

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

**Розробка системи електропостачання
вівцеферми приватного фермерського господарства**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141- Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Гембатюк В. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Оробчук Б. Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Коваль В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Коваль В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль, 2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«27» січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту ГЕМБАТЮК Владиславу Степановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання
вівцеферми приватного фермерського господарства

Керівник роботи: Оробчук Богдан Ярославович, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «31» грудня 2025 року № 4/7-1162

2. Термін подання студентом завершеної роботи: червень 2026 року

3. Вихідні дані до роботи: Типова схема електропостачання тваринницьких приміщень, графіки навантаження та споживання приміщень, схеми електропостачання від зовнішньої мережі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Генеральний план вівцеферми з нанесенням ТП і ПЛ 0,4 кВ

2. План вівчарні з нанесенням освітлювального обладнання

3. План вівчарні з нанесенням силового обладнання

4. План вівчарні з нанесенням внутрішньої водопровідної мережі

5. Схема електрична принципова водонагрівача

6. План вівчарні з нанесенням обладнання для створення мікроклімату

7. Схема керування електровентильторами і електрокалорифером

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи хорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 12 січня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2026	
2	Аналітичний розділ	28.02.2026	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2026	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2026	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2026	
6	Висновки	10.06.2026	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2026	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Гембатюк В. С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Оробчук Б. Я.

РЕФЕРАТ

Гембатюк Владислав Степанович. Розробка системи електропостачання вівцеферми приватного фермерського господарства.

Стор.– 72; рис. - 10; табл. - 14; слайдів - 12; джерел - 33; додатків - 0.

У кваліфікаційній роботі розглянуто проєкт електрифікації вівцеферми на 1000 маток приватного агропромислового підприємства «Агропродсервіс», яке знаходиться в с. Настасів Тернопільського району, з розробкою автоматизації теплових процесів.

На основі наданих і доступних матеріалів виконано аналіз господарської діяльності і рівня електрифікації приватного сільськогосподарського підприємства, зокрема, розрахунок і вибір устаткування системи водопостачання. Для забезпечення необхідних умов роботи згідно рекомендованих норм проведено підбір джерел світла, типів світильників та їх розміщення на плані приміщення, а також проводів освітлювальної мережі.

У розрахунковій частині кваліфікаційної роботи проведено розрахунок електроводонагрівача і електрокалориферної установки. Виконано вибір устаткування, щити керування, обладнання керування і захисту, схему автоматичного керування і датчики температури, підбрано проводи. За розрахованою ввідною потужністю обрано ТП і перетини проводів зовнішніх електромереж напругою 0,4 кВ. Визначено струми однофазного і трифазного короткого замикання.

Розроблено заходи щодо охорони праці безпеки життєдіяльності, сформовано вимоги безпеки при обслуговуванні і ремонті електроустановок на вівцефермі

Ключові слова: силова мережа, електроводонагрівач, електрокалорифер, щит керування, струм короткого замикання, трансформаторна підстанція.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	12
1.1 Обладнання для електропостачання в агропромисловому комплексі	12
1.2 Споживачі тваринницьких господарств по надійності електропостачання	14
1.3 Аналіз резервних електростанцій для сільськогосподарських споживачів	15
1.4 Висновки до розділу 1	21
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	22
2.1 Аналіз агропромислового підприємства і рівня електрифікації	22
2.2 Коротка характеристика вівцеферми	25
2.3 Розрахунок системи водопостачання	27
2.4 Висновки до розділу 2	30
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	31
3.1 Світлотехнічний розрахунок	31
3.2 Електротехнічний розрахунок	36
3.3 Розрахунок системи гарячого водопοїння	41
3.4 Вибір і розрахунок електроустаткування для створення мікроклімату	51
3.5 Висновки до розділу 3	59
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	60
4.1 Стан охорони праці в господарстві	60
4.2 Вимоги безпеки при обслуговуванні і ремонті електроустановок на вівцефермі	63
4.3 Дослідження стійкості об'єкта до впливу ЕМІ	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	69

ВСТУП

Однією із найгостріших проблем в нашій країні вважається виробництво продуктів харчування, зокрема, продукції тваринництва. Тваринництво дає в результаті цінні продукти харчування та сировину для таких галузей промисловості як легка і харчова, але цей напрямок в сільськогосподарському виробництві завжди вважався збитковим [1].

Основними причини такого явища є висока собівартості продукції, великі трудові витрати на одиницю продукції та застаріла технологія виробництва. Для подолання цих причин потрібно широко впроваджувати нові досягнення науки і техніки, проводити механізацію і автоматизацію всіх виробничих процесів. Такі заходи дозволять знизити витрати праці, підвищити продуктивність праці і, відповідно, збільшити випуск продукції [2].

І тільки при застосуванні електричної енергії можливо виконати комплексну механізацію і автоматизацію виробничих процесів, а її всебічне використання сприяє отримати:

- ✓ збільшити приріст живої ваги тварин та зменшити витрату кормів;
- ✓ підвищити технологічний рівень виробництва, продуктивності та культуру виробничого процесу;
- ✓ вивільнити значну кількість обслуговуючого персоналу.

В сільському господарстві електричну енергію використовують для функціонування систем виробничого мікроклімату, в мобільних, силових та стаціонарних і процесах, а також в теплових процесах з метою опромінювання та освітлення і інших технологічних операціях. Для забезпечення роботи згаданих заходів застосовують електричне устаткування сільськогосподарського спрямування, що випускається вітчизняною промисловістю.

Але тільки при комплексному підході можна вирішити всі питання електрифікації, механізації та автоматизації, впровадити висококомеханізовані прогресивні технології, використати передові форми організації праці та керування виробництвом. Такий підхід – це шлях подолання кризи, яка на даний час має місце в сільському господарстві нашої країни [3].

Часткове вирішення цього питання розглядається в темі кваліфікаційної роботи, зокрема, розроблено проєкт системи електропостачання вівцеферми приватного фермерського господарства.

