бути більш ніж на 5 °С перевищувати літню температуру зовнішнього повітря (розрахункову) для проектування вентиляції.

Відносну вологість повітря в телятнику дозволяється знижувати до 40%; при цьому потрібно забезпечити всі інші параметри внутрішнього повітря, передбачені номами.

2.2. Тепловий баланс телятника для холодного періоду.

Розрахункова потужність системи опалення ферми ведеться для повітряного опалення, яке сумісне в теплий період року з системою примусової припливно-витяжної вентиляції.

Вихідні дані для розрахунку системи вентиляції та опалення тваринницької ферми:

- тип тваринницької ферми – телятник;
- маса тварини – 200 кг;
- кількість голів – 175;

- тип системи опалення – повітряна, яка сумісна з припливно-витяжною вентиляцією;
- технічні параметри будівлі:
 - робочий об'єм – 2612 м³;
 - площа поверхні – 816 м²;
 - висота стелі – 3,2 м;
- розрахункові параметри зовнішнього повітря:
 - температура $t_o = -22$ °С;
 - відносна вологість $\phi_o = 70\%$;
- розрахункові параметри внутрішнього повітря:
 - температура $t_b = 15$ °С;
 - відносна вологість $\phi_b = 60\%$.

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

$$Q_o = Q_{т.втр} + Q_v + Q_{вип} + Q_{інф} - Q_{тв} - Q_{осв}, \quad (2.1)$$

де $Q_{т.втр}$, кВт – теплові втрати приміщення через огороджувальні будівельні конструкції;

Q_v , 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;

2.3. Теплові надходження до будівлі ферми.

2.3.1 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 $t_b = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ $K_t' = 0,90$ [9];

q , Вт – тепловий потік вільних тепловиділень однією твариною; згідно даних таблиці 2.3 $q = 530$ Вт ;

n – кількість голів; $n = 175$.

$$Q_{мс} = 0,90 \cdot 530 \cdot 175 \cdot 10^{-3} = 83,4 \text{ кВт.}$$

2.3.2 Теплові надходження від електроосвітлення $Q_{осв}$, кВт, приймаємо згідно розрахунків системи електроосвітлення приміщення ферми (розділ 3 дипломного проекту)

$$Q_{осв} = 8,925 \text{ кВт}$$

Розрахункові параметри внутрішнього повітря
в приміщеннях для утримання ВРХ і телят[9]

Таблиця 2.2

Групи тварин	Спосіб утримання	t_b , °C	Φ_b , %
Корови, телята старші року, бики	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'язний	12	40...75

Таблиця 2.3
Виділення теплоти, вологи та вуглекислого газу
деякими групами корів [9]

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

2.4. Теплові втрати будівлі ферми.

2.4.1 Теплова потужність системи опалення потрібна для підігріву вентиляційного повітря Q_v , Вт, визначається за формулою:

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

де c_p , кДж/(кг·К) – питома ізобарна теплоємність повітря; $c_p = 1,0$ кДж/(кг·К)

ρ , кг/м³ – густина внутрішнього повітря;

L , м³/год – витрати вентиляційного повітря;

t_v , t_o , °C – розрахункові температури припливного (підігрітого) та зовнішнього повітря.

Визначимо потрібну кількість вентиляційного повітря для видалення шкідливих речовин, що виділяються в приміщенні ферми від тварин.

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

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

де K_t'' – температурний коефіцієнт вологих виділень; при $t_b = 12 \text{ }^\circ\text{C}$ $K_t'' = 1,26$ [9];

W , г/год – вологі виділення однієї тварини; $W = 303$ г/год [9];

Для проектування телятника маємо;

$$W_{\text{тж}} = 1,26 \cdot 303 \cdot 175 \cdot 10^{-3} = 66,8 \text{ кг/год.}$$

Кількість вуглекислого газу V_{CO_2} , л/год, який виділяється тваринами, визначається наступним шляхом;

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

де K_t''' – нормований температурний коефіцієнт виділень вуглекислого газу; $K_t''' = 1,10$ [9];

V_{CO_2}' , л/год – кількість вуглекислого газу, що виділяється однією твариною; $V_{\text{CO}_2}' = 110$ л/год [9];

Для вихідних даних маємо

$$V_{\text{CO}_2} = 1,10 \cdot 110 \cdot 175 = 21175 \text{ л/год.}$$

Витрата повітря на вентиляцію $L_{\text{В}}$, м³/год, визначаємо за умови видалення з приміщення;

– водяної пари

$$L_{\text{В}} = \frac{W}{\rho \cdot (d_{\text{В}} - d_{\text{О}})}, \quad (2.6)$$

де W , г/год – сумарні вологих виділень всередині приміщення;

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

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

Сумарні вологі виділення в приміщенні W , г/год, визначаються за формулою

$$W = W_{\text{ТВ}} + W_{\text{М.П.}}, \quad (2,7)$$

де $W_{\text{М.П.}}$, г/год – волого виділення всередині приміщення з відкритих та змочених поверхонь; допускається приймати $W_{\text{М.П.}} = 1,1 \cdot W_{\text{ТВ}}$

Тоді

$$W = 1,1 \cdot W_{\text{ТВ}} = 84 \text{ кг/год.}$$

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

$$d_v = 5 \text{ г/(кг с.п.);}$$

$$d_o = 0,5 \text{ г/(кг с.п.).}$$

Витрати вентиляваного повітря, які необхідні для видалення з приміщення вологості дорівнюють:

$$L_o = \frac{84000}{1,2 \cdot (5 - 0,5)} = 15556 \text{ м}^3/\text{год};$$

– вуглекислого газу

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

де $C_{\text{гр}}$, л/м³ – гранично допустима кількість вуглекислого газу всередині приміщення; згідно [9] $C_{\text{гр}}$ можна прийняти $C_{\text{гр}} = 2$ л/м³;

C_o , л/м³ – концентрація вуглекислого газу в припливному повітрі; приймаємо $C_o = 0,3$ л/м³ [9].

$$L_6 = \frac{21175}{2 - 0,3} = 12455 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрати припливного повітря згідно норм мінімального повітрообміну розраховуються так:

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

де l , м³/год – норми мінімального повітрообміну на 1 ц маси однієї тварини; для холодного періоду року в комплексах ВРХ $l = 15$ м³/год;

m , ц – маса тварин; $m = 200$ ц.

Згідно нормам мінімального повітрообміну необхідні витрати вентилязованого повітря дорівнюють:

$$L_6 = 18750 \text{ м}^3/\text{год.}$$

З трьох розрахункових величин витрат вентиляційного повітря приймаємо найбільшу:

$$L_6 = 18750 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За формулою (2.3) визначаємо теплову потужність системи на підігрів припливного повітря:

$$Q_B = 176932 \text{ Вт} = 176,932 \text{ кВт}$$

2.4.2 Теплові втрати системи опалення пов'язані з випаровуванням вологи з відкритих та зачених поверхонь в робочому приміщенні $Q_{\text{вип}}$, кВт, визначається за формулою:

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

Для умов проекту:

$$Q_{\text{вип}} = 57,96 \text{ кВт.}$$

2.4.3 Теплові витрати через огорожувальні конструкції розраховуються з урахуванням таких технологічних характеристик будівлі ферми:

- габарити приміщення ферми (за зовнішніми замірами): 51,0 x 16,0 м²;
- об'єм приміщення в якому утримуються тварини: 2612 м³;

Теплові втрати фермерської будівлі $Q_{\text{т.втр.}}$, кВт, розраховується за допомогою укрупнених показників:

$$Q_{\text{м.втр.}} = q_{\text{ов}} \cdot V \cdot (t_{\text{е}} - t_{\text{о}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.11)$$

де $q_{\text{ов}}$, Вт/(м³·К) – питома характеристика будівлі в опалювальний період; для вихідних умов проектування, відповідно [9], $q_{\text{ов}} = 1,06$ Вт/(м³·К).

$$Q_{\text{м.втр.}} = 1,06 \cdot 2612 \cdot (15 - (-22)) \cdot 10^{-3} = 102,442 \text{ кВт.}$$

2.4.4 Теплові втрати будівлі для підігріву припливного повітря $Q_{\text{інф}}$, кВт, на основі нормованих проектів тваринницьких комплексів [9] рекомендовано приймати на рівні 30% від теплової втрати через огорожувальні конструкції:

$$Q_{\text{інф}} = 0,30 \cdot Q_{\text{т.втр.}} = 49,7 \text{ кВт.}$$

З рівняння теплового балансу фермерської будівлі (2.1) для холодного періоду року розрахункові параметри внутрішнього та зовнішнього повітря визначаємо максимальну теплову потужність системи опалювальної системи, яка сумісна з системою вентиляції

$$Q_{\text{овс}}, \text{ кВт}$$

Таблиця 2.4. Теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій фермерської будівлі

Умовне позначення та найменування огорожувальної конструкції, основні складові	Параметри		
	δ_i , м	λ , Вт/(м·К)	δ_{Σ} , м
Зовнішня стіна (ЗС):			
– кладка в 2 цегли на цементному розчині	0,510	0,810	0,525
– внутрішня штукатурка	0,015	0,930	
Перекрыття (СТ):			
– залізобетонна плита	0,035	1,630	0,200
– настил з дощок	0,025	0,170	
– пароізоляція з рубероїду	0,0015	0,170	
– утеплювач – мінеральна вата	0,140	0,070	
Підлога (ПЛ):			
– плита керамзитобетонна	0,150	0,350	0,350
Вікно у дерев'яній коробці (ВП):			
– подвійне застління	0,050		0,050

Таблиця 2.5. Розрахункові втрати тепла будівлі через огорожувальні конструкції:

№	Позначення конструкції	R_o , (м ² ·К)/Вт	n	N	$Q_{\text{дод}}, \%$		$Q_{\text{ог.кон.}}$, 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:						3,861
	– I зона	2,580	1,0	1	–	–	
	– II зона	4,730					
– III зона	9,030						
ВСЬОГО:							28,993

$$Q_{\text{овс}} = 345,932 \text{ кВт.}$$

2.5. Розрахунок та вибір калориферної установки.

Припливне повітря для опалення та вентиляцій нагрівається в водяних калориферах. Первинним теплоносієм використовується гаряча вода від водогрійної котельної.

В якості основного теплообмінника опалювально-вентиляційної системи приймаємо пластинчастий калорифер типу КФС. Калорифер такого типу випускаються двох моделей: середньої потужності КФС-С та великої потужності КФС-П і мають чотири рядки труб наповненими теплоносієм за ходом руху повітря; трубки з водою розташовані за коридорно-зміщеним типом (осі труб зміщені по відношені одна від одної на 0,5 діаметра).

Вихідні дані по розрахунку калориферної установки:

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

– температура нагрітого (припливного) повітря $t_{\text{го}}$, °С, після калорифера при розрахунковій температурі зовнішнього (припливного) повітря;

– розрахункові параметри зовнішнього (припливного) повітря:

- температура $t_o = -22$ °С;
- відносна вологість $\varphi_o = 70\%$;
- вологовміст $d_o = 0,5$ г/(кг с.п.).

– розрахункові параметри внутрішнього повітря:

- температура $t_v = 15$ °С;
- відносна вологість $\varphi_v = 60\%$;
- вологовміст $d_v = 5,0$ г/(кг с.п.)..

– розрахункові параметри теплоносія (води) в тепловій мережі:

- температура теплоносія в подавальному трубопроводі $\tau_{1o} = 95$ °С;
- температура теплоносія в зворотному трубопроводі $\tau_{2o} = 70$ °С;

Максимальні витрати зовнішнього (припливного) повітря $L_{\text{вент}}^{\Sigma}$, м³/год, яке потрібно підігрівати в калорифері, визначаємо з урахуванням

підсмоктування повітря в повітропроводи при його транспортуванні в робоче приміщення телятника:

$$L_{\text{вент}}^{\Sigma} = n_{\text{п}} \cdot L_{\text{в}}, \quad (2.12)$$

де $n_{\text{п}}$ – поправочний коефіцієнт на підсмоктування повітря; для сталевих повітропроводів довжиною понад 50 м $n_{\text{п}} = 1,15$ [9];

$L_{\text{в}}$, м³/год – розрахунковий повітрообмін холодного періоду року; $L_{\text{в}} = 14235 \text{ м}^3/\text{год}$.

Сумарна продуктивність припливної вентиляційної системи:

$$L_{\text{вент}}^{\Sigma} = 16370 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Температуру припливного повітря $t_{\text{го}}$, °C, при розрахункових параметрах зовнішнього повітря визначаємо графоаналітичним методом за допомогою $h - d$ діаграми вологого повітря [9]. Значення параметру $t_{\text{го}}$ при одночасному протіканні процесів тепло та волого обміну розраховуємо при умовах:

– стабілізації температури та відносної вологості внутрішнього повітря $t_{\text{в}} = 12 \text{ °C}$, $\varphi_{\text{в}} = 60\%$;

– незмінності вологовмісту зовнішнього повітря при його нагріванні в калорифері $d_{\text{о}} = 0,5 \text{ г/кг}$.

При графоаналітичних розрахунках використовуємо кутовий коефіцієнт процеси зміни повітря ε , кДж/кг

$$\varepsilon = 3600 \cdot \frac{Q_{\text{надл}}}{W_{\text{тв}}}, \quad (2.13)$$

де $Q_{\text{надл}}$, Вт – теплові надлишки в приміщенні при розрахунковій температурі навколишнього середовища для холодного періоду; визначаються з рівняння теплового балансу приміщення ферми (формула 2.1) для відповідного періоду; для $t_{\text{о}} = -22 \text{ °C}$ – $Q_{\text{надл}} = -2827 \text{ Вт}$;

$W_{\text{тв}}$, кг/год – волого виділення тваринами в холодний період; за попередніми даними розрахунків $W_{\text{тв}} = 16,7 \text{ кг/год}$.

Кутовий коефіцієнт для розрахункових параметрів $\varepsilon_0 = -68,6$ кДж/кг.

За указаними умовами розрахунків температура нагрітого (припливного) повітря після калориферу $t_{го} = 28$ °С.

Кількість теплоти Q_k , кВт, на нагрівання зовнішнього повітря до температури t_b визначаємо за формулою

$$Q_k = 0,278 \cdot L_{\text{вент}}^{\Sigma} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_b - t_o) \cdot 10^{-3}, \quad (2.14)$$

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

c , кДж/(кг·К) – масова теплоємність повітря;

Теплота на нагрівання вентиляційного повітря при розрахунковій температурі зовнішнього повітря

$$Q_k = 202,058 \text{ кВт.}$$

Вихідні дані для розрахунку пластинчастих калориферів:

- сумарні витрати припливного повітря – 32608 м³/год;
- граничні витрати припливного повітря одного каналу – 8000 м³/год;
- кількість калориферних установок – 5;
- витрати припливного повітря одного каналу – 6522 м³/год;
- теплова потужність однієї калориферної установки – 81,076 кВт.

Площу поперечного перерізу калориферу одного каналу для проходження повітря f_{Π} , м², розраховуємо за формулою

$$f_{\Pi} = \frac{L_{\text{вент}} \cdot \rho}{3600 \cdot (\rho v)}, \quad (2.15)$$

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

(ρv) , кг/(м²·с) – масова швидкість повітря; згідно рекомендацій [9] приймаємо $(\rho v) = 8$ кг/(м²·с).

Після розрахунків отримуємо $f_n = 0,682$ м².

За визначеною площею f_n відповідно конструктивних характеристик калориферів КФС різних моделей [9] приймаємо:

- базовий калорифер – сталевий пластинчастий теплообмінник КФС № 6;
- теплотехнічні параметри калориферу типу КФС № 6:
 - площа поперечного розрізу повітряного каналу $f_{пд} = 0,903$ м²;
 - площа поперечного розрізу для проходження теплоносія (води) $f_t = 0,0138$ м²;
 - площа поверхня нагріву $f_n = 154,6$ м².

Дійсна швидкість потоку повітря $(\rho v)_д$, кг/(м²·с), для вибраного типу калориферу уточнюється за формулою:

$$(\rho v)_д = \frac{L_b \cdot \rho}{3600 \cdot f_{пд}}, \quad (2.16)$$

Для $f_{пд} = 0,903$ м² отримуємо:

$$(\rho v)_д = 6,04 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}.$$

Швидкість руху теплоносія в трубках калориферу w , м/с, при послідовному напрямку (по теплоносію) схемі калориферної установки визначаємо так:

$$w = \frac{Q_k}{c_p \cdot \rho_b \cdot (\tau_{1o} - \tau_{2o})}, \quad (2.17)$$

де ρ_b , кг/м³ – густина теплоносія при середній температурі води, $\rho = 970,2$ кг/м³;

c_p , кДж/(кг·К) – питома теплоємність води; $c_p = 4,187$ кДж/(кг·К);

$\tau_{1o}, \tau_{2o}, ^\circ\text{C}$ – температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах теплової мережі, відповідно;

Після розрахунків отримуємо:

$$w = 0,0199 \text{ м/с.}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі калориферу K , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, за формулою:

$$K = a \cdot (\rho v)^n \cdot w^r, \quad (2.18)$$

де a , n , r – коефіцієнти, які залежать від конструкції калориферу; для теплообмінника типу КАС: $a = 21,85$, $n = 0,35$, $r = 0,13$ [10].

Коефіцієнт теплопередачі калориферу за умовами розрахунків:

$$K = 24,68 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Потрібна площа поверхні нагріву калориферу $A_{\text{п}}$, м^2 , для опалювально-вентиляційної системи тваринницької ферми визначається за формулою:

$$A_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{ОВС}} \cdot 10^{-3}}{K \cdot (\tau_{\text{сер}} - t_{\text{сер}})}, \quad (2.19)$$

де $Q_{\text{ОВС}}$, кВт – теплова потужність опалювально-вентиляційної системи;

$\tau_{\text{сер}}$, $^\circ\text{C}$ – середня температура теплоносія; $\tau_{\text{сер}} = \frac{\tau_{1o} + \tau_{2o}}{2} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

$t_{\text{сер}}$, $^\circ\text{C}$ – середня температура повітря; $t_{\text{сер}} = \frac{t_{1o} + t_{2o}}{2} = 3,0 \text{ }^\circ\text{C}$;

Потрібна площа поверхні нагріву калориферу:

$$A_{\text{п}} = 17,63 \text{ м}^2.$$

Приймаємо 2 (два) калориферів типу КФС № 6 з послідовним з'єднанням по воді (теплоносію) та паралельним встановленням по повітрю..

Дійсна площа нагріву калориферної установки одного каналу $A_d = 101,2$ м².

По поверхні нагріву запас становить $\sim 1\% < 10\%$, що задовольняє вимогам [9].

Визначимо гідравлічні характеристики калориферної установки.

Аеродинамічний опір руху припливного повітря ΔP_{Π} , Па, розрахуємо за формулою:

$$\Delta P_{\Pi} = N \cdot b \cdot (\rho v)^m, \quad (2.20)$$

де b , m – коефіцієнти, які залежать від конструкції калориферу; для теплообмінника типу КФС: $b = 1,2$, $m = 1,76$ [9];

N – кількість теплообмінних апаратів в ряду; $N = 2$.

$$\Delta P_{\Pi} = 56,86 \text{ Па.}$$

Втрати тиску теплоносія (води) P_T , Па, при послідовній схемі з'єднання групи калориферів можна визначити за формулою [9]

$$\Delta P_T = (\Delta P'_T + 400) \cdot N, \quad (2.21)$$

де $\Delta P'_T$, Па – втрати тиску теплоносія в одному теплообміннику; для калориферів типу КФС № 6 $\Delta P'_T \cong 2000$ Па [9].

Для калориферних установок втрати тиску теплоносія складають

$$P_T = 4800 \text{ Па.}$$

При експлуатації опалювально-вентиляційних систем потрібно передбачати ряд заходів по запобіганню заморожування калориферних установок в холодний період року. Для вентиляційних систем тваринницьких комплексів в [9] рекомендується такий алгоритм роботи системи автоматичного захисту водяних теплообмінників від низьких температур зовнішнього повітря:

– при пуску вентиляційної системи спочатку прогрівається калорифер, а потім за командою реле часу запускається двигун вентилятора; при зупинці системи – зворотний порядок: першим відключається вентилятор, а потім – калорифер;

– при працюючій вентиляційній системі в разі зниження температури нагрітого повітря нижче 8 °С (або температури теплоносія в зворотному трубопроводі нижче 20 °С):

- зупиняється вентилятор;
- закривається утеплений клапан на підводі зовнішнього повітря в вентиляційну камеру;
- закривається клапан подачі теплоносія.

– технічне обладнання системи автоматичного захисту (дилатометричні датчики – реле типу ТУДЕ-1, регулюючі клапани з відповідними виконавчими механізмами монтуються на зворотному трубопроводі теплового пункту)

2.6. Комплект обладнання „Клімат – 4”.

Комплекти вентиляційного обладнання „Клімат – 4” призначені для підтримання температурного режиму в тваринницьких та птахівницьких приміщеннях за рахунок зміни повітрообміну, котрий забезпечується автоматичним плавним або ступінчастим регулюванням частоти обертання витяжних вентиляторів при відхиленні температури повітря вентиляю чого приміщення від заданого значення.

Комплекти „Клімат – 4” комплектують станціями ШАП.5701-03А2Д і безконтактними приладами управління МК-ВАУЗ.

Кожен типорозмір комплектів може комплектуватися різною кількістю осьових вентиляторів.

В презентаційній частині, даної магістерської роботи показані варіанти використання системи „Клімат–4” та принципова схема керування установкою.

Електрична схема комплекту „КЛІМАТ – 4” наведена на рис.2.1.

Монтаж включає розмітку під встановлення обладнання, яке входить в комплект, і безпосередній монтаж.

Необхідна кількість комплектів такого типорозміру визначають в результаті розрахунку температурно-вологісного режиму роботи конкретного приміщення за спеціально розробленою методикою.

Осьові вентилятори встановлюються в роз'ємах поздовжніх стін споруди і кріплять до рами квадратної форми, спеціально виготовленої зі кутка або швелера. Розміри квадрата та кількість отворів визначається за розмірами і кількістю отворів плити вентилятора. Для зменшення шуму між монтажною рамою та плитою вентилятора рекомендовано встановити резинові прокладки.

В комплект припливно-витяжного обладнання „Клімат – 4” входять: блок управління, який складається з пункту управління МК-ВАУЗ з первинним перетворювачем температури (датчик). Також може використовуватись станція управління ШАП.5701-03А2Д з двома первинними перетворювачами; екранованій панель і привід для установки первинних перетворювачів; силовий блок - автотрансформатор АТ-10 з силовим кабелем, який забезпечується при використанні станції управління типа ШАП; апаратура захисту електродвигунів (автоматичні вимикачі АП50-ЗМТ).

Силовий блок та блок управління повинні встановлюватися у спеціальному приміщенні, що ізольованому від приміщення в якому знаходяться телята, при чому обладнання розміщують так, щоб забезпечити вільне підняття кожуха автотрансформатора.

Панель первинних перетворювачів необхідно розмістити в зручній, характерній точці місця розміщення телят. Температура в цій точці повинна відображати середню, по можливості, температуру всієї зони розміщення телят.

Зв'язок блока управління з первинним перетворювачем забезпечується екранованим проводом.

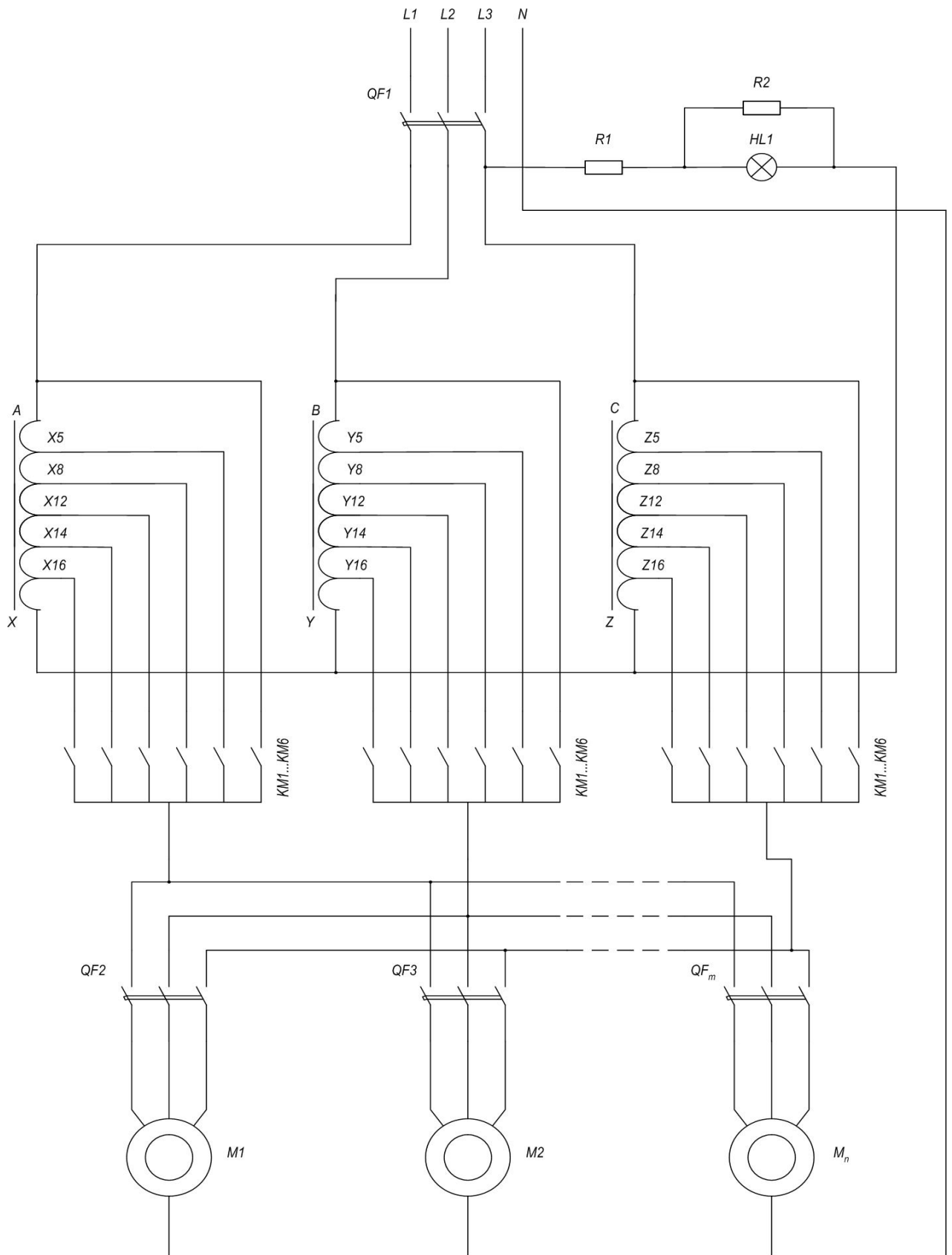


Рис. 2.1. Электрична схема комплекта „КЛИМАТ – 4”

Апарати захисту електродвигунів в герметичних оболонках встановлюють поруч із кожним вентилятором. У випадку відсутності герметичної оболонки їх встановлюють поза технологічним приміщенням ферми.

При монтажі електрообладнання слід звертати увагу на герметизацію вводів в апарати захисту та двигуни.

Налагодження включає зовнішній огляд, випробовування електродвигунів та вентиляторів, налаштування блоку управління, коригування шкали задавача первинного перетворювача, встановлення задавача температури, диференціала, базової напруги і наладку блоку управління.

При виконанні налагоджування необхідно мати на увазі, що електродвигуни випробовуються шляхом почергового включення автоматичними вимикачами, при цьому контролюють вірність частоти обертання кожного вентилятора.

Через кожні три місяці роботи потрібно перевіряти надійність кріплень робочого колеса на валу електродвигуна, очищати від пилу та бруду двигун та вентилятор, перевіряти надійність кріплень, опір заземлення та герметизацію коробки вводів електродвигуна.

Через кожні 3000 год роботи, але не рідше одного разу на рік, необхідно поповнювати змазку через наявні у двигуна масльонки.

Через 1200 год роботи при порушенні вимог по вібрації та шуму необхідно замінити підшипники та манжети.

Блок управління, силовий блок та апаратура захисту потребує щомісячної перевірки.

Експлуатація блока управління з відкритою дверчаткою і автотрансформатора зі знятим кожухом не допускається.

При експлуатації приладу управління безконтактного типу МК-ВАУЗ можливе порушення автоматичного і ручного регулювання із-за обриву в колі первинного перетворювача або екранованого дроту.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ГАРЯЧОГО
ВОДОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ТЕЛЯТНИКА НА 175 ГОЛІВ

3.1. Використання сонячної енергії.

До недавнього часу використання сонячної енергії вважалось другорядним питанням. Але в наш час обмеженості традиційних енергоресурсів та несприятливої екологічної обстановки геліоенергетика все частіше знаходить застосування у багатьох галузях господарства, в тому числі і в сільському господарстві.

Сонячна енергія характеризується великою розсіяністю і дуже низькою концентрацією. Із падаючої в атмосферу радіації 340 Вт/м^2 . але це дуже груба оцінка. Крім того, треба враховувати, що на підтримку кругообігу води витрачається 75 Вт/м^2 .

Сонячна енергетика – одне із найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Щороку приріст потужностей, які вводяться в експлуатацію, становить приблизно 40-50%. Усього за останні п'ятнадцять років частка сонячної електрики в світовій енергетиці перевищила позначку в 5%. Удосконалення технології виготовлення фотоелектричних модулів призвело до істотного зниження собівартості електроенергії. В понад 30 країнах світу (зокрема, Німеччині, Чилі, Австралії, Мексиці) сонячна енергія стала дешевше, ніж одержувана з традиційних джерел (нафта, газ, вугілля). За останні 10 років інвестиції в сонячну енергетику склали близько 300 мільярдів доларів США. Найбільш показовий приклад успішності застосування сонячних технологій – острів Тау (Американське Самоа). Раніше острів'яни повністю залежали від поставок дизельного палива, однак після встановлення сучасної сонячної електростанції (СЕС) стали повністю незалежними. [<https://avenston.com/articles/solar/>].

Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що наша країна має потенціал, щоб до 2030 року удесятеро збільшити використання відновлюваної енергії та на 15% скоротити споживання природного газу.

Варто зазначити, що клімат та географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики і будівництва СЕС. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів.

Наразі розвиток сонячної енергетики в Україні знаходиться на стадії, яку Європа пройшла 7-10 років тому. У той же час ми маємо одну з найпривабливіших інвестиційних структур в Європі для розвитку галузі. Дійсно, тут були створені сприятливі умови: наявність ресурсів і земельних ділянок, пільговий тариф, державна підтримка і цільова енергетична стратегія, мета якої – досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року. В результаті інтерес до відновлюваної енергетики в Україні продовжує зростати, і, за оцінками уряду, до 2020 року загальний обсяг інвестицій в альтернативну енергетику досягне 18 мільярдів доларів США.