Вирощування овець в Україні має давню історію і, відповідно, є традиційною галуззю тваринництва. Уже багато століть вівці забезпечують селян самим необхідним: шкіра та вовна йдуть на виготовлення одягу, м'ясо і молоко є цінними продуктами харчування, а піт овець, що містить жирні кислоти, використовується у парфумерно-косметичній галузі та фармакології у якості основи для виготовлення мазей. Ще на початку минулого століття в шкіру ягнят закутували недоношених дітей, щоб вони вигрівались, як у материнському лоні [4]. Наприкінці минулого століття поголів'я овець в Україні складало біля 20 млн., а на сьогодні – десь в межах 200-300 тисяч. Але фахівці кажуть, що потенціал України складає не менше 100 мільйонів голів, але його майже не розвивають. Вівчарство в умовах нашої держави є прибутковою справою, у чому переконані спеціалісти науково-виробничого агропромислового підприємства «Ель-Гаучо», яке розміщене на теренах нашої області у Заліщицькому районі [5].

В Україні теперішні вівцеферми здійснюють перехід від екстенсивних до інтенсивних методів господарювання, зосереджуючись в основному на м'ясному та молочному спрямуванню (гіссарська та романівська породи овець). Такі господарства впроваджують високотехнологічне обладнання, системи автоматизованого годування і утримання, а це дає можливість виконати оптимізацію витрат та підняти якість продукції - м'яса, молока, вовни [6].

Охарактеризувати базові характеристики сучасних вівцеферм можна наступним чином [7]:

- ✓ напрямок діяльності – тут акцентують увагу на м'ясному та молочному вівчарстві для забезпечення сировини у легкій промисловості та продуктів харчування;

- ✓ породи – приділяють увагу вирощуванню продуктивних порід – романівської, гіссарської, південноафриканської, - які швидко виростають;

✓ інфраструктура – здійснюють побудову нових або модернізацію старих приміщень, використовують легкі металоконструкції, ефективні системи вентиляції і освітлення;

✓ технології - впроваджують автоматизацію процесів годування та напування, здійснюють індивідуальний облік овець;

✓ екологічність: екологічні ферми орієнтуються на вирощування екологічно незабрудненої продукції.

Перспективи розвитку сучасних вівцеферм є наступними:

✓ збільшення поголів'я, що характеризується розширенням сільськогосподарських підприємств;

✓ переробка, тобто формування власної лінії переробки сирів, м'ясних виробів;

✓ інвестиції, які полягають у можливості здійснювати оптимізацію витрат при спорудженні потужних комплексів.

Сучасна вівцеферма поєднує сьогодні і розведення тварин, і також бізнес, для чого потрібні знань у генетиці, годуванні та маркетингу.

Автоматизація на вівцефермі — це впровадження сучасних технологій для годування, напування, доїння та моніторингу здоров'я тварин. Вона зменшує витрати праці, знижує собівартість продукції та покращує умови утримання. Основні компоненти включають автоматичні годівниці, системи клімат-контролю та електронні системи обліку тварин, що підвищує продуктивність.

Основними напрямками автоматизації на вівцефермах можна вважати наступні [8]:

✓ процеси автоматизації годування та напування, які полягають у використанні напівавтоматичних систем для подачі корму через труби в лотки, у зменшенні ручної праці та покращенні гігієни, а автоматичні напувалки надають можливість постійного доступу до чистої води;

✓ використання систем моніторингу та здоров'я, зокрема, електронних вушних бірkok або давачів активності дозволяють слідкувати за здоров'ям, руховою активністю та репродуктивним циклом кожної тварини;

- ✓ процеси автоматизованого доїння передбачають використання роботизованих систем доїння, які дозволяють оптимізувати процес, забезпечити високу якість молока та комфортні умови для овець;

- ✓ використання систем клімат-контролю дозволяє автоматично здійснювати регулювання таких параметрів як температура, вологість та вентиляція в приміщеннях, а це є надзвичайно важливим показником для здоров'я молодого поголів'я.

Процеси автоматизації дозволяють знизити вплив людського фактору, мінімізувати можливі помилки, виконати оптимізацію використання ресурсів та піднести загальну рентабельність господарства.

Впровадження процесів електрифікація вівцеферми дозволяє забезпечити механізацію процесів, підвищити продуктивність та покращити умови утримання тварин. Електрифікація включає в себе такі напрями як освітлення, прибирання гною, водопостачання, приготування кормів та підстригання овець. Основною метою електрифікації є автоматизація процесів для зменшення долі ручної праці та оптимізація витрат електричної енергії.

Основними напрямками електрифікації вівцеферми є наступні [9]:

- ✓ освітлення, яке передбачає монтаж енергоефективних світильників у приміщеннях для утримання тварин та на території вівцеферми;

- ✓ водопостачання передбачає встановлення електричних насосів для автоматичного напування тварин;

- ✓ приготування корму та його роздача передбачає встановлення електродвигунів для подрібнювачів кормів і кормороздавачів;

- ✓ підстригання овець передбачає для стрижки використання електричних машинок;

- ✓ прибирання гною передбачає встановлення транспортерів або скреперних установок з електроприводом.

Переваги електрифікації вівцеферми полягають у наступному:

- ✓ зменшується трудомісткість, оскільки процеси автоматизації дозволяють обслуговувати значну кількість овець меншою кількістю людей;
- ✓ покращуються умови утримання, тобто забезпечується стабільне водопостачання, вентиляції і освітлення;
- ✓ зростає економічна ефективність, тобто впроваджений процес раціонального використання електроенергії дозволяє знизити собівартість продукції.

Для того, щоб забезпечити надійність, потрібно розробляти систему електропостачання з урахуванням параметрів потужності всіх електричних споживачів вівцеферми.

Підводячи підсумки викладеного вище матеріалу, можна стверджувати, що питання впровадження електрифікації та автоматизації технологічних процесів в сільськогосподарській галузі є сьогодні надзвичайно важливими, а тематика кваліфікаційної роботи *«Розробка системи електропостачання вівцеферми приватного фермерського господарства»* - актуальною.

Об'єктом дослідження є система електропостачання вівцеферми приватного фермерського господарства.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка надійної та ефективної системи електропостачання вівце-ферми приватного фермерського господарства із забезпеченням якісної електроенергії згідно встановлених стандартів.