І хоча сектор ВДЕ все ще малий порівняно з іншими типами генерації в Україні, в той же час демонструє постійне зростання, роблячи нашу країну лідером даної галузі. З 2014-го і до кінця 2017 року обсяг ВДЕ збільшився з 967 до 1375 МВт, і до кінця 1-го кварталу 2018 року – до 1534 МВт (рис. 3.1). Як саме розподіляються відновлювані джерела енергії за регіонами та який вид ВДЕ переважає в тій чи іншій області можна побачити на рис. 3.2.

Оскільки в Україні сонячна енергія – доволі популярне ВДЕ, можна спостерігати, що регіональний розподіл встановлених об'єктів ВДЕ корелює з рівнем інсоляції. Основна увага приділяється регіонам із найвищою сонячною активністю, як показано на карті нижче (рис. 3.3):

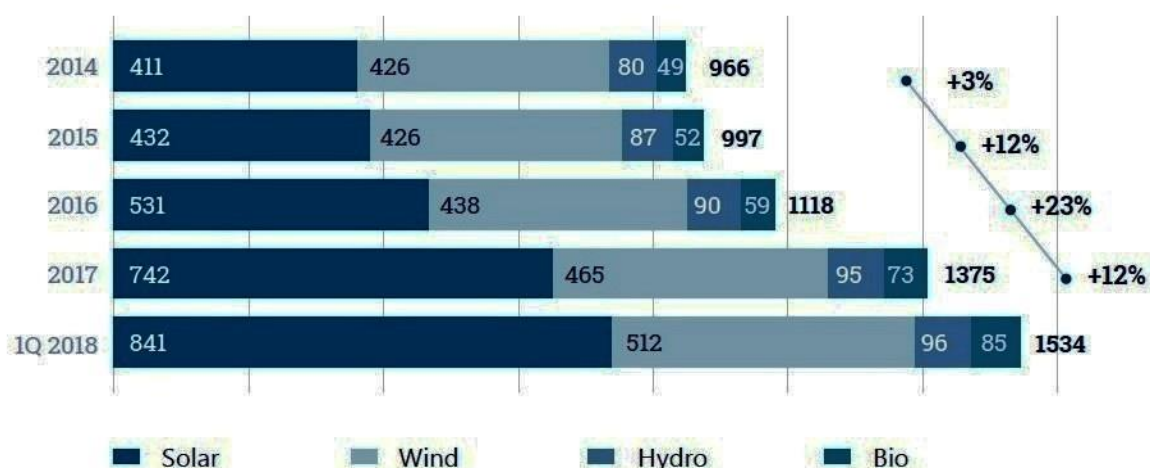


Рис. 3.1. Зростання ВДЕ за 2014 – I квартал 2018 рр. Джерело: Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.

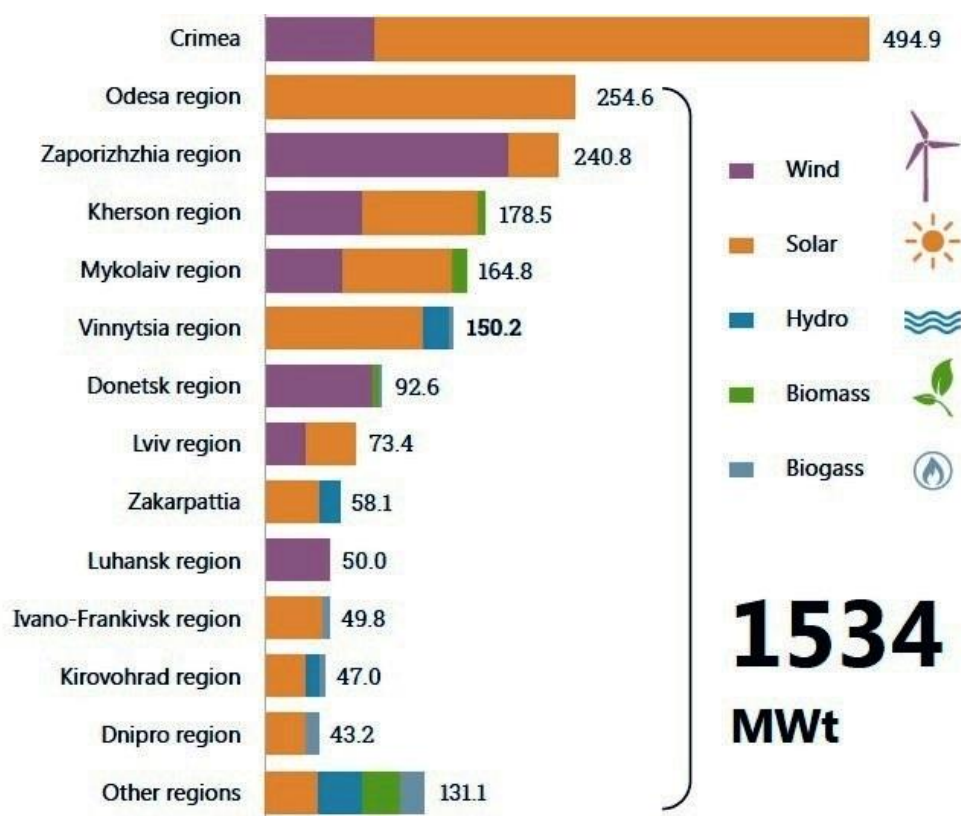


Рис. 3.2. Виробництво ВДЕ по регіонах станом на I квартал 2018 року. Джерело: Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.

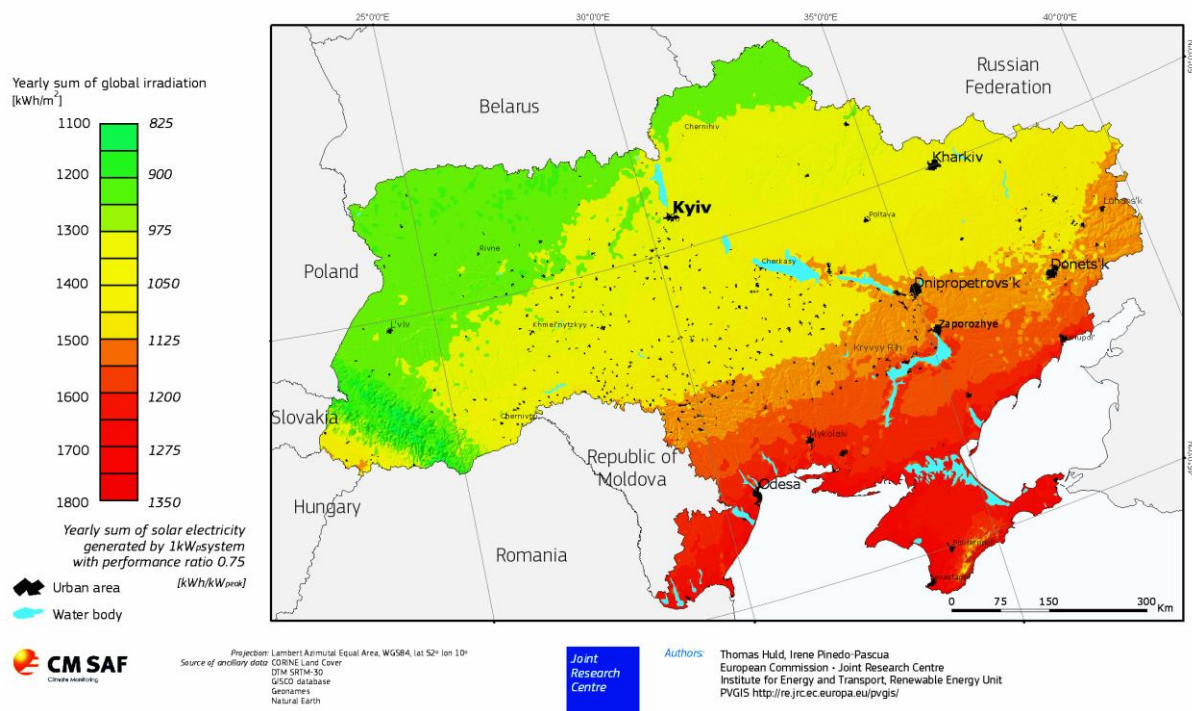


Рис. 3.3. Випромінювання і потенціал сонячної енергії в Україні.
Джерело: Renewable energy sector: Unlocking sustainable energy potential, National Investment Council of Ukraine, 2018.

Питання про продуктивність сонячних батарей є одним із перших, яким задаються люди, що планують інвестувати в сонячну електростанцію. Кількість електроенергії, що буде вироблено за допомогою сонячного модуля, залежить від багатьох чинників, і в тому числі від географічного розташування сонячної електростанції. Адже за інших рівних умов кількість виробленої електроенергії буде пропорційна кількості енергії сонячного випромінювання, що досягає поверхні землі в точці розміщення електростанції.

Сонячна енергія є одним з екологічно сталих ресурсів для виробництва електроенергії з використанням фотоелектричних (PV) систем — сонячних електростанцій. Основним вихідним даними, що використовуються в процесі планування є сонячне випромінювання. Фотоелектрична географічна інформаційна система ([PVGIS](#)) Інституту енергетики і транспорту (IET) Об'єднаного дослідницького інституту (JRS) при Європейській комісії (EC) розробила базу даних про сонячної радіації. Модель оцінює променеві, дифузні

і відбиті складові випромінювання за умов ясної погоди і для реальних умов глобальної освітленості на горизонтальних або нахилених поверхнях.

Узагальненим підсумком проведеного моделювання є періодично публіковані карти сонячного електричного потенціалу, доступні для використання всіма бажаючими. Інформація, яку публікує PVGIS, досить детальна. Вище була наведена візуалізація найбільш актуальних даних по сонячному потенціалу в Україні та країнах Європи. Інформація була оновлена 21 вересня 2012 року. На даній карті показаний розподіл глобального сонячного опромінення та сонячний електричний потенціал на території України для випадку орієнтації сонячних модулів на південь при оптимальному куті нахилу по відношенню до поверхні землі (максимально перпендикулярний кут падіння сонячних променів на поверхню сонячної батареї). Для опривнення пропонуємо вашій увазі також карту сонячного потенціалу для Європи:

3.2. Вибір сонячної водо нагрівної установки.

Оскільки енергія сонячного випромінювання розподілена по великій площі, будь-яка установка для прямого використання сонячної енергії повинна мати збираючий пристрій (колектор) з достатньою поверхнею.

Найпростіший пристрій такого роду є плоский колектор. В принципі – це чорна плита, добре ізольована знизу. Вона прикрита склом чи прозорою пластмасою, яка пропускає світло, але не пропускає інфрачервоне теплове випромінювання. В просторі між плитою і склом частіше розміщують чорні трубки, через які тече вода, масло, повітря чи інший теплоносій. Сонячне випромінювання, проникаючи через скло чи пластмасу в колектор, поглинається чорними трубами і плитою, нагріває робочу рідину в трубах. Теплове випромінювання не може вийти із колектора, тому температура навколишнього середовища значно вища, чим температура навколишнього повітря. В цьому проявляється так званий парниковий ефект.

Теплоносієм може бути деаерована вода. У сонячних установках з теплоносієм – водою використовують насоси, які застосовують у системі гарячого водопостачання.

Передача з одного контуру установки в другий здійснюється за допомогою швидкісних теплообмінників і баків – акумуляторів.

Виконаємо попередню оцінку площі колектора.

Оскільки енергія сонячного випромінювання розподілена по великій площі, будь-яка установка для прямого використання сонячної енергії повинна мати збираючий пристрій (колектор) з достатньою поверхнею.

Найпростіший пристрій такого роду є плоский колектор. В принципі – це чорна плита, добре ізольована знизу. Вона прикрита склом чи прозорою пластмасою, яка пропускає світло, але не пропускає інфрачервоне теплове випромінювання. В просторі між плитою і склом частіше розміщують чорні трубки, через які тече вода, масло, повітря чи інший теплоносій. Сонячне випромінювання, проникаючи через скло чи пластмасу в колектор, поглинається чорними трубами і плитою, нагріває робочу рідину в трубах. Теплове випромінювання не може вийти із колектора, тому температура навколишнього середовища значно вища, чим температура навколишнього повітря. В цьому проявляється так званий парниковий ефект.

Сонячні колектори компактні. Вони достатньо стійкі і монтаж їх дуже простий. Але в подальшому приводяться декілька вимог до користування з ними:

- транспортують колектори в горизонтальному положенні не більше 15 шт., покладених друг на друга. Під час перевезення вони повинні бути закріплені і скло повинно бути захищене картоном. У випадку більше ніж 3 шт. в зв'язці обов'язково використовувати розпірки згідно з рекомендаціями виробника.
- в складських приміщеннях при температурі повітря вище 0 °С термін зберігання колекторів не обмежений. Не припустимо попадання прямого сонячного проміння на абсорбер колекторів. Різкі зміни

температури спричиняють конденсацію води всередину колектор уникнути, то рекомендують до заповнення колектора теплоносієм використовувати будь-які захисні покриття.

Для встановлення колекторів рекомендується використовувати опірні конструкції на базі анодуюваного алюмінія, які достатньо різні:

- на крыту зі склоном;
- на рівну крыту до 8 м чи на землю;
- на рівну крыту до 20 м;
- вмонтування в крыту зі склоном трубки, яка виходить із колекторів, не повинні загрузатись згинаючими чи обертовими моментами.

Найбільша кількість колекторів в одному ряду 10 шт. В якості теплоносія використовуються виключно Соларен - Еко з температурою замерзання -32 °С. Використання колекторів для прямоочного підігріву води чи доповнення первинного контуру водою заборонено.

Виробник рекомендує використовувати допоміжне обладнання, яке одобрено державними випробувальними інститутами. Воно забезпечує оптимальну потужність і надійну експлуатацію сонячного обладнання. У випадку застосування додаткової теплоізоляції на базі мінеральних волокон необхідно запобігати появі зон конденсації на поверхні корпусу колектора. Така конденсація може викликати корозійне пошкодження виробу. Небезпека заключається в використанні лужних добавок в процесі виробництва мінеральної ізоляції. Цю вимогу необхідно дотримувати також при ізоляції вихідних трубопроводів. Рекомендується відступити на 5 мм від корпусу колектора. Сонячні колектори АМКОР відносяться до найкращих виробів свого класу в світі.

Конкретні сонячні установки відрізняються одна від одної. Їх різниця в призначенні, кількості контурів, способах підключення, потужностях, а також у розміщенні окремих елементів обладнання і в підборі допоміжного обладнання від різних виробників. Не зважаючи на це, існує декілька принципових схем. Використання останнього в значній мірі полегшить вибір проектування і

монтаж.

Всі вони перевірені на практиці і забезпечують оптимальне використання сонячної енергії.

Існують наступні схеми підключення:

1. Одноконтурна система із примусовою циркуляцією.
2. Одноконтурна термосифонна система.
3. Двоконтурна система для ГВ і басейна.
4. Триконтурна система для ГВ, опалення і басейна.
5. Одноконтурна система із примусовою циркуляцією і акумуляційним бойлером.
6. Система із накопичувачем тепла і окремим робочим бойлером ГВ.
7. Система із каскадним підключенням накопичувачів і почерговим заповненням і зливом.

Існують також інші схеми підключення:

- підключення фотовольтаїчної панелі безпосередньо до циркуляційного насоса з двигуном на постійному струмі, який використовується в якості основного чи додаткового джерела циркуляції теплоносія. Крім термосифонних установок це єдиний спосіб використання термічних колекторів в районах без електричної мережі. У випадках такого підключення в якості додаткового джерела, це рішення являється більш дорожчим по відношенню до необхідного збільшення об'єму розширювального бака.
- відомі також підключення, в яких теплоносій із колекторів подається безпосередньо в опалювальну арматуру. Перевагою такого рішення є більш низькі капітальні затрати. Його недоліками є відсутність теплової енергії в пахмурну погоду і великий об'єм теплоносія.

Теплоносій може бути деаерована вода. У сонячних установках з теплоносій – водою використовують насоси, які застосовують у системі гарячого водопостачання.

Передача з одного контуру установки в другий здійснюється за допомогою швидкісних теплообмінників і баків – акумуляторів.

Виконаємо попередню оцінку площі колектора.

Площу колектора A , м^2 , що працює на гаряче водопостачання, визначається за формулою:

$$A = \frac{V_{\text{ГВ}}}{q_{\text{ГВ}} \cdot \eta_{\text{T}}}, \quad (3.1)$$

де $V_{\text{ГВ}}$ – середньодобові витрати води в системі гарячого водопостачання, л/год:

$$V = 175 \cdot 10 = 1750;$$

$q_{\text{ГВ}}$ – середньодобова сезонна продуктивність системи гарячого водопостачання, л/($\text{м}^2 \cdot \text{добу}$);

η_{T} – коефіцієнт теплових втрат в трубопроводі: $\eta_{\text{T}} = 0,8$;

$$q_{\text{ГВ}} = f(E_{\text{k}})$$

де E_{k} – сумарна сонячна радіація, що випромінена за день, $\text{мДж}/\text{м}^2$:

$$E_{\text{k}} = \frac{R \cdot E}{365} \text{ мДж}/\text{м}^2, \quad (3.2)$$

де $E = 4120 \text{ мДж}/\text{м}^2$ – річне надходження сонячної радіації;

$R = 0,9$ – коефіцієнт який враховує оптимальне розміщення колектора.

$$E_{\text{k}} = \frac{0,9 \cdot 4120}{365} = 10,15 \text{ мДж}/\text{м}^2.$$

Тоді $q_{\text{ГВ}} = 40 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{добу})$.

$$A = \frac{1750}{40 \cdot 0,8} = 54,7 \text{ м}^2$$

Виконаємо уточнений розрахунок площі колектору.

Теплові потужності системи гарячого водопостачання визначають на основі середньодобових норм споживання води. Потужність Q_n , Вт, яку необхідно забезпечити для напування тварин, визначаємо за формулою:

$$Q_n = \frac{\beta \cdot a \cdot n \cdot C_b \cdot (t_1 - t_2)}{24 \cdot 3600}, \quad (3.3)$$

де $\beta = 2,4$ - коефіцієнт нерівномірності гарячого водопостачання;

n – кількість тварин (175 голів);

a – норма споживання води (10 л/гол);

t_1, t_2 – температура теплоносія на вході і виході сонячного колектора: $t_1 = 55$ °С, $t_2 = 5$ °С, $t_3 = 15$ °С;

$C_b = 4200$ Дж/((кг·К) – теплоємність води.

Для місяців: квітень, травень, вересень

$$Q_n = \frac{2,4 \cdot 10 \cdot 175 \cdot 4,2 \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 3600} = 10,2 \text{ кВт}$$

Для місяців: червня, липня, серпня

$$Q_n = \frac{2,4 \cdot 10 \cdot 175 \cdot 4,2 \cdot (55 - 15)}{24 \cdot 3600} = 8,4 \text{ кВт}$$

Площа сонячного колектора A , м²:

$$A = \frac{Q_n}{\eta \cdot \sum q_i}, \quad (3.4)$$

де η – ККД установки сонячного гарячого водопостачання.

Інтенсивність падаючої сонячної радіації q_i , Вт/м², для кожного світлового дня визначаємо за формулою:

$$q_i = P_s \cdot I_s + P_d \cdot I_d, \quad (3.5)$$

де P_s, P_d – коефіцієнти розміщення сонячного колектора відповідно для прямої та розсіяної радіації

$$P_d = \cos^2 \frac{b}{2}, \quad (3.6)$$

де b – кут похилу сонячного колектора до горизонту;

I_s – інтенсивність падаючої сонячної радіації, яка падає на горизонтальну поверхню. Вт/м²;

I_d – інтенсивність розсіяної сонячної радіації, яка падає на горизонтальну поверхню, Вт/м².

Середньомісячні значення P_s для сонячних колекторів підведеної орієнтації за різних кутів нахилу до горизонту, ми беремо з таблиць [9]. Так як у нас корівник розміщений на півдні, то широта місцевості у на $\varphi = 50$ °С і кут нахилу беремо оптимальний $b = 35$ °С.

Звідси:

$$P_d = \cos^2 \frac{35}{2} = 0,9.$$

ККД установки визначаємо за формулою:

$$\eta = 0,8 \cdot \left[\theta - \frac{8 \cdot v \cdot (0,5 \cdot (t_1 + t_2) - t_3)}{\sum q_i} \right], \quad (3.7)$$

де v – зведений коефіцієнт тепловитрат сонячного колектора, для односкляних колекторів:

$$v = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

θ – зведена оптична характеристика колектора; для односкляних колекторів $\theta = 0,73$;

t_1, t_2 – температура теплоносіїв на вході і виході сонячного колектора, для двох- і трьохконтурних установок, рекомендується приймати: $t_1 = t_x + 5$, $t_2 = t_g + 5$, тобто $t_1 = 60$ °С, $t_2 = 20$ °С, $t_2 = 15$ °С;

t_3 – середня денна температура зовнішнього повітря, °С.

$$\eta = 0,8 \cdot \left[0,73 - \frac{8 \cdot v \cdot (0,5 \cdot (65 + 10) - 15)}{4,2 \cdot 10^{-3}} \right] = 0,54.$$

Так як у нас установка працює з квітня по вересень, то площу враховуємо помісячно.

Квітень:

$$P_s = 1,27, I_s = 202 \text{ Вт/м}^2, I_d = 174,2 \text{ Вт/м}^2, \eta = 0,47,$$

$$q_i = 1,27 \cdot 202 + 0,9 \cdot 174,8 = 414 \text{ Вт/м}^2,$$

$$A = \frac{3800}{0,47 \cdot 414} = 20 \text{ м}^2.$$

Травень:

$$P_s = 1,11, I_s = 254,3 \text{ Вт/м}^2, I_d = 186,7 \text{ Вт/м}^2, \eta = 0,55,$$

$$q_i = 1,11 \cdot 254,3 + 0,9 \cdot 186,7 = 450,3 \text{ Вт/м}^2,$$

$$A = \frac{3800}{0,55 \cdot 450,3} = 15,4 \text{ м}^2.$$

Червень:

$$P_s = 1,05, I_s = 284,1 \text{ Вт/м}^2, I_d = 188,7 \text{ Вт/м}^2, \eta = 0,56,$$

$$q_i = 1,05 \cdot 284,1 + 0,9 \cdot 188,7 = 468,8 \text{ Вт/м}^2,$$

$$A = \frac{3800}{0,56 \cdot 468,1} = 14,6 \text{ м}^2.$$

Липень:

$$P_s = 1,03, I_s = 329,1 \text{ Вт/м}^2, I_d = 188,5 \text{ Вт/м}^2, \eta = 0,56,$$

$$q_i = 1,03 \cdot 329,1 + 0,9 \cdot 188,5 = 508,6 \text{ Вт/м}^2,$$

$$A = \frac{3800}{0,56 \cdot 508,6} = 13,2 \text{ м}^2.$$

Серпень:

$$P_s = 1,19, I_s = 342,2 \text{ Вт/м}^2, I_d = 174,9 \text{ Вт/м}^2, \eta = 0,55,$$

$$q_i = 1,19 \cdot 342,2 + 0,9 \cdot 174,9 = 565,2 \text{ Вт/м}^2,$$

$$A = \frac{3800}{0,56 \cdot 565,2} = 13,2 \text{ м}^2.$$

Вересень:

$$P_s = 1,49, I_s = 313,2 \text{ Вт/м}^2, I_d = 162,8 \text{ Вт/м}^2, \eta = 0,53,$$

$$q_i = 1,49 \cdot 313,2 + 0,9 \cdot 162,8 = 590,9 \text{ Вт/м}^2,$$

$$A = \frac{3800}{0,53 \cdot 590,9} = 12,2 \text{ м}^2.$$

$$A = 15 \text{ м}^2.$$

Об'єм бака-акумулятора визначається:

$$V = (0,06 \dots 0,08) \cdot A = 0,07 \cdot 15 = 1,05 \text{ м}^3$$

Теплообмінні апарати розраховуємо за середнім значенням витрат води і теплоносія.

Площа нагрівання теплообмінного апарату A_a , м^2 , визначаємо за формулою:

$$A_a = \frac{Q}{k_a \cdot \Delta t_a}, \quad (3.8)$$

де Q , кВт – теплова потужність системи гарячого водопостачання ($Q = 3,95$ кВт);

k_a , $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – коефіцієнт теплопередачі теплообмінного апарата, для трубчастих теплообмінників можна прийняти ($k_a = 1600 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$);

Δt_a , $^{\circ}\text{C}$ – різниця температур, у даному випадку

$$\Delta t_a = \frac{\Delta t_{\max} + \Delta t_{\min}}{2}, \quad (3.9)$$

де Δt_{\max} , Δt_{\min} , $^{\circ}\text{C}$ – відповідно максимальний і мінімальний перепад температури на вході та виході теплообмінника.

$$\Delta t_a = \frac{60 + 15}{2} = 37,5 \text{ } ^{\circ}\text{C}.$$

$$A_a = \frac{3950}{1600 \cdot 37,5} = 0,07 \text{ м}^2.$$

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

$$Q_{уст} = A \cdot \eta_p \cdot \sum q_i, \quad (3.10)$$

де η_p – річний (сезонний) ККД установки;

z – кількість місяців роботи установки;

y – кількість днів у місяці.

Значення η_p зображені на рис. 6.1 [9]. Залежно від характеристик сонячних колекторів A_c , м²/(ГДж·добу); V_c , м³/(ГДж·добу), які відповідають одиниці добового теплового навантаження гарячого водопостачання, визначаємо за формулами:

$$A_c = \frac{10^6 \cdot A}{4,2 \cdot (t_g - t_x)}, \quad (3.11)$$

$$V_c = \frac{10^6 \cdot V}{4,2 \cdot (t_g - t_x)}, \quad (3.12)$$

Результати розрахунків:

$$A_c = \frac{10^6 \cdot 0,07}{4,2 \cdot (60 - 5)} = 303 \text{ м}^2/\text{(ГДж·добу)},$$

$$V_c = \frac{10^6 \cdot 1,05}{4,2 \cdot (60 - 5)} = 4545 \text{ м}^3/\text{(ГДж·добу)}.$$

Беремо $V_c = 8$ із графіків [9] визначимо, що $\eta_c = 0,3$, а $\eta_p = 0,28$

$$Q_{уст} = 15 \cdot 0,3 \cdot 183 \cdot 0,013 = 16,7 \text{ ГДж}$$

Вибираємо 20 плоских сонячних колекторів Vitosol 100-FM німецької фірми Viessman.

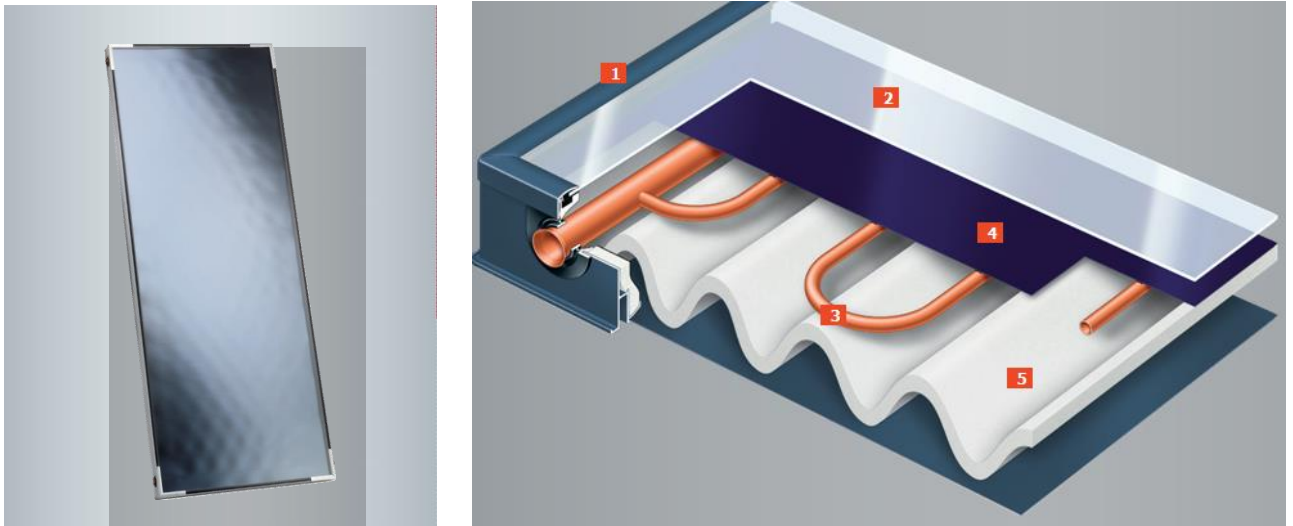


Рис. 3.4. Сонячний колектор Vitosol 100-FM:

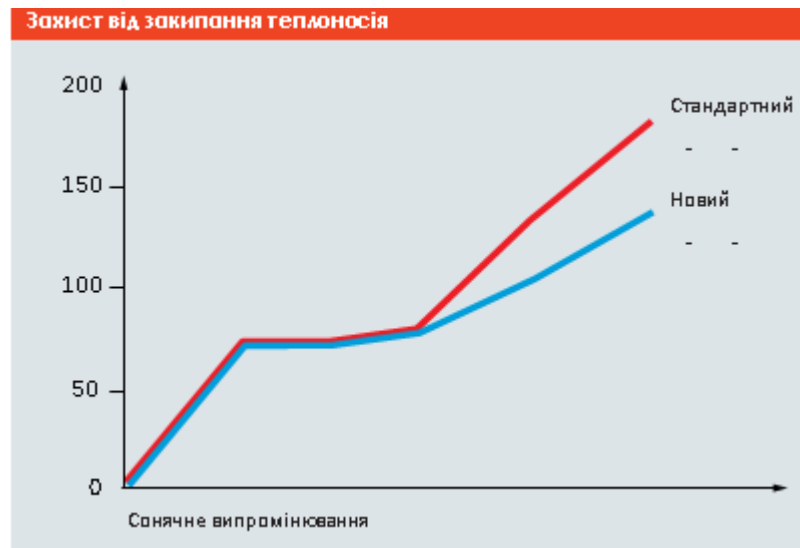
1 – алюмінієва рама; 2 – спеціальне захисне скло; 3 – мідний теплообмінник у формі меандра; 4 – абсорбер з високоефективним селективним покриттям ThermProtect, що захищає колектор від перегріву; 5 – високоефективна теплова ізоляція із меламіну.

Розташовуємо ці колектори на південному схилі даху. "Розумний" шар абсорбера ThermProtect захищає колектори від перегріву. Технологія ThermProtect, запатентована компанією Viessmann, при досягненні певного рівня температури блокує сприйняття колектором подальшої енергії.

ThermProtect дозволяє Vitosol 100-FM досягти більш високої продуктивності порівняно зі звичайними колекторами.

При перевищенні граничної температури змінюється кристалічна структура абсорбувального шару, його теплоопір збільшується в багато разів, а потужність колектора зменшується. Завдяки цьому так звана температура стагнації стає значно нижчою, і пара теплоносія в геліоконтурі не утворюється.