Для того, що добитися поставленої в кваліфікаційній роботі мети, було вирішено такі завдання:

- розроблено генеральний вівцеферми з нанесенням ТП і ПЛ 0,4 кВ;
- розроблено план вівчарні з нанесенням освітлювального обладнання;
- розроблено план вівчарні з нанесенням силового обладнання;
- розроблено план вівчарні з нанесенням внутрішньої водопровідної мережі;
- розроблено схему електричну принципову водонагрівача;
- розроблено план вівчарні з нанесенням обладнання для створення мікроклімату.

Практична новизна кваліфікаційної роботи полягає в запропонованому ефективному варіанті системи електропостачання вівцеферми приватного фермерського господарства із впровадженням систем автоматизації технологічних процесів та забезпеченням якісної електричної енергії згідно встановлених стандартів та вимог енергетичної ефективності і функціональності.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Обладнання для електропостачання в агропромисловому комплексі

Електричні мережі сільських населених пунктів володіють протяжністю і та невеликою потужністю. Сільські населені пункти мають характерне навантаження низьковольтних мереж, яке знаходиться в межах від 3 до 8 кВт/км, що набагато меншим у порівнянні з невеликими містами, де воно рівне від 10 до 60 кВт/км. Тому необхідно доставляти електричну енергію до великого числа розосереджених відносно малої потужності об'єктів. У підсумку довжина електричних мереж (якщо рахувати на одиницю потужності споживача) значно перевищує цей показник в інших напрямках народного господарства, а ціна електропостачання у сільськогосподарському секторі складає біля 75% від загальної ціни електричної енергії при врахуванні витрат на закупівлю електрифікованого технологічного устаткування [10].

В сільських регіонах України системи електричного постачання використовують декілька класів напруги - 110 кВ; 35 кВ; 10 кВ та 0,4 кВ. Базовими компонентами такої системи виступають трансформаторні підстанції, лінії електричної передачі, пункти розподільні та невеликі електростанції (малі гідроелектростанції та зарезервовані джерела електричної енергії). Найбільш поширеними компонентами є трансформаторні підстанції на напругу 10/0,4 кВ, лінії електропередачі на напругою 0,4 кВ та резервовані електричні станції з двигунами внутрішнього згорання на робочу потужність від 10 кВт до 650 кВт. Споживачі цієї категорії найбільше використовують трансформаторні підстанції комплектні вітчизняного та зарубіжного виробництва (табл. 1.1, рис. 1.1), а також трансформаторні підстанції щоглові з силовими трансформаторами потужністю на 63 і 100 кВА (ТУ 3.06 001-92) [11].

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика комплектних трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4 кВ

Тип КТП	Бік високої напруги			Бік низької напруги						
	U _{нп} , кВ	Номінальний струм, А					ліній			
		трансформатора	запобіжника	трансформатора	ввідного автомата	1	2	3	4	Освітлення
КТП 25-6/0,4У1	6	2,41	8	36,1	40	16	40	25	-	15
КТП 25-10/0,4У1	10	1,45	5							
КТП 40-6/0,4У1	6	3,75	10	58	63	16	40	25	-	15
КТП 40-10/0,4У1	10	2,31	8							
КТП 63-6/0,4У1	6	6,05	16	91	-	32	63	40	-	15
КТП 40-10/0,4У1	10	3,64	10							
КТП 100-6/0,4У1	6	9,6	20	144,4	-	32	100	63	-	15
КТП 100-10/0,4У1	10	5,78	16							
КТП 160-6/0,4У1	6	15,4	32	231,5	-	63			-	15
КТП 160-10/0,4У1	10	9,25	20							
КТП 250-10/0,4У1	10	14,45	32	361	-	50	50	100	400	15
КТП 25-6/0,4Т1	6	2,41	8	36,1	-	-	40	25	-	16
КТП 25-6,6/0,4Т1	6,6	2,19								
КТП 25-10/0,4Т1	10	1,45	5							
КТП 25-11/0,4Т1	11	1,31								
КТП 40-6/0,4Т1	6	3,75	10	58	-	-	40	25	-	16
КТП 40-6,6/0,4Т1	6,6	3,5								
КТП 40-10/0,4Т1	10	2,31	8							
КТП 40-11/0,4Т1	11	2,1								
КТП 63-6/0,4Т1	6	6,05	16	91	-	40	60	40	-	32
КТП 63-6,6/0,4Т1	6,6	5,52								
КТП 63-10/0,4Т1	10	3,64	10							
КТП 63-11/0,4Т1	11	3,31								
КТП 100-6/0,4Т1	6	9,6	20	144,4	-	63	100	63	-	32
КТП 100-6,6/0,4Т1	6,6	8,75								
КТП 100-10/0,4Т1	10	5,78	16							
КТП 100-11/0,4Т1	11	5,25								
КТП 160-6/0,4Т1	6	15,4	32	231,5	-	63	160	80	-	32
КТП 160-6,6/0,4Т1	6,6	14,0								
КТП 160-10/0,4Т1	10	9,25	20							
КТП 160-11/0,4Т1	11	8,4								



Рисунок 1.1 - Підстанція комплектна трансформаторна 10/0,4 кВ

1.2 Споживачі тваринницьких господарств по надійності електропостачання

Для живлення споживачів першої і другої категорій по надійності електропостачання споруджуються закриті трансформаторні підстанції (ЗТП). Такі підстанції використовують як вузлові (опорні) у схемах електричних мереж, а їх розподільний пристрій з боку вищої напруги дозволяє одержувати електроенергію від двох незалежних джерел з автоматичним вмиканням резерву (АВР). Можливе також використання ЗТП як пункту мережевого АВР або

Чинні правила улаштування електроустановок враховують три категорії споживачів по надійності електропостачання. До 1-ої категорії відносяться:

- комплекси тваринницькі та молочні ферми на 400 корів і більше;
- розведення та відгодівля великої рогатої худоби на 5000 корів і більше в рік;
- розведення телят на 3000 голів і більше;
- майданчики для відгодівлі великої рогатої худоби на 5000 корів на протязі року;

- комплекси з розведення та відгодівлі свиней на 12 000 осіб і більше протягом року;
- птахофабрики з отримання яєць при утриманні більше 100 000 курей (несучок та м'ясного напрямку) та при утриманні більше 1 000 000 бройлерів протягом року;
- господарства з розведення племінних курей більше 25000 голів, а також індиків, качок і гусей більше 10 000 голів.