Зі зниженням температури колектора, кристалічна структура повертається до свого первісного стану. Абсорбер знову поглинає понад 95 % отриманої сонячної енергії, перетворюючи її в корисне тепло. Тільки невелика частка – близько п'яти відсотків – відбивається назовні. Така зміна кристалічної структури може повторюватись необмежену кількість разів – робочі якості колектора не погіршаться.



Колектори надзвичайно легкі для монтажу. Вбудовані труби подавальної та зворотної магістралей дозволяють надійно змонтувати великі площі з багатьох блоків, використовуючи гнучкий штекерний з'єднувач із нержавіючої сталі. До дванадцяти сонячних колекторів легко з'єднуються між собою.

Пласкі колектори універсальні для монтажу на дахах, для інтеграції в поверхню даху, або для монтажу в припіднятій позиції на плоских дахах. Система швидкого монтажу від Viessmann складається з компонентів, що витримують статичні навантаження й захищені від корозії, виготовлені з нержавіючої сталі та алюмінію.

Об'єм бака-акумулятора визначається:

$$V = (0,06 \dots 0,08) \cdot A = 0,07 \cdot 50 = 3,54 \text{ м}^3$$

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

$$Q_{уст} = A \cdot \eta_p \cdot \sum q_i, \quad (3.14)$$

де η_p – річний (сезонний) ККД установки;

z – кількість місяців роботи установки;

y – кількість днів у місяці.

Значення η_p беремо з літератури [8]. Залежно від характеристик сонячних колекторів A_c , $\text{м}^2/(\text{ГДж} \cdot \text{добу})$; V_c , $\text{м}^3/(\text{ГДж} \cdot \text{добу})$, які відповідають одиниці добового теплового навантаження гарячого водопостачання, визначаємо за формулами:

$$A_c = \frac{10^6 \cdot A}{Q_i \cdot 8 \cdot 3600}, \quad (3.15)$$

$$V_c = \frac{10^6 \cdot V}{Q_i \cdot 8 \cdot 3600}, \quad (3.16)$$

Результати розрахунків:

$$A_c = \frac{10^6 \cdot 50}{14,6 \cdot 8 \cdot 3600} = 119 \text{ м}^2/(\text{ГДж} \cdot \text{добу}),$$

$$V_c = \frac{10^6 \cdot 3,54}{14,6 \cdot 8 \cdot 3600} = 8,42 \text{ м}^3/(\text{ГДж} \cdot \text{добу}).$$

Беремо $V_c = 8$ з літератури [8] визначимо, що $\eta_c = 0,35$, а $\eta_p = 0,3$

$$Q_{уст} = 50 \cdot 0,35 \cdot 183 \cdot 0,013 = 41,6 \text{ ГДж}$$

Кількість теплоти Q_p , ГДж, вироблена геліоустановкою за рік, визначаємо за формулою:

$$Q_p = A \cdot \eta_p \cdot q_{пад}, \quad (3.17)$$

де η_p – річні суми падаючої сонячної радіації $q_{пад}$ можна прийняти для даного району.

$$Q_p = 0,3 \cdot 4,55 \cdot 50 = 68,25 \text{ ГДж}$$

3.3. Техніко – економічні показники.

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

$$B = \frac{0,0342 \cdot Q_{уст}}{\eta_{зам}}, \quad (3.18)$$

де $Q_{уст}$ – сумарна кількість теплоти, виробленої установкою за сезон;
 $\eta_{зам}$ - ККД заміненого джерела теплоти.

$$B = \frac{0,0342 \cdot 41,6}{0,8} = 1,78 \text{ т.у.п.}$$

Для визначення оптимальної площі геліоустановки порівнюються економічні показники і її ефективність за сезон при різній площі установки.

Визначається кількість корисно виробленої енергії і зекономленого палива при різній площі геліоустановки.

При площі $A=9,6\text{ м}^2$ корисно використана енергія за сезон

$$Q_{пол}^c = Q_n^c \cdot f_c^{zy} \quad (3.19)$$

$$Q_{пол}^c = 14400, \quad \text{МДж}$$

Кількість зекономленого палива:

$$\Delta B_T = \frac{Q_{пол}^{c(\Gamma)}}{Q_p^H \cdot \eta_{ек}} \quad (3.20)$$

$$\Delta B_T = \frac{6000}{29330 \cdot 0,45} = 0,45 \quad \text{т. у.п.}$$

Аналогічні розрахунки для інших площ наведені в таблиці

Площа ,м ²	Корисно використана енергія, МДж	Кількість зекономленого палива т у.п.
9,6	6000	0,45
11,2	6700	0,51
12,8	7000	0,53
16	7600	0,58
50	23730	1,78

В цілому за сезон збільшення площі геліоустановки дозволяє підвищити величину корисно використаної енергії і кількість зекономленого палива.

Затрачена кількість енергії на створення геліоустановки певної площі:

$$\mathcal{E}_{\text{зв}} = \mathcal{E}_{\text{зд}}^{\text{зв}} \cdot A = 5700 \cdot A, \text{ МДж} \quad (3.21)$$

Ефективність енерговитрат:

$$r = Q_{\text{пол}}^{c(\Gamma)} / \mathcal{E}_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{пол}}^{c(\Gamma)}}{5700 \cdot A} \quad (3.22)$$

Наприклад, для площі $A=9,6 \text{ м}^2$, $Q_{\text{пол}}=6000 \text{ МДж}$ енерговитрати на геліоустановку $\mathcal{E}_{\text{зв}}=5700 \cdot 9,6=54720 \text{ МДж}$. Ефективність енергозатрат

$$r=6000/54720=0,11$$

Термін окупності геліоустановки :

$$T=54720/6000=9,1 \text{ років}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 5.2

Таблиця 3.1

Показники	9,6 м ²	11,2 м ²	12,8 м ²	16 м ²	50 м ²
Енергозатрати , МДж	54720	63840	72960	91200	285000
Корисна використана енергія, МДж	6000	6700	7000	7600	23750
Ефективність енергозатрат	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
Термін окупності , років	9,1	9,5	10,4	12	13,2

Кількість заміщеного (зекономленого) традиційного палива (газу, вугілля) запропонованою геліоводонагрівною установкою становитиме протягом рок 1,78 т у перерахунку на умовне паливо. Умовне паливо це еталонне паливо з теплотворною здатністю 29,3 МДж/кг. Таку теплотворну здатність має кам'яне вугілля, яке залежно від сорту має теплотворну здатність від 20 до 30 мегаДжоулів на 1 кг.

Враховуючи сучасну ціну вугілля імпортованого до України з Південної Африки 92,7\$ за тону використання запропонованої нами сонячної водонагрівної установки забезпечує річну економію коштів у сумі майже 180 \$.

РОЗДІЛ 4

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

4.1. Визначення розрахункових навантажень.

При розрахунку навантажень застосовується метод додавання розрахункових потужностей на вводах споживачів з врахуванням коефіцієнта одночасності. Для приміщень ферми ВРХ максимальне навантаження на вводі визначаємо по даних РУМ – 81. розрахункове навантаження на вводах визначається значеннями денного та вечірнього максимуму та відповідних їм коефіцієнтів потужності.

Значення потужності денного та вечірнього максимуму ферми ВРХ зведені в таблиці 5.1.

Таблиця 4.1. Вечірні та денні максимуми

	Назва об'єкту	Кількість	Руст. кВт	Розрахункове навантаження	
				Р _{ден.} , кВт	Р _{веч.} , кВт
1	Корівник	2	46	17	17
2	Телятник з профілакторієм	1	14	6	9
3	Молочний блок	1	35	15	15
4	Кормоцех	1	47	20	10
5	Водокачка	1	11	11	11
6	Котельня	1	10	10	10
7	Будинок тваринника	1	6	3	5
8	Ветамбулаторія	1	1,1	0,6	0,8
9	Ветізолятор з пунктом штуч-	1	6	2	4

	ного запліднення				
10	Вагова	1	4	4	4
11	Пологове відділення	1	14	6	9
12	Кормобульбосховище	1	5	5	2

Розрахункове навантаження по участкам мережі визначаємо відповідно для денного та вечірнього максимумів.

Таблиця 4.2.

Таблиця розрахункового навантаження по ділянках мережі по денному та вечірньому максимумі.

Розрахунок ва ділянка	Денне навантаження				Вечірнє навантаження				
	$P_{д.б.}$	$P_{д.м.}$	ΔP	$P_{д.}$	$P_{в.б.}$	$P_{в.м.}$	ΔP	$P_{в.}$	
Лінія 1	3-4	17	-	-	17	17	-	-	17
	2-3	17	17	10,5	27,5	17	17	10,5	27,5
	1-2	27,5	17+15	10,5+9,2	47,2	27,5	17,5	10,5+9,2	47,2
	0-1	47,2	3	1,8	49,0	47,2	5	3	50,2
Лінія 2	3-4	5	-	-	5	2	-	-	2
	2-3	10	5	3	13	10	2	1,2	11,2
	1-2	20	13	7,9	27,5	11,2	10	6	17,2
	0-1	27,9	4	2,4	30,3	17,2	4	2,4	19,6
Лінія 3	3-4	6	-	-	6	9	-	-	9
	2-3	6	2	1,2	7,2	9	4	2,4	11,4
	1-2	7,2	0,6+6	0,4+3,6	11,2	11,4	0,8+9	0,5+5,4	17,3
	0-1	11,2	11	6,7	17,9	17,3	11	6,7	24,0

Додамо навантаження денного і вечірнього максимумів :

$$P_{д.} = P_{д.б.} + \Delta P \cdot (P_{д.м.}) + \dots + P \cdot (P_{д.м.}) \quad (4.1)$$

$$P_{д.} = 49,0 + \Delta P(30,3) + \Delta P(17,9) = 49 + 19,3 + 11,1 = 79,4 \text{ кВт.}$$

Підрахуємо денне та вечірнє навантаження за цією ж формулою.

Навантаження зовнішнього освітлення території ферми прийнятого з розрахунку 250 Вт на будівлю.

$$P_{\text{осв.}} = P \cdot m, \text{ кВт}, \quad (4.2)$$

де m – кількість будівель ; $m = 15$

$$P_{\text{осв.}} = 250 \cdot 15 = 3750 \text{ Вт} \approx 3,7 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{в.}} = P_{\text{в.б.}} + \Delta P(P_{\text{в.м.}}) + \dots + \Delta P(P_{\text{в.м.}})$$

$$P_{\text{в.}} = 77,31 + 3,7 = 81 \text{ кВт.}$$

У зв'язку з перевагою силового навантаження вечірній максимум більше денного , тому по вечірньому максимумі вибираємо для МТФ що проектуємо трансформаторну підстанцію.

Визначаємо повну вечірню потужність

$$S_{\text{в.}} = P_{\text{р.в.}} / \cos \phi_{\text{в}}, \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

де $\cos \phi_{\text{в}}$ – вечірній коефіцієнт потужності , який залежить від виду навантаження

Для виробничого $\cos \phi_{\text{в}} = 0,75$, $\cos \phi_{\text{д}} = 0,7$;

$$S_{\text{в.}} = 81 / 0,75 = 108 \text{ кВ}\cdot\text{А}$$

Потужність трансформаторної підстанції вибираємо за інтервалами економічних потужностей за умовою:

$$S_{\text{е.н.}} < S_{\text{р}} < S_{\text{е.в.}},$$

де $S_{\text{е.н.}}$ та $S_{\text{е.в.}}$ – відповідно нижня та верхня межі економічних інтервалів навантажень (кВ·А) ;

$S_{\text{р}}$ – розрахункове навантаження трансформатора.

Для даної МТФ вибираємо трансформаторну підстанцію потужністю 160 кВ·А. Тип трансформатора ТМ – 160.

Дані КТП для МТФ.

Таблиця 4.3.

Тип ТП	Номінальна потужність кВ·А	Номінальний струм , А			Номінальний струм фідерів , А			
		Вн 10кВ	Нн 0,4кВ	Плавної вставки для захисту трансфор- матора	1	2	3	Вумне освітлення
КТП 160	160	9,25	231,5	10	80	160	100	15

КТП під'єднана до лінії 10кВ роз'єднувачем РЛНД – 10/200 з проводом ПР 11 через запобіжник типу ПК – 10. Захист від перенапруги здійснюється розрядником РС – 10 з високої сторони та РВН – 0,5 на стороні низької напруги.

4.2. Розрахунок повітряної лінії 0,38 кВ.

Розрахунок мережі 0,38 кВ виконується по мінімуму приведених затрат. Величини еквівалентної потужності визначаємо за формулою:

$$S_{\text{екв.}} = S_{\text{max}} \cdot K_g , \text{ кВ}\cdot\text{А} , \quad (4.3)$$

де S_{\max} – максимальне проєктоване навантаження на кінець розрахункової ділянки.

K_g – коефіцієнт, який враховує динаміку росту навантаження, $K_g=0,7$.

Радгосп знаходиться в III кліматичному районі, тоді максимальна стінка ожеледі складає 10 мм.

За кривими добутку затрат вибираємо марки та переріз проводів для кожного участку мережі 0,38 кВ.

Розрахунок мережі за допустимою стратою напруги виконуємо виходячи з максимального розрахункового навантаження ділянок.

Для визначення допустимою втратою напруги в лінії 0,38 кВ складаємо таблицю відхилення напруги для споживачів, підєднаних до підстанції 10/0,4 кВ. Відхилення напруги для даних споживачів повинно бути не більше – 5% при 100% навантаження + 5% при 25% навантаження. Втрати в лінії 10 кВ задані енергопостачаючою організацією. Слід мати на увазі, що втрати напруги в лінії електропередач приводять до погіршення роботи споживачів електроенергії. Вони, як правило, раніше вказаного терміну виходять з ладу. Тому ці вимоги, які вказані вище необхідно виконувати з точністю. Відхилення напруги у споживачів зведені в таблиці 4.4.

Відхилення напруги у споживачів

Таблиця 4.4.

Елементи схеми електропостачання	Навантаження в %	
	100	25
Шини 10 кВ РТП 35/10 кВ	+ 5	0
ВЛ – 10 кВ	- 6	- 1,5
Трансформатор 10/0,4 кВ		
- витрати напруги	- 4	- 1
- постійна надбавка	+ 5	+ 5

- регульована надбавка	+ 2,5	+ 2,5
мережа 0,38 кВ	- 7,5	0
Відхилення напруги у споживача	- 5	+ 5
Допустиме відхилення напруги у споживача	- 5	+ 5

Ферма ВРХ , що проектується розміщена в районі з такими кліматичними умовами : III район по ожеледі ; III район по вітру

Таблиця 4.5. Дані для вибору проводів за економічним інтервалом.

Марка та переріз проводів мережі 0,38 кВ	Економічний інтервал потужності, кВ·А
$A_{16} + A_{16}$	0 – 3,1
$2A_{16} + A_{16}$	3,1 – 5,8
$3A_{16} + A_{16}$	5,8 – 13,5
$3A_{25} + A_{25}$	13,5 – 25,4
$3A_{50} + A_{50}$	> 25,4

Втрати напруги визначаються за формулою:

$$\Delta U_{\text{мах.діл.}} = S_{\text{мах.діл.}} + \ell_{\text{діл.}} \cdot \gamma_{\text{пр}} / v_{\text{н}},$$

де $S_{\text{мах.діл.}}$ – максимальна потужність ділянки, кВ·А ;

$\ell_{\text{діл.}}$ – довжина ділянки, км ;

$\gamma_{\text{пр}}$ – провідність , Ом/км

$$\gamma_{\text{пр}} = \tau_0 \cdot \cos\varphi_0 + x_0 \cdot \sin\varphi_0$$

Дані для марки проводів зведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6.