До 2-ї категорії зазвичай зараховують тваринницькі ферми та птахоферми із значно меншим поголів'ям у порівнянні зі споживачами 1-ї категорії, а також комплекси і цехи для приготування кормів, розсадні комплекси та тепличні комбінати, сховища картоплі і більше з системою активної вентиляції і постачання холоду, а також холодильники обсягом більше 600 тонн для зберігання фруктів та цехи рибницьких господарств і ферм з інкубаційними установками.

1.3 Аналіз резервних електростанцій для сільськогосподарських споживачів

Методика вибору резервних електричних станцій для окремих сільськогосподарських споживачів розглядається у [12].

В машинобудівній промисловості та деяких підприємствах міністерства агропромислового комплексу нашої держави виробляється доволі велика кількість багатогранних по конструкції електричних агрегатів і резервних електричних станцій. Містким є також асортимент електричних агрегатів зарубіжного виробництва, включаючи дизельними і бензинові двигуни [13].

Нерухома резервна електростанція з електроагрегатом потужністю 30 кВт (одна із кількох за типовими проектами) є приміщенням розмірами 6х6 м, яке розділене на дизельну, кімнату персоналу і тамбур. До складу електростанції входять: електроагрегат АД30С-Т400-РМ1У4 (або інший близький за потужністю); щит керування електроагрегатом; розподільчі пристрої РУС8141, РУС8153 (у кімнаті персоналу); трифазний лічильник електроенергії; випрямляч ВСА-64; акумулятор 6СТ-32; козловий кран; трубопровід газовихлопу;

покрівельний вентилятор; вогнегасник. Кімната персоналу облаштовується столом зі стільцями та телефонним зв'язком. Дизельна (машинне приміщення) має отвір у стіні для забору повітря (з боку радіатора дизеля), що обладнується утепленою заслінкою.

Мобільні електричні станції використовуються для роботи на відкритому просторі при температурі від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ і поділяються на такі групи:

- мала потужність — до 10,0 кВт;
- середня потужність — від 10,0 до 100,0 кВт;
- велика потужність — більше 100,0 кВт.

Такі електричні станції обладнанні захистом від атмосферного впливу та володіють здатністю працювати в умовах вібрації та коливання.

Електричні станції по способу транспортування поділяються на такі групи:

- перевізні станції;
- станції на причепах.

Перевізні станції зазвичай розміщують в кузові автомобіля, а станції на причепах - у вагончику чи на 1- або 2-осному причепі чи. Пересувні електростанції комплектуються інвентарними гнучкими кабелями, запасними частинами, інструментом, заземленням, засобами пожежогасіння.

Стандартом (ГОСТ 13822-82) визначені три рівні автоматизації резервних дизельних електростанцій, кожен з яких передбачає певний набір функцій, що реалізуються без участі обслуговуючого персоналу.

Досить раціональним варіантом конструктивного виконання автономних джерел електроенергії є контейнерні дизельні електростанції, які можуть використовуватися тривалий час або як резерв, будучи обладнаними пристроями автоматичного введення резерву (АВР). Останні забезпечують автоматичний пуск дизель-електроагрегату як у випадку повного зникнення напруги в електромережі, так і при виникненні неповнофазного режиму чи недопустимому зниженні напруги однієї з фаз. З відновленням напруги в мережі навантаження із заданою затримкою автоматично перемикається з генератора резервної ДЕС на мережу. Для уникнення перерви у живленні електроприймачів передбачений

короткочасний режим паралельної роботи ДЕС із мережею. Оскільки дизельні двигуни у складі електроагрегатів працюють всього лише 100÷150 годин протягом року, потребуючи суттєвих матеріальних і трудових витрат, їх експлуатація є нераціональною. Альтернативним (певною мірою) варіантом може бути використання комбінованого джерела електроживлення, що складається із встановленого в окремому приміщенні генератора трифазного змінного струму і трактора, що за необхідності приводить його в дію, а в інший час використовується за прямим призначенням.

У пересувних станціях з комбінованим джерелом електроживлення варіанти розміщення генератора можуть бути наступними:

- безпосередньо на шасі трактора;
- на одновісному причепі;
- на металевому каркасі, що навішується на трактор.

Мобільний енергетичний засіб (агрегат) на базі шасі автомобіля з електричною системою відбору потужності може живити електроенергією комплекси електрифікованих мобільних сільськогосподарських машин, сезонних споживачів — насосні станції, агрегати приготування вітамінного борошна та комбікормів тощо. До складу агрегату входить синхронний генератор трифазного змінного струму напругою 400/230 В і потужністю 200 кВт, що може працювати як з ізольованою, так з глухозаземленою нейтраллю. Система регулювання напруги забезпечує прямий пуск асинхронного електродвигуна потужністю до 125 кВт. Місткість паливних баків достатня для роботи без їх поповнення протягом 10÷12 годин. Агрегат є одночасно і тяговим засобом, і мобільним джерелом електроенергії, до того ж може бути обладнаний радіостанцією. Резервні джерела живлення на приводі від валу відбору потужності автомобіля з дизельним двигуном (ряд за потужністю — 16; 30; 60; 100 кВт) розробки ЛатвНДІМЕСГ агрегатуються з шасі автомобіля.

Навісна електростанція СНТ-12А використовується для живлення електроенергією виїзних стригальних пунктів та пересувних установок для профілактичної обробки овець. Навішується на трактор і має генератор трифазного змінного струму напругою 400/230 В.

Електрогенераторні установки УГ30-400Т, УГ-60-400Т (навісні) мають у своєму складі генератори трифазного змінного струму потужністю відповідно 30 та 60 кВт і напругою 400/230 В та встановлюються на шасі автомобіля або трактора.

Електрична генераторна установка УГ-60-Т400 (іноді в документації позначається як АД-60-Т400 або ЕД-60-Т400) представляє собою дизельну електричну станцію з номінальною потужністю 60 кВт і служить для вироблення трифазного електричного струму.

Основні технічні характеристики:

- номінальна потужність – 60,0 кВт (75,0 кВА);
- максимальна потужність – 66,0 кВт (82,5 кВА);
- номінальна напруга - 400 В (трифазна);
- частота струму - 50 Гц;
- номінальний струм - 108 А;
- коефіцієнт потужності – 0,8;
- тип струму - змінний трифазний.

Умови експлуатації установки:

- висота до 1000 м над рівнем моря;
- температура оточуючого повітря від -40 °С до +40 °С;
- відносна вологість повітря до 98% при температурі +25 °С.

Двигун та паливна система залежать від виробника та комплектації, а сама установка може комплектуватися різними типами двигунів - ЯМЗ-236, ММЗ Д-246.4 або Ricardo/Weifang з такими характеристиками:

- ✓ частота обертів - 1500 об/хв;
- ✓ система охолодження - рідинна (радіаторна);
- ✓ витрата палива - біля 14–16 л/год (при 75% навантаженні).

Конструктивне виконання

Генератор є синхронного типу із самозбудженням (наприклад, Leroy Somer або подібний).

Варіанти розміщення електрогенераторної установки:

- відкритий (на шасі);
- у кожусі шумозахисному;
- пересувний варіант - на причепі або у контейнері.

Ступінь автоматизації електрогенераторної установки:

- 1-й – з ручним запуском;
- 2-й - з автоматичним введенням резерву.

Експлуатаційні особливості електрогенераторної установки:

- допустиме перевантаження – може становити до 10% від номінальної потужності на протязі 1 год. кожних 12 год. роботи.

- стабільність напруги - відхилення не повинно бути більшим $\pm 1\%$ при постійному навантаженні.

- ресурс до капітального ремонту - зазвичай становить 10 000 – 15 000 мото-годин і: залежить від марки двигуна.

Установка такого типу широко використовується у якості базового або резервного джерела живлення для сільськогосподарських підприємств, промислових об'єктів та будівельних площадок.

У ненавантаженому стані установка забезпечує пуск незавантаженого асинхронного короткозамкненого електродвигуна потужністю не більше 30 кВт. Установка не призначена для паралельної роботи із електромережею. Ресурс до чергового капітального ремонту має становити не менше 1000 год.

Електрогенераторна установка ЕГУ-50 з генератором трифазним на змінний струм номінальною потужністю 50 кВт і напругою 400/230 В є навісною і агрегатується з тракторами Т-150К або МТЗ-82. Установка може працювати в режимах з ізольованою або глухозаземленою нейтраллю генератора. Транспортування установки здійснюється автомобілем або трактором, який заводить генератор за допомогою спеціального зчіплювального пристрою. В табл. 1.2 представлено технічні характеристики електрогенераторної установки ЕГУ-50, а на рис. 1.2).

Таблиця 1.2 - Технічні параметри установки ЕГУ-50

Номінальна потужність, кВт	50
Номінальна напруга, В	400
Номінальна частота, Гц	50
Номінальна сила струму, А	91
Частота обертання, об/хв: вала відбору потужності	1000
вала генератора (через клинопасову передачу)	1500
Маса, кг	800
Габаритні розміри, мм	2300x1490x1640



а) на базі шасі автомобіля



б) на причепі

Рисунок 1.2 – Варіанти пересувних джерела живлення

У сільське господарство України також поставляються електрогенератори з приводом від дизельного автомобіля або трактора виробництва концерну "Leroy Somer" (Франція) потужністю 27, 38 та 70 кВА.

Останнім часом розгортаються роботи із впровадження у сільськогосподарське виробництво альтернативних (поновлюваних) джерел енергії, зокрема вітроелектроагрегатів та сонячних електростанцій різної потужності.

1.4 Висновки до розділу 1

1. Виконано аналіз системи електропостачання в агропромисловому комплексі, зокрема, базовими компонентами такої системи виступають трансформаторні підстанції, лінії електричної передачі, пункти розподільні та невеликі електростанції

2. Проведено аналіз споживачів тваринницьких господарств по надійності електропостачання і виявлено, що для живлення споживачів першої і другої категорій по надійності електропостачання доцільно споруджувати закриті трансформаторні підстанції.

3. Виконано аналіз резервних електростанцій для сільськогосподарських споживачів, зокрема, мобільних, які обладнанні надійним захистом від атмосферного впливу та володіють здатністю працювати в польових умовах, умовах вібрації та коливання.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз агропромислового підприємства і рівня електрифікації

Приватна вівцеферма знаходиться в с. Настасів Тернопільського району Тернопільської області.

Земельні угіддя знаходяться в першій ґрунтово-кліматичній вологій зоні краю, а температура повітря середньорічна складає 6,4 ...7,8 °С.

Літо тепле і сухе, максимальна температура в окремі роки досягає позначки 30-33 °С. Зима помірно-м'яка, але мінімальні температури можуть опускатися до мінус 25°С. Число днів з сніжним покривом складає 50-60 днів. Середня температура і низький відносний показник вологості повітря супроводжується помірними східними вітрами і іноді з сильними поривами.

Ґрунти відносяться до рівнинного типу ґрунтоутворення, а основним переважаючим типом є родючі, з перевагою чорноземів типових (глибоких малогумусних) та сірих лісових ґрунтів [14].

За даними ґрунтово-геологічного обстеження на території вівцеферми ґрунтові води знаходяться на глибині біля 40-60 метрів. За рахунок атмосферних і річкових вод живляться водоносні горизонти. Крім того, на території землекористування є ставки, артезіанські свердловини і шахтні колодязі.

В даний час майже всі придатні площі орних земель, крім відведених під пасовища, розорані. Природно-кормові угіддя для вівцеферми разом з відведеним пасовищами займають 29325 га.

За спеціалізацією приватне агропромислове підприємство «Агропродсервіс» має багато напрямків, один із яких - вирощування і розведення овець. Проте тут розвинені і інші галузі тваринництва, виробництва зерна і вирощування овочів. Тваринницькими є перші три відділення, де розміщена велика рогата худоба і, зокрема, дійні стада, четверте відділення – рільниче, з виробництва кормів, у п'ятому відділенні розміщена вівцеферма [15].