Таблиця електричних параметрів проводів

№ п/п	Провід	$\gamma_{\text{пр}}$	τ_0	x_0	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$
1	A16	1,82	1,98	0,4	0,8	0,6
2	A25	1,26	1,28	0,4	0,8	0,6
3	A35	0,981	0,98	0,4	0,8	0,6
4	A50	0,752	0,64	0,4	0,8	0,6

4.3. Робота апаратури захисту в ненормальних режимах.

Особливості розрахунків стимулів короткого замикання в сільських мережах 380 та 220 В заключається в тому, що опори лінії 10 кВ можна знехтувати та врахувати тільки опір трансформатора та проводів лінії 0,38 кВ. Напруга на шинах ВП підстанції 10/0,4 кВ вважається незмінною на протязі всього короткого замикання.

Для перевірного розрахунку приймаємо точку короткого замикання на двигун водокачки. Однофазний струм короткого замикання буде найменший.

Опір трансформатора при однофазному короткому замиканні дорівнює :

$$Z_{m.o} = 26 / 5H = 26 / 160 = 0.16 \text{ Ом}$$

Повний опір петлі фаза – нуль :

$$Z_n = \sqrt{(\sum R_n)^2 + (\sum X_n)^2}, \text{ Ом}, \quad (4.4)$$

де $R_n = R_\phi + R_o + R_k$

R_ϕ – опір фазового проводу, Ом ;

R_o – опір нульового проводу, Ом ;

R_k – опір контактів, Ом ;

Знаходимо активний опір проводів :

$$R(A_{25}) = 1,28 \cdot 0,19 \cdot 2 = 0,35 \text{ Ом}$$

$$R(A_{16}) = s \cdot \ell / s = 18,4 \cdot 0,5 / 16 = 0,06 \text{ Ом}$$

Активний опір проводу приводимо до розрахункової температури :

$$R_t = K_t \cdot R_{г.о.}; \quad K_t = 1 + \alpha (t + 20^\circ),$$

де α – температурний коефіцієнт електричного опору, для міді

$$\alpha = 0,0004 \text{ Ом/гр.}$$

$$K_t = 1 + 0,0004(75 - 20) = 1,28$$

$$R_t = 1,28 \cdot 0,06 = 0,013 \text{ Ом}$$

Загальний опір лінії :

$$\sum R_{\text{л}} = R(A_{25}) + R_t + R_{\text{конт}} = 0,359 + 0,013 + 0,025 = 0,4872$$

Визначаємо зовнішній індуктивний опір проводу , обумовлений взаємоіндукцією між фазним та нульовим проводом.

$$\chi = 0,145 \lg \alpha_{\text{ф.н.}} ; \alpha_{\text{ф.н.}} = 400$$

$$\chi = 0,145 \lg 400 = 0,145 \cdot 2,16 = 0,38 \text{ Ом}$$

$$\chi(A_{25}) = 0,38 \cdot 0,15 = 0,057 \text{ Ом} ;$$

$$\chi_{\text{ф.н.}} = 0,057 \cdot 2 = 0,114 \text{ Ом}$$

Активний опір всієї петлі :

$$\sum R_{\text{n}} = 0,4872 \text{ Ом} ;$$

Індуктивний опір всієї петлі :

$$\sum X_{\text{n}} = X_{\text{ф.н.}} = 0,114 \text{ Ом.}$$

Повний опір петлі :

$$Z = \sqrt{(0,4872)^2 + (0,114)^2} = \sqrt{0,24 + 0,013} = 0,51 \text{ Ом}$$

Струм однофазного короткого замикання дорівнює :

$$I_{\text{к.з.}}^1 = 220 / 0,51 + 0,16 = 220 / 0,67 = 328,4 \text{ А}$$

Захист електродвигуна водокачки здійснюється автоматичним вимикачем АЕ 2046 – 10 РУ 3 ; $I_{\text{н.т.р.}} = 25 \text{ А}$

Умови надійного спрацювання його виконуються

$$I_{\text{к.з.}}^1 \geq I_{\text{ел.м.мезг.}} \quad I_{\text{к.з.}}^1 / I_{\text{с.тр.м}} = 328,4 / 12 \cdot 25 = 1,12 ; 1,12 > 1$$

Оскільки значення струмів трифазного короткого замикання необхідні для перевірки стійкості апаратури, то знаходимо струм короткого замикання в точці К_Г на шинах 380 В

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = U_{\text{б}} / \sqrt{3} \cdot Z_{\text{трєз}}; \text{ де } Z_{\text{рєз}} = Z_{\text{тр}};$$

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = U_{\text{б}} / \sqrt{3} \cdot Z_{\text{тр}},$$

де $U_{\text{б}}$ – базисна напруга, $U_{\text{б}} = 380 \text{ В}$,

$Z_{\text{тр}}$ – опір трансформатора при трьохфазному к.з. ,

$$Z_{\text{тр}} = U_{\text{к}}\% \cdot U_{\text{б}}^2 / 100 \cdot S_{\text{н}},$$

де $U_{\text{к}}\%$ - напруга короткого замикання , $U_{\text{к}} = 4,5\%$

$$Z_{\text{тр}} = 4,5 \cdot 300 / 100 \cdot 160 \cdot 10^3 = 0,041 \text{ Ом};$$

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = 380 / \sqrt{3} \cdot 0,041 = 5359,7 \text{ А.}$$

В трансформаторній підстанції КТП – 160 на фідерах встановлені автоматичні вимикачі АЗ716. розмикаючий струм для них до 15-20 кА. Струм трьохфазного короткого замикання 5379,7 А, отже автоматичний вимикач АЗ716 в даних умовах буде спрацьовувати.

Перевірка мережі на допустиме зниження напруги при пуску самого потужного двигуна.

Електричні мережі повинні перевірятися на зниження напруги при пуску самого більшого двигуна за потужністю , при цьому допускається зниження напруги на зажимах найбільшого електродвигуна до величини , при якій забезпечується запуск , а у других двигунів зниження напруги не більше ніж на 20%.

Зниження напруги при пуску електродвигуна визначається за формулою

$$\Delta U = Z_n / (Z_m + Z_{дв}) \cdot 100\% , \quad (4.5)$$

де Z_m – повний опір мережі , Ом ;

$Z_{дв}$ – повний опір електродвигуна, Ом.

Для розрахунку приймаємо електродвигун водокачки :

$$P_n = 11 \text{ кВт} ; I_n = 25 \text{ А} ; K_i = 6$$

Опір мережі знаходимо за формулою :

$$Z_m = Z_n + Z^1 + Z_{тр.} , \text{ Ом},$$

де Z_n – повний опір лінії, Ом ;

$Z_{тр}$ – опір трансформатора , Ом ;

Z^1 – опір лінії до електродвигуна від шафи керування , Ом

$$Z_n = \sqrt{(\tau_n)^2 + (\chi_n)^2} , \text{ Ом}.$$

На ділянці лінії прийнятий провід А₂₅.

$$\tau_n = \tau_0(A_{25}) \cdot \ell(A_{25}) = 1,28 \cdot 0,15 = 0,192 \text{ Ом};$$

$$\chi_n = \chi_0(A_{25}) \cdot \ell(A_{25}) = 0,4 \cdot 0,15 = 0,06 \text{ Ом};$$

$$Z_n = \sqrt{(0,192)^2 + (0,06)^2} = \sqrt{0,039} = 0,2 \text{ Ом}.$$

До електродвигуна прокладений провід марки ВПП-16 ГОСТ 5.1618-72.

довжина ділянки 50 м. Індуктивним опором проводу знехтуємо так , як він малий

$$\tau = \rho \cdot (\ell / s) , \text{ Ом} ,$$

де ρ – питомий опір мідного проводу ;

$$\rho = 18,4 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м} ; \ell = 0,05$$

$$\tau = 18,4 \cdot (0,05 / 16) = 0,058 \text{ Ом.}$$

Опір електродвигуна :

$$Z_{\text{ел.дв.}} = U_{\text{н}} / \sqrt{3} \cdot I_{\text{п}} \cdot k = 380 / \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 6 = 1,46 \text{ Ом}$$

Опір трансформатора :

$$Z_{\text{тр}} = U_{\text{н}} \cdot U_{\text{к.з.}} / 100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\text{н}} ; \text{Ом}$$

$$I_{\text{тр}} = S_{\text{тр}} / \sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} = 160 / \sqrt{3} \cdot 0,4 = 231,2 \text{ А}$$

$$Z_{\text{тр}} = 400 \cdot 4,5 / 100 \cdot 1,73 \cdot 231,2 = 1800 / 39963 = 0,045 \text{ Ом.}$$

Опір мережі дорівнює :

$$Z_{\text{м}} = 0,2 + 0,058 + 0,045 = 0,303 \text{ Ом}$$

Зниження напруги при вмиканні електродвигуна складає :

$$\Delta U = 0,303 / 0,303 + 1,46 = (0,303 / 1,763) \cdot 100\% = 17,2 \%$$

Що задовольняє вимогу. В даному випадку водокачка буде запускатися і стійко працювати.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

Від значення, розуміння і правильного виконання електротехнічним персоналом вимог електробезпеки під час проектування, монтажу та експлуатації електроустановок залежить безпека всіх осіб, що користуються цими установками на виробництві і в побуті. Дотримання вимог безпеки праці має велике значення вже на етапі конструювання нових машин, апаратів і різноманітного електрообладнання. Зміни у всіх галузях народного господарства і насамперед в аграрному секторі передбачають підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва шляхом всебічної електрифікації та автоматизації як окремих технологічних (особливо фізично тяжких) процесів, так і цілих технологічних ліній, виробництв та підприємств. Це обумовлює зростання інтенсивності та взаємодії практично всіх категорій працівників сільськогосподарської та промислової галузей з електроустановками різноманітного призначення і напруги живлення. При цьому важливого значення набуває впровадження та наступне вдосконалення електрозахисних засобів, що запобігають травматизму.

Охорона праці та здоров'я працівників, запобігання професійним захворюванням і виробничому травматизму приділяється велика увага, як органами законодавчої, так і виконавчої влади в Україні. На ці цілі виділяються кошти, витрачення яких не за призначенням забороняється. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах пріоритету життя і здоров'я працівників.

ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

1. Закон України "Про охорону праці". Постанова Верховної Ради України від 14.11.92 № 2695-ХІІ

2. Закон України “Про пожежну безпеку”. Постанова Верховної Ради України від 17.12.93 № 3747-ХІІ
3. Закон України “Про дорожній рух”. Постанова Верховної Ради від 28.01.93
4. Закон України “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення”. Постанова Верховної Ради України від 24.02.94
5. ССБП ДСТУ 2293-93. “Система стандартів безпеки праці. Терміни і визначення”.
6. ДСТУ 2272-93. Пожежна безпека. Терміни і визначення.
7. ДБН А 3. 1-3-94. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об’єктів.
8. Єдина державна система показників обліку умов і безпеки праці. Затверджена наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 31.03.94 №27.
9. НАПБ А.01.001.-95. Правила пожежної безпеки в Україні , затверджені наказом МВС України від 22.06.95 №400, зареєстровані Мінюстом України 14.07.95 за №219/95.
10. Типове положення про службу охорони праці: затв. наказом Держнагляд охорони праці України від 03.08.93 №73, зареєстроване в Мінюсті України від 30.09.93 за № 140
11. ДНАОП 0.0-4.12-94. Типове положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з охорони праці ,затверджене наказом Держнагляд охорони праці України від 04.04.94 № 30 , зареєстровано в Мінюсті України 12.05.94 за № 95/309.
12. Положення про медичний огляд працівників певних категорій : затв. наказом Міністерства охорони здоров’я України від 31.03.94 № 45, зареєстроване в Мінюсті України 21.06.94 за № 136/345
13. Положення про розслідування та облік нещасних випадків , професійних захворювань і аварій на підприємствах , установах і організаціях : затв. постановою Кабінету Міністрів України від 10.08.93 № 623.

14. ДНАОП 0.03-3.30-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Зареєстровано в Мінюсті України 18.11.96 №667/1692. Введене в дію 29.11.96
15. ДНАОП 0.03-3.30-96 . Державні стандартні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних вимірювань. Зареєстровано в Мінюсті України 18.11.96 № 488/1513. Введене в дію 29.11.96
16. ПРАВИЛА технічної експлуатації електроустановок споживачів /Держенергонагляд України.-К.:Дисконт,1995.-260с.
17. Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж / Держенергонагляд України .:-кю:Дисконт,1995.-81с.
18. Правила безпечної експлуатації електроустановок. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Держнагляд охорон праці України.-К.:Основа,1997.-265с.
19. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів . ДНАОП 0.00.1.21.-98./ Держнагляд охорони праці України.-К.:Основа,1998.-380с.
20. ГКД 34.03.103-96. Система управління охороною праці в Міненерго України . Положення : затверджене Міненерго України 24.04.96.
21. ГКД 34.12.102-9/5. Навчання , інструктаж та перевірка знань працівників підприємств, установ і організацій Міненерго України з питань охорони праці та експлуатації обладнання . Положення.
22. Правила пожежної безпеки у кампаніях , на підприємствах і в організаціях енергетичної галузі України.

5.1. Аналіз стану охорони праці на об'єктах проектування.

Розробка та реалізація заходів з охорони праці робітників виробничих підрозділів посідає належне місце у діяльності господарства.

В господарстві існує спеціалізована служба, очолювана фахівцем з охорони праці, яка функціонує відповідно до щорічного комплексного плану

покращення умов праці і проведення санітарно-оздоровчих заходів. Адміністрація виділяє необхідні ресурси та кошти для здійснення намічених планів.

Водночас контроль за станом охорони праці здійснює комісія профспілкового комітету через громадських інспекторів з охорони праці.

За минулі три роки в господарстві зареєстровано два нещасні випадки.

На об'єктах проектування мають місце шкідливі та небезпечні виробничі фактори, такі, дія яких на людину при певних умовах може призвести до захворювання, зниження працездатності, травмування та летального випадку.

Метою даного розділу є визначення шкідливих та небезпечних виробничих факторів та розробка заходів щодо усунення їх дії на організм людини.

5.2. Безпечність об'єктів проектування

У приміщенні для утримання худоби, в котельні, в пункті технічного обслуговування встановлено значну кількість різноманітного електрообладнання, що може стати джерелом небезпеки ураження тварин і обслуговуючого персоналу електричним струмом.

Інформація про категорії виробництв, приміщень та класи виробничих зон представлена в таблиці 5.1.

Джерело небезпеки – це технологічний об'єкт, який за певних обставин (тривалий вплив або аварія) може стати небезпечним для працівника, зони забудови села, навколишнього середовища (повітря, ґрунтові води, ставок, річка, рослинність і т. д.). Можливі джерела небезпеки та їх дислокація вказані в таблиці 5.2.