Загальна земельна площа господарства складає більше 50000 га, зокрема сільськогосподарських угідь 39516 га, з них на ріллю припадає біля 15000 га, включаючи городовину - 2050га, природних пасовищ – 25000 га і сінокосів –

800 га. Із сільськогосподарських угідь 58,5% складають природні кормові угіддя і лише 41,5% складає рілля. У табл. 2.1 приведена експлікація земельних угідь господарства.

Таблиця 2.1 – Експлікація земельних угідь вівцеферми

№ п/п	Назва угідь	Площа (га)	%
1	Рілля, всього	11246	26,1
	(включаючи городовину)	2031	
2	Сінокоси, всього	951	2,2
3	Пасовища, всього	27319	63,5
	З них покращувані	27319	
4	Всього сільськогосподарських угідь	39510	91,8
5	Ліси	360	0,9
	(включаючи захисні лісові смуги)	280	
	Насадження на пісках	40	
6	Чагарники, всього	40	0,1
7	Болота	9	0,02
8	Землі під водою	743	1,7
9	Землі під спорудами, вулицями, площами, парками і ін.	286	0,7
10	Землі під дорогами і прогонами	356	0,8
11	Інші землі, не використовувані в с/г	1715	4
12	Присадибні землі працівників і службовців	67	0,16
	Всього суспільних земель	43089	100

Головною галуззю господарства є велика рогата худоба молочно-м'ясного напрямку, вирощування свиней, а також розведення овець. Зміна стада тварин приведена в таб. 2.2.

Таблиця 2.2 – поголів'я тварин на вівцефермі

Показники	2024 р.	2025 р.	2026 р.
Овець, всього, (гол.)	800	780	750
В т.ч. вівцематок, гол	400	370	320
Питома вага в стаді маток %	48,0	57,7	70,0
Великої молочної худоби, (гол.)	700	500	400
Включаючи дійні корови, (гол.)	130	120	130
Питома вага в стаді %	23,5	33,5	50,0

В даний час на вівцефермі є 500 овець, з них 340 тисяч складає маткове поголів'я. За останніх 5 років на вівцефермі побудовані маткові кошари на 280 голів і вівцекомплекс на 1000 голів. Загальна кількість маткових кошар -2.

У структурі енергетичних засобів в даний час на 2025 рік найбільшу питому вагу складають трактори (75%.) Але також росте кількість електродвигунів і електроустановок, за останніх 5 років їх загальна потужність збільшилася майже удвічі (зростання склало 975 – з 4044 кВт до 8000 кВт).

На полях вівцеферми працюють трактори марок Claas, ДТ–75М, John Deere, New Holland, МТЗ–80, Case IH. Трактори обладнані і оснащені сучасною сільськогосподарською технікою, що забезпечує високопродуктивну працю.

На вівцефермі продовжується впровадження електроенергії в сільськогосподарське виробництво для здійснення загальних процесів механізації та автоматизації виробничих в тваринництві і землеробстві, а також в сферу культурно-побутового обслуговування сільського населення.

Споживання електроенергії на виробничі потреби збільшилося до показника 2097 тис. кВт×год. Розмір і структура енергетичних засобів агропромислового підприємства приведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розмір і структура енергетичних засобів

Найменування	2015 р.		2025 р.		2025 в % до 2015
	Кількість шт.	Потужність кВт	Кількість шт.	Потужність кВт	
Трактори	57	4081	57	4881	100
Комбайни	13	1338	13	1338	100
Автомобілі	30	2530	38	4990	100
Всього-механічна тяга	*	8252	*	14140	171
Електроустаткування	*	2022	*	4000	197
Робоча худоба	*	34	*	0,0	-168
Всього енергетичних потужностей	*	10484	*	18400	175

Споживання електроенергії на комунально-побутові потреби споживачів вівцеферми збільшилося з 1345 тис. кВт×год в 2021 році до 2421 тис. кВт×год в 2025 році.

Аналізуючи вищевикладені показники можна зробити висновок, що в господарстві вводяться нові вівцеферми, зростає витрата електричної енергії у всіх технологічних процесах вівчарства, зокрема переобладнання вівцеферм, що вже діють, на електричне тепlopостачання замість тепlopостачання від вугільних котельних і побудову нових кошар для утримання маток з ягнятами з електрифікацією і автоматизацією всіх процесів.

2.2 Коротка характеристика вівцеферми

Вівцеферма призначена для утримання 1000 суягних (що виношують ягнят) маток і маток з ягнятами в стійловий період. Кошара має прямокутну форму 108×18 м. У центральній частині будівлі передбачений кормовий проїзд, що розділяє кошару на дві рівні частини. У торцях будівлі розташовані підсобні приміщення (вентиляційні камери, фуражна, інвентарна).

Вздовж повздовжніх стін з двох сторін кошари розташовані вигульно-кормові майданчики які не примикають до будівлі, а мають розрив шириною три метри, що дозволяє використовувати його для роздачі кормів, виключаючи заїзд мобільного транспортера на майданчик, запобігти попаданню зливових і талих вод з крівлі будівлі на вигульно-кормові майданчики.

Стійлове утримання маток починається в листопаді і закінчується в квітні. Воно триває близько 150 діб в рік. У лютому кошару готують для прийняття маток з ягнятами. Для цього за 1-2 дні до переведення маток в кошару прибирають гній, проводять дезінфекцію приміщення і технологічного устаткування, розстилають підстилку. Підстилку підвозять на вигульно-кормових майданчиках з годівниць-ясель. Фронт годування складає 0,47 м/гол. Ягнят підготовують в їдальні концентрованими кормами і сіном хорошої якості.

Заповнення годівниць проводять мобільними кормороздавачами КТУ-10 КУТ-3-6М. Поїння овець усередині приміщення проводиться з автонапувалок АП-1А з підігрівом води в зимовий період в проточному водонагрівачі. Температура води для поїння овець повинна бути не нижче 10 °С. У теплий період електропідігрів води відключається. Система водопостачання і автопоїння базується на закачуванні води з артезіанської свердловини у водонапірну установку безбашенного типу, звідки під тиском вона подається споживачам.

Прибирання гною з приміщень кошари і вигульно-кормових майданчиків проводиться бульдозером після перекладу маток на пасовища. Гній з кошари виштовхується у ворота, розташовані в торцях будівлі, потім згрібається і вантажиться навантажувачем у візки самосвальные.

Після прибирання гною проводиться дезінфекція приміщень, інвентаря і технологічного устаткування. Дезінфекція здійснюється мобільними дезінфекційними установками.

Вентиляція в приміщенні припливно-витяжна. подача повітря передбачена у верхню зону припливними системами, а також через розташовані на крівлі вентиляційні шахти.

Передбачено часткове нагрівання припливного повітря в електрокалориферах. Повітря подається в приміщення через металеві повітроводи.

В спеціальних отворах встановлені осьові вентилятори, якими здійснюється витяжка повітря.

2.3 Розрахунок системи водопостачання

Водопостачання вівцеферми передбачається від артезіанської свердловини насосною установкою безбашенного типу. Геометричний тиск становить $H_T = 294$ кПа (30 м). У будівлі кошари знаходиться виробничий водопровід, що подає воду питної якості. Ввід водопроводу виконується сталевую трубою завдовжки 100 м і діаметром 32 мм зі спеціальною антикорозійною ізоляцією, всередині мережа виконана трубами діаметром 25 мм.

Поїння овець всередині вівцеферми передбачено з автонапувалок АП-1А, підключених до внутрішньої водопровідної мережі через резино-тканинні рукави.

Довжина внутрішньої мережі (від вводу в будівлю до останньої автонапувалки) - 230 метрів. У водопровідній мережі встановлені чотири прохідних крани, два зворотні клапани, дві відкриті засувки.

Виконаємо розрахунок максимальної годинної витрати води на вівцефермі за формулою [16]:

$$Q_{\max.год} = \frac{k_{доб} \cdot g \cdot n \cdot k_{год}}{t \cdot \eta} \quad (2.1)$$

де $k_{доб}$ – значення коефіцієнта добової нерівномірності (враховує нерівномірне споживання води протягом доби, $k_{доб} = 1,2$);

g - середньодобова норма споживання води на одну вівцю ($g = 10$ л/доб = $10^{-2} \text{ м}^3/\text{доб}$);

n – кількість маток на вівцефермі ($n = 1000$ гол.);

$k_{год}$ – значення коефіцієнта нерівномірності в годину (враховує нерівномірне споживання води протягом години, $k_{год} = 2,5$);

t - кількість годин в добі, $t = 24$ год;

η - ККД системи водопостачання, $\eta = 0,9$.

$$Q_{\max.зод} = \frac{1.2 \cdot 1000 \cdot 10^{-2} \cdot 2,5}{24 \cdot 0.9} = 1,39 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Розрахуємо витрату води за секунду:

$$Q_c = \frac{Q_{\max.зод}}{3600} + Q_{\text{пож}} \quad (2.2)$$

де $Q_{\text{пож}}$ – значення витрати води при зовнішньому гасінні пожежі приміщення,

$$Q_{\text{пож}} = 0,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$Q_c = \frac{1.39}{3600} + 0,25 \cdot 10^{-3} = 0,65 \text{ л/с}.$$

Визначимо швидкість переміщення води в трубах:

$$v = \frac{1.27 Q_c}{d_m^2}, \quad (2.3)$$

де d_m - діаметр трубопроводу ($d_m = 32 \cdot 10^{-3}$ м).

$$v = \frac{1.27 \cdot 0,65 \cdot 10^{-3}}{(32 \cdot 10^{-3})^2} = 0,81 \text{ м/с}.$$

Визначимо повний розрахунковий тиск у водопідйомнику:

$$H = H_z + h_l + h_m \quad (2.4)$$

де H_z - геометричний тиск, тобто відстань по вертикалі від нижчого рівня води в джерелі до найвищої точки підйому води, $H_z=294$ кПа (30 м);

h_l – значення лінійних втрат тиску на подолання тертя (кПа);

h_m - значення лінійних втрат тиску в місцевих опорах, (кПа).

Визначаємо значення лінійних втрати тиску за формулою:

$$h_{\lambda} = \frac{\alpha \cdot L \cdot v^2}{2d_m} \quad (2.5)$$

де α - коефіцієнт лінійного опору, для сталевих труб $\alpha = 0,02$ [2];

L - довжина труби, $L = 100\text{м}$.

$$h_{\lambda} = \frac{0,02 \cdot 100 \cdot 0,81^2}{2 \cdot 32 \cdot 10^{-3}} = 20,5 \text{ кПа}.$$

Місцеві втрати тиску:

$$h_{\lambda} = \frac{\sum \beta \cdot v^2}{2}, \quad (2.6)$$

де $\sum \beta$ - сума коефіцієнтів місцевих втрат, прохідний кран- $\beta_1 = 3,1$;

зворотний клапан – $\beta_2 = 15$; відкриті засувки – $\beta_3 = 1,5$.

$$h_{\lambda} = \frac{(4 \cdot 3,1 + 2 \cdot 15 + 2 \cdot 1,5) \cdot 0,81^2}{2} = 14,9 \text{ кПа}.$$

Розрахунковий тиск:

$$H = 294 + 20,5 + 14,5 = 329 \text{ кПа}.$$

Визначимо розрахункову потужність насоса [17]:

$$P_{\text{нас}} = \frac{Q_c \cdot H \cdot \gamma}{\eta_n}, \quad (2.7)$$

де γ - густина води, $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$;

η_n - ККД насоса, $\eta_n = 0,6$.

$$P_{\text{нас}} = \frac{0,65 \cdot 10^{-3} \cdot 329 \cdot 1000}{0,6} = 0,356 \text{ кВт}.$$

Розрахункова потужність електродвигуна [18]:

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{нас}} \cdot \kappa_3}{\eta_{\text{п}}}, \quad (2.8)$$

де k_3 - значення коефіцієнта запасу, $k_3 = 2$;

$\eta_{\text{п}}$ - значення ККД передачі, $\eta_{\text{п}} = 1$.

$$P_{\text{дв}} = \frac{0.356 \cdot 2}{1} = 0.712 \text{ кВт}$$

Для водопостачання вівцеферми приймаємо з [17] автоматичну водопідіймальну установку ВУ-4-45 з навантажним відцентровим насосом марки ЕЦВ6-4x50. Продуктивність насоса - 4 м³/год, повний тиск в установці ВЦ-4-45 - 490 кПа.

Насос поставляється в зборі з електродвигуном ПЕДВ 2-140 з такими параметрами: $P_{\text{н}} = 2$ кВт; $I_{\text{н}} = 5,2$ А; $U_{\text{н}} = 380$ В.

2.4 Висновки до розділу 2

1. Проведено аналіз господарської діяльності і рівня електрифікації, який показав зростання витрат електричної енергії у всіх технологічних процесах вівчарства, зокрема, на електричне теплопостачання замість теплопостачання від котельні, на електрифікацією утримання маток з ягнятами.

2. Виконано коротку характеристику вівцеферми, де розглянуто питання комплексної електрифікації вівцеферми та впровадження сучасних технологічних процесів.

3. Виконано розрахунок системи водопостачання, в результаті якого для водопостачання вівцеферми вибрано автоматичну водопідіймальну установку з навантажним відцентровим насосом.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Світлотехнічний розрахунок

Завдання світлотехнічного розрахунку освітлювальної установки полягає у визначенні потрібної потужності джерел світла для забезпечення заданих умов видимості. На початку світлотехнічного розрахунку повинні бути вибрані наступні показники системи освітлення: значення нормованої освітленості, тип і варіанти системи освітлення, тип джерела світла, марки світильників і розміщення їх на плані приміщення.

Відповідно до типу приміщення і його призначення за рекомендацією [19] приймаємо норму освітленості, а результати зводимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Нормована освітленість

№ п/п	Найменування приміщення	Поверхня, для якої норм. освітлення	Освітленість, лк	
			при ЛЛ	при ЛР
I	Приміщення для утримання маток з ягнятами	Підлога	-	30
II	Вентиляційна камера	Шкали приладів	100	75
III	Інвентарна	0,8 від підлоги	-	10
IV	Фуражна	Підлога	-	20
V	Тамбури	Підлога	50	10

У кошарі приймаємо два освітлення: робоче і чергове.

Робоче освітлення забезпечує надійну продуктивність тварин, а так само умови видимості для виконання обслуговуючим персоналом виробничих операцій. У цьому випадку освітленість в усіх точках має бути в межах нормативних стандартів, а пульсація світлового потоку відповідати її допустимому значенню.

Чергове освітлення служить для створення певних умов видимості при періодичному контролі стану тварин, устаткування, що працює в автоматичному режимі, а також при входах, коридорах проходах в приміщенні і так далі.

Відповідно до рекомендацій [20] чергове освітлення має становити в межах 10...20% нормованої робочої освітленості. Для цього з числа світильників робочого приміщення для утримання тварин виділяється 10% світильників.

У приміщенні для утримання маток з ягнятами приймаємо систему загального рівномірного освітлення, яка забезпечує рівномірний розподіл освітленості заданого рівня за всією площею приміщення і виконання світильниками одного типу і потужності, на однаковій висоті. В якості джерела світла в приміщеннях кошари приймаємо установки з лампи розжарювання. Виходячи з того, що лампи розжарювання найбільш прості, надійні в експлуатації, дешевші і компактніші, ніж люмінесцентні лампи. Оскільки вівцеферма експлуатується сезонно (5 місяців в році), то виконання освітлення люмінесцентними лампами буде економічно не вигідним. Також люмінесцентні лампи при пониженні температури повітря нижче 10⁰С без пускача з підігрівом не включаються.

Вибираємо тип світильників, виходячи з умов навколишнього середовища, кривої сили світла (КСС) і потужності ламп. Виходячи зі всіх вище перелічених умов, приймаємо до установки в приміщенні для утримання маток з ягнятами світильники марки ППД - підвісні, пиленепроникні, призначені для освітлення виробничих приміщень з хімічно активним середовищем і розрахованих на роботу з лампами розжарювання 100 і 200 Вт і $\eta_{св} = 0,6$ [21].

Для освітлення майданчиків перед входними дверима вибираємо світильники ППР-100, які відрізняються від ППД відсутністю відбивача і мають матоване або молочне захисне [21]. Для освітлення кормових майданчиків, що прилягають до будівлі кошари, приймемо прожекторне освітлення з лампами ДРЛ.

Розрахуємо загальне освітлення в кошарі для утримання маток з ягнятами, застосовуючи метод коефіцієнта світлового потоку [19]. Визначимо розрахункову висоту світильників:

$$h_p = H - h_{св}, \quad (3.1)$$

де H - висота приміщення, $H = 2,5$ м;

$h_{св}$ - висота світильника, $h_{св} = 0,16$ м.

$$h_p = 2.5 - 0.16 = 2.34 \text{ м.}$$

Виконаємо розміщення світильників по висоті приміщення (рис. 3.1).

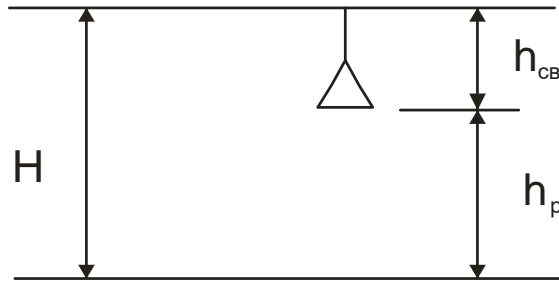


Рисунок 3.1 - Розміщення світильників по висоті приміщення

Визначимо оптимальну відстань між світильниками:

$$L_a = \lambda \cdot h_p, \quad (3.2)$$

де λ - оптимальна відносна відстань між світильниками, $\lambda = 2$ [19].

$$L_a = 2 \cdot 2.34 = 4.68 \text{ м.}$$

Кількість світильників в одному ряду:

$$n_a = \frac{A}{L_a}, \quad