Таблиця 5.1. Категорії виробництв приміщення та класи виробничих зон

Назва виробництва, приміщення та електроустановок	Категорія приміщення за умовами навколишнього середовища (за ПУЕ)	Категорія приміщення стосовно небезпеки ураження струмом	Категорія приміщення за вибухо та пожежонебезпечність	Категорія виробництва за вибухо і пожежонебезпечністю	Клас пожежонебезпечних зон (за ПУЕ-85)	Клас вибухонебезпечних зон (за ПУЕ-85)	Санітарний клас підприємств
Корівник	сире	з підвищеною небезпекою	Б	Д	-	В-1б	Ш
Телятник	сире	з підвищеною небезпекою	Б	д	-	В-1б	Ш
Свиноферма	сире	з підвищеною небезпекою	Б	д	-	В-1б	П
Свинарник-відгодівельник	сире	з підвищеною небезпекою	Б	д	-	В-1б	Ш
Котельня	жарке	з підвищеною небезпекою	Г	Г	П-1	В-1	Ш

Таблиця 5.2 Перелік та розташування джерел небезпеки на об'єкті проектування (за ДСТУ 2156 - 93)

Вид джерела небезпеки	Об'єкт - джерело небезпеки	
	Назва	Місце розташування
Джерело електромагнітної небезпеки	Силовий трансформатор 10/0.4 шини 10 кВ	Трансформаторна підстанція.
Джерело пожежної небезпеки	Силовий трансформатор 10/0,4 кВ. Природний газ.	Трансформаторна підстанція ГРП котельні.
Вибухонебезпечне джерело	Силкові трансформатори 10/0,4 кВ. Газорозрядна станція. ГРП.	Трансформаторна підстанція. Котельня
Джерело шуму	Дробарка Вентилятори	Гелятник. Котельня
Джерело біологічної небезпеки	Гноєсховище	МТФ

5.3. Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу.

На основі результатів приведеного аналізу охорони праці в господарстві та умов праці з урахуванням класифікації та категорії приміщень передбачається здійснити такі заходи:

- заземлення і занулення всіх металевих частин електрообладнання, що в нормальному режимі не знаходиться під напругою;
- встановлення розподільчих пунктів в сухих приміщеннях – електрощитових чи будівель у спеціальних прибудовах;
- влаштування пристрою для вирівнювання потенціалів у тваринницьких приміщеннях;
- блискавкозахист виробничих будівель і споруд.

5.4. Розрахунок потреби та вибір захисних засобів.

Для безпечної експлуатації електроустановок проектом передбачена необхідна кількість індивідуальних засобів захисту, плакатів, інструменту, пристроїв (табл. 5.3) та необхідна кількість спецодягу і спецвзуття (табл. 5.4).

Таблиця 5.3. Перелік засобів індивідуального захисту персоналу об'єкту проектування

Найменування захисних пристроїв	Тип	Кількість
Вказівник напруги понад 1000 В	ПНВ-2	1
Оперативна ізолююча універсальна штанга	ШЮК – 10	1
Вказівник напруги 0,4 кВ	УНН-1	2
Переносне заземлення 10 кВ	ПЗЗ-1-5	2
Переносне заземлення 0,4 кВ	ТУ-34-3820-77	2
Переносні плакати і знаки безпеки		2
Захисна каска	А	2
Шланговий протигаз	ПШ-1	2
Захисні окуляри	С-2	2

Таблиця 5.4. Перелік спецодяг та взуття, яким має забезпечуватись персонал на об'єкті проектування

Професія за посадами персоналу	Кількість	Спецодяг спецвзуття та запобіжні засоби	Кількість
Електромонтер	1	Калоші діелектричні Рукавиці комбіновані Чоботи кирзові	Пара/чергові Пара/2 Пара/12
Електромонтер	1	Комбінезон бавовняний Рукавиці комбіновані Рукавиці	1/12 пара/чергові пара/чергові

Таблиця 5.5. Перелік небезпечних та шкідливих виробничих факторів на об'єкті проектування

Найменування приміщень	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори			
	фізичні	хімічні	біологічні	психофізичні
Телятник	Підвищена вологість повітря	Подразнюючі пари гною	Тварини. Гризуни	-
Котельна	Підвищена температура поверхні котлів Загазованість повітря	Витікання газу і диму	-	Наявність видів робіт, під час виконання яких можливі фізичні та нервові перевантаження
Гноєсховище	Підвищена вологість повітря	Подразнюючі випари гною	Дикі тварини. Гризуни	-

5.5 Вибір і розрахунок елементів заземлюючого пристрою.

Розрахунок заземлюючого пристрою виконуємо для прохідної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ, яка має один силовий трансформатор потужністю $S=160$ кВА і займає земельну ділянку площею 20 м^2 .

Для розрахунку заземлюючого пристрою цієї підстанції необхідні такі дані:

- загальна довжина електричного зв'язаних ліній напругою 10 кВ та 0,38 кВ:

$$L_{\text{пл}10}=185 \text{ км} \qquad L_{\text{кл}10}=15 \text{ км} \qquad L_{\text{пл}0,38}=0.64 \text{ км}$$

- питомий опір ґрунту для чорнозему: $\rho=200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

- тривалість стояння льоду – 100 днів

- мінімальна товщина активного шару ґрунту – 1,8 м

- коефіцієнт сезонності $k_{\text{сез}}=2$, при вимірюванні питомого опору ґрунту за середньою вологістю: при використанні довідкових значень питомого опору ґрунту для вертикальних електродів $I_{\text{в}}=2-3$ м і глибиною розміщення вершини $t=0,5\dots0,8$, $k_{\text{сезв}}=1,4\dots1,6$, але $I_{\text{в}}=5$ $t=0,7\dots0,8$ м $k_{\text{сезв}}=1,15$, для горизонтальних штаб $k_{\text{сезв}}=2\dots2,5$ м;

- рівень грозової активності - 60...80 год/рік.

Схема мережі напругою 0,38 кВ, що живиться від ТП-10/0,4 кВ наведена на рисунку 5.1.

Опір заземлюючого пристрою (R) не повинен перевищувати допустимого значення, яке визначається ПУЕ-85:

- по-перше, з боку мережі 10 кВ величиною 10 Ом;

- по-друге, з боку мережі 0,4 кВ величиною 4 Ом;

- по-третє, відношення напруги на заземлюючому пристрої $U_{\text{зз}}$ до струму $I_{\text{зз}}$.

$$R_{\text{зп}} \leq 250 / I_{\text{зз}} \leq 10$$

$$R_{\text{зп}} \leq 125 / I_{\text{зз}} \leq 10$$

Для визначення допустимої величини опору заземлюючого пристрою визначаємо еквівалентний питомий опір двошарового ґрунту за формулою:

$$\rho_{екв} = \frac{k \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot l}{\rho_1(t + kl - hi) + \rho_2(hl - t)} \quad (5.1)$$

де $k=1$ при $\rho_1 > \rho_2$

ρ_1 - питомий опір верхнього шару ґрунту, $\rho_1=200$ Ом·м;

ρ_2 - питомий опір нижнього шару ґрунту, $\rho_2=30$ Ом·м;

h – товщина верхнього шару землі, м;

t – глибина закладання вертикального електрода, м;

l – довжина вертикального електрода;

$$\rho_{екв} = \frac{1 \cdot 200 \cdot 30 \cdot 5}{200 \cdot (0.8 + 1.5 - 1.8) + 30 \cdot (1.8 - 0.8)} = 36,14 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Тоді допустима величина опору заземлюючого пристрою, до якого приєднується нейтраль трансформатора з урахуванням, що питомий опір ґрунту менше 100 Ом·м, дорівнює 4 Ом.

$n_{л}$ – кількість повторних заземлень нульового проводу.

$$R_{п1} = R_{п1}/n_{л} \quad R_{п1} = 30/3 = 10 \text{ Ом} \quad R_{п2} = 30/4 = 7,5 \text{ Ом}$$

Сумарний опір всіх заземлюючих пристроїв у мережі 0,38 буде:

$$R_{пов} = R_{п1} \cdot R_{п2} / R_{п1} + R_{п2} = 10 \cdot 7,5 / 10 + 7,5 = 1 \text{ Ом}$$

ТП-10/0,4 кВ.

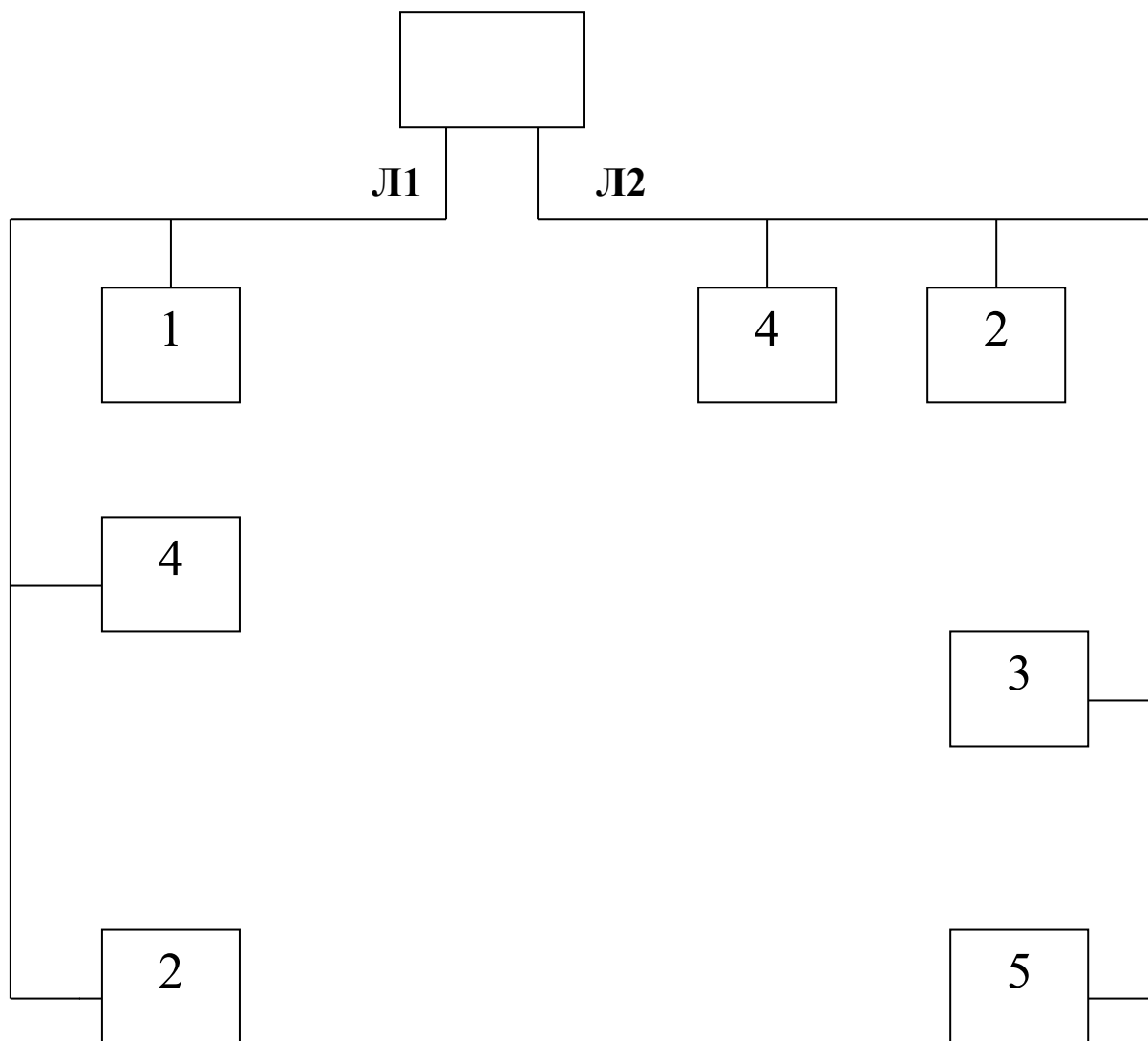


Рис. 5.1. Схема електричної мережі 0,38 кВ із нанесенням повторних заземлень нульового проводу:

1 - корівник; 2-4 – телятники; 3 – склад кормів; 5 – котельня.

Знаючи $R_{\text{пов}}$ і $R_{\text{пр}}$ визначаємо їх сумарне значення:

$$R_{\text{скв}} = R_{\text{пр}} \cdot R_{\text{пов}} / R_{\text{пр}} + R_{\text{пов}} = 17,85 \cdot 1 / 17,85 - 1 = 1,06 \text{ Ом}$$

Оскільки $R_{\text{скв}} < R_{\text{д}}$, то $R_{\text{шт}0,38}$ приймається максимально допустимим за ПУЕ, тобто $R_{\text{шт}0,38} = 30 \text{ Ом}$. Висуваємо вимоги до заземлюючого пристрою з боку мережі 10 кВ.

Допустима величина опору заземлюючого пристрою визначається за формулою:

$$R_{\text{д}} = 125 / I_{\text{з}} < 10 \text{ Ом} \quad (5.2)$$

де $I_{\text{зз}}$ – струм замикання на землю, А.

$$I_{\text{зз}} = \frac{U \cdot (Ln + 35Lk)}{350} \quad (5.3)$$

$$I_{\text{зз}} = \frac{10 \cdot (180 + 35 \cdot 15)}{350} = 20,3 \text{ А}$$

Тоді $R_{\text{д}} = 125 / 20,3 = 6,16 \text{ Ом}$

Цей опір, повинен бути забезпечений з урахуванням природного заземлювачів $R_{\text{пр}}$, штучних заземлювачів $R_{\text{шт}}$ і сумарного опору всіх повторних заземлень повітряної лінії 0,38 кВ:

$$1/R_{\text{д}0,38} = 1/R_{\text{пр}} + 1/R_{\text{шт}} + 1/R_{\text{пов}}$$

Визначаємо величину опору природного заземлювача $R_{\text{пр}}$, Ом - залізобетонного фундаменту підстанції будівлі за формулою:

$$\rho_{ef} = \rho_1 \left(1 - e^{-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S}}} \right) + \rho_2 \left(1 - e^{-\beta \frac{\sqrt{S}}{h_1}} \right) \quad (5.4)$$

де β і α – безрозмірні коефіцієнти, що залежать від співвідношення питомих електричних опорів шарів землі;

$$\rho_{ef} = 200 \cdot \left(1 - e^{-3,6 \frac{1,8}{\sqrt{20}}} \right) + 30 \cdot \left(1 - e^{-0,1 \frac{\sqrt{20}}{1,8}} \right) = 159,63 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Тоді $R_n = 0,5 \rho_{ef} / \sqrt{S_\phi} = 0,5 \cdot 159,63 / \sqrt{20} = 17,848 \text{ Ом}$

Визначаємо загальний опір заземлюючих пристроїв на лінії 1:

$$1/R_{л.1} = 1/R_{11} + 1/R_{12} + 1/R_{13} \quad (5.5)$$

Оскільки $R_{11} = R_{12} = R_{13}$, то $R_{л.1} = R_{13} / R_{л.1} = 30 / 3 = 10 \text{ Ом}$

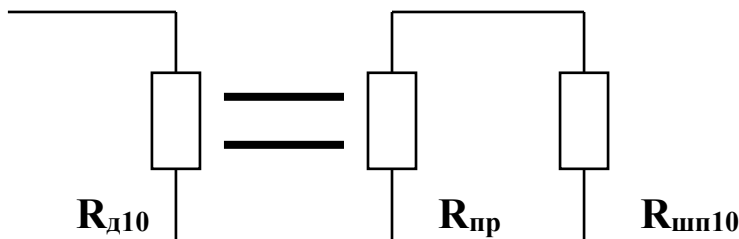


Рис. 5.2. Схема заміщення заземлюючого пристрою

Оскільки $R_{пр} > R_{д10}$, то опору штучного заземлювача $R_{шт10}$ визначається за схемою заміщення за формулою:

$$R_{шт10} = R_{пр} \cdot R_{д10} / (R_{пр} - R_{д10}) = 17,85 \cdot 6,16 / (17,85 - 6,16) = 9,14 \text{ Ом}$$

Після порівняння отриманих величин $R_{шт0,38}$ і $R_{шт10}$ для точності розрахунку приймаємо меншу з них, тобто $R_{шт10} = 9,14 \text{ Ом}$.

Визначаємо опори вертикальних і горизонтальних елементів заземлювача. Опір одного вертикального заземлювача визначаємо за формулою:

$$R_g = \frac{k_c \rho_{екв}}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot h + l}{4 \cdot h - l} \right) \quad (5.6)$$

де k_c – коефіцієнт сезону;

h – відстань від поверхні землі до середини стержня;

d – діаметр стержня з круглим поперечним перерізом, м;

$$R_g = \frac{1,5 \cdot 159,6}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 54,25 \text{ Ом}$$

Тоді провідність буде:

$$q_b = 1/R_b = 1/54,25 = 0,026 \text{ См}$$

Визначаємо попередню кількість вертикальних стержнів без урахування екранування між ними:

$$n = R_g / R_{шт}$$

$$n = 54,25 / 9,14 = 5,93 \text{ шт.}$$

Приймаємо 6 вертикальних стержнів.

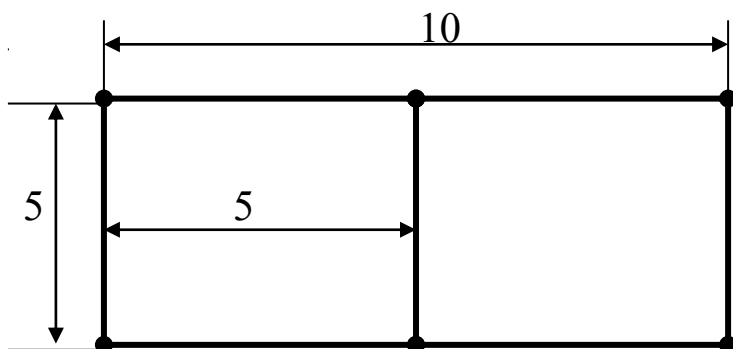


Рис. 5.3. Схема контуру заземлення підстанції.

Схема контуру заземлювача у вигляді прямокутника із відстанню між стержнями $a=5$ м, наведена на рис. 7.3., звідки видно, що довжина горизонтальних елементів заземлювача складає $l_r=30$ м. Для визначення опору горизонтальних елементів спочатку визначаємо еквівалентний опір ґрунту $\rho_{екв}$ з використанням лінійної інтерполяції:

$$\rho_1/\rho_2=200/30=6,6$$

$$\begin{array}{lll} h=2,5 \text{ м} & i & L_r=30 \text{ м} \\ \rho_1/\rho_2=6,6 & h=1 \text{ м} & L_r=30 \text{ м} \end{array}$$

$$\rho_{екв}/\rho_r=2,6+(4,51-2,6)\cdot(6,6-5)/(10-5)=3,21$$

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=3,3 \text{ м} \quad L_r=30 \text{ м}$$

$$\rho_{екв}/\rho_r=3,83+(7,33-3,83)\cdot(6,6-5)/(10-5)=4,95$$

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=2,5 \text{ м} \quad L_r=30 \text{ м}$$

$$\rho_{екв}/\rho_r=3,21+(4,95-3,21)\cdot(2,5-1)/(3-1)=4,51$$

$$\text{Тоді } \rho_{ер}=\rho_2\cdot 4,51=30\cdot 4,51=135,2 \text{ Ом}$$

Тепер можна визначити опір горизонтального елемента заземлюючого контуру за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{k_c \rho_{e2}}{2\pi l_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{2l_{\Gamma}}{b \cdot t}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{2 \cdot 135.2}{2 \cdot 3.14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{2 \cdot 30}{0.04 \cdot 0.8} = 3,25$$

Провідність горизонтальних елементів заземлювача буде:

$$q_{\Gamma} = 1/R_{\Gamma} = 1/3,25 = 0,307 \text{ См}$$

Визначаємо загальний опір заземлюючого пристрою R , для цього визначаємо коефіцієнт використання складного заземлювача.

Дано:

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=5 \text{ м} \quad h/l=0,5 \quad a/l=1 \quad n=6 \quad \eta=0,545$$

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=5 \text{ м} \quad h/l=1 \quad a/l=1 \quad n=6 \quad \eta=0,536$$

$$\rho_1/\rho_2=6,6 \quad h=5 \text{ м} \quad h/l=0,8 \quad a/l=1 \quad n=6 \quad \eta=0,5429$$

Тоді опір штучного заземлювача трансформаторної підстанції визначається за формулою:

$$R_{um} = \frac{1}{0.5429 \cdot (6 \cdot 0.026 + 0.307)} = 3.979 \text{ Ом}$$

Таким чином ($3,979 < 9,14$) штучний заземлювач є замкненим контуром, що включає 6 вертикальних стержнів довжиною 5 м, які з'єднанні штабою довжиною 30 м.

Загальний опір заземлюючого контуру з урахуванням природного заземлювача і повторних заземлювачів повітряної лінії при цьому буде:

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_n} + \frac{1}{R_{um}} + \frac{1}{R_{пов}}$$

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{17,85} + \frac{1}{3,97} + \frac{1}{2,5} = \frac{1}{0,707} = 1,41 \text{ Ом}$$

Тоді $R_3=1,41 < 4 \text{ Ом}$, що задовольняє вимоги пункту 1.7.62. ПУЕ-85.

5.6. Блискавкозахист виробничих приміщень.

Розрахунок блискавкозахисту виконуємо для телятника. Приміщення знаходиться в зоні з середньорічною тривалістю гроз 60...80 годин, з середнім числом блискавок на 1 км²земної поверхні протягом року – 5, відноситься до III категорії влаштування блискавкозахисту, тип зони – Б.

Довжина будівлі $A=78 \text{ м}$, ширина $B=21 \text{ м}$, висота $h_0=5 \text{ м}$ (рис. 5.4). Для захисту від прямого удару приймаємо одиночний тросовий блискавковідвід. Заземлення блискавковідводу виконане сталлюю штабою $25 \times 4 \text{ мм}$, покладеною на ребро вздовж будівлі на відстані $0,8 \text{ м}$ від фундаменту.

Характеристика зони захисту тросового блискавкозахисту визначається такими параметрами:

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

де h – висота верхнього кінця блискавковідводу, м

h_0 – висота корпусу блискавкозахисту, м

r_0 – основа корпусу блискавкозахисту, м

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

де $h_x=5 \text{ м}$ – висота споруди;

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

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

Підставивши знайдене значення h , отримаємо:

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

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

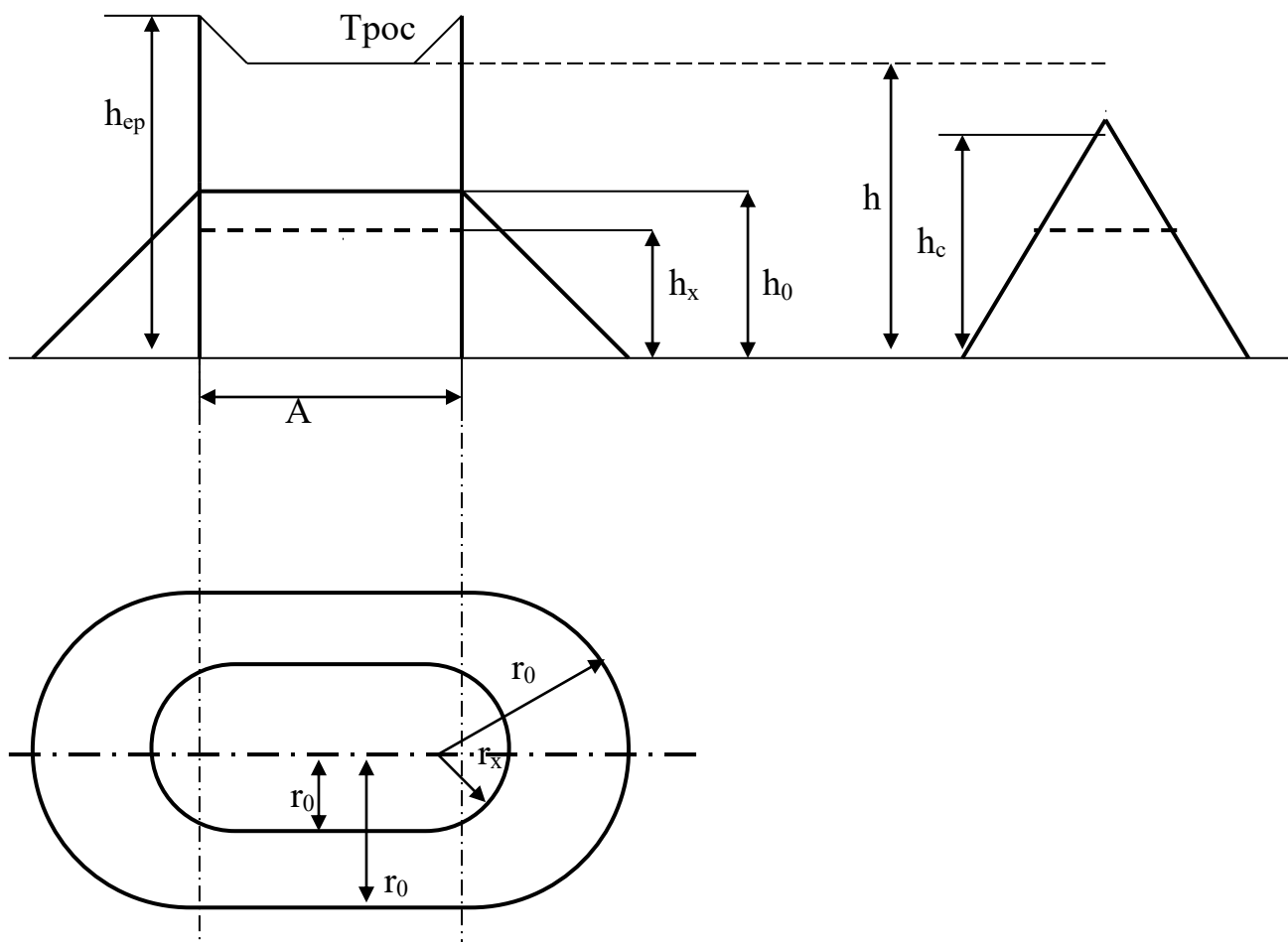


Рис. 5.4. Схема блискавкозахисту свинарника:
 r_0 – радіус зони захисту на рівні поверхні землі;
 r_x - радіус зони захисту на висоті h_x від поверхні землі.

5.7. Система протипожежного захисту на об'єктах проектування

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

Згідно з ПУЕ тваринницьке приміщення за класом пожежонебезпеки відноситься до приміщень класу П-П. Для гасіння пожежі в приміщенні передбачений водопровід. З обох сторін від входу до приміщення передбачене встановлення пожежного щита, комплектація якого вказана в таблиці 5.6 і ящика з піском.

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

Таблиця 5.6. Перелік первинних засобів пожежегасіння

Найменування пристроїв та засобів пожежегасіння	Марка	Місце розташування	Кількість	Характеристика виробу
1	2	4	5	6
Вогнегасник хімічний пінний	ОХП-10	Пожежний щит		Місткість 10 л
Вогнегасник вуглекислотний	ОУ-5	Пожежний щит	1	Місткість 5 л
Відро		Пожежний щит	1	Місткість 10 л
Лопата		Пожежний щит	2	
Лом		Пожежний щит	1	
Багор		Пожежний щит	1	
Ящик з піском		Біля пожежного щита	1	Місткість 0,5 м ³
Сокира		Пожежний щит	1	

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній магістерській роботі проаналізовані питання енергопостачання госпдвору агорфірми ПСП “Відродження” Уманського району, Черкаської області до складу об’єкту входять телятник на 175 голів та ряд будівель ремонтного, адміністративного та технологічного призначення.

Потрібні параметри повітря всередині виробочих приміщень телятника дотримуються за рахунок примусової припливно-витяжної вентиляції, яка в холодний та перехідний період року сумісна з повітряним опаленням.

Розрахунок теплового балансу приміщення телятника для холодного та перехідного періоду року дозволили визначити основні теплотехнічні параметри комплексу: середню та максимальну (під час опалювального сезону) теплові потужності та річні потреби комплексу в тепловій енергії. На основі теплового балансу визначені основні показники опалювального сезону для тваринницької ферми: його тривалість $n_o^{TB} = 147$ діб, середня за опалювальний сезон температура $t_{o,сep}^{TB} = - 3,3$ °С та гранична температура $t_{o, гр.} = 1,0$ °С.

В магістерській роботі спроектована активна система сонячного гарячого водопостачання. Отримана гаряча вода використовуватиметься в автонапувалках будівлі телятника. Вибір теплотехнічного обладнання – плоского сонячного колектора та ємнісного бойлера – ґрунтується на основі розрахунків споживання гарячого водопостачання.

Обґрунтовано вибір ємнісного водонагрівача Vitocell–B300 з контролером Solatrol–M та геліоколектором Vitosol 100 тип s1,7 (виробництва Германії).

Колекторна панель монтується на даху телятника; орієнтована на південно-східний напрям, кут нахилу колекторної панелі відносно горизонту – 35 град.

Річна частка сонячної енергії в покритті теплового навантаження на гаряче водопостачання (ступінь заміщення палива) складає величину $f_{\text{рік}} \approx 0,58$.

Запропонований для підігріву води в літній період сонячний водонагрівач дає економію 15 тис. кВт*год електроенергії, що при діючому в 2025 р. для непобутового споживача, в залежності від вибору комерційної пропозиції електропостачальника, тарифові 9 грн/кВт*год еквівалентно економії коштів - 135 тис грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Драганов Б.Х., Бессараб О.С., Міщенко А.В., Шутюк В.В. Проектування систем теплопостачання сільського господарства. – К.: Техніка, 2003. – 161с
2. Корчемний М. Федорейко В. Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі – Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. –984с.
3. Васильченко В.В. Екологічні аспекти енергозбереження в Україні: Енергозбереження в Україні 97. - Київ. - 1997. –321с.
4. Жовтянський В.А. Проблеми розвитку енергозбереження в Україні та шляхи їх вирішення // Проблеми економії енергії: Збірник матеріалів III Міжнар. конф. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехнік". - 2001.-С. 24-34.
5. Закон України про енергозбереження: №74/94 від 1.07.1994 р.// Закони України. - Київ, 1997. - Т.7. - С. 281 - 291.
6. Закон України про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки: № 2623-III від 11.07.2001 р. // Закони України. - Київ, 2001.
7. Рабінович М.Д. Економічні показники систем теплопостачання з нетрадиційними джерелами енергії та методика їх розрахунку // Економіка України. – 1997. – №10. – С.83-84.
8. .Б.Х.Драганов, В.В.Іщенко, О,В,Шеліманова. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем. К.:Аграрна освіта. 2017.-230 с.
9. Методичні вказівки до лабораторно-практичних робіт з дисципліни «Енергоощадність та альтернативні джерела енергії» для студентів денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр» / Уклад. Є.О. Антипов, О.В. Шеліманова. – Київ: РВВ НУБіП України, 2018. – 84 с.
- 10.Закон України «Про енергетичну ефективність»
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-IX#Tex>
- 11.Закон України «Про альтернативні джерела енергії»

https://ips.ligazakon.net/document/view/t030555?ed=2019_07_11

12. Ришард Титко. Відновлювані джерела енергії (Досвід Польщі для України). // Ришард Титко, Володимир Калініченко. - Варшава, 2010. - 533 с.
13. В. С. Самохвалов. Вторинні енергетичні ресурси та енергозбереження. Навч. посібник. – К.: Вид-во "Центр учбової літератури". – 2008. – 178с.
14. Єнін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди»). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 244 с.
15. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 . Будівельна кліматологія – К.: Мінбуд України, 2011. – 127 с.
16. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. - Київ: Мінрегіонбуд України, - 2009. – 56
17. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель.
- 18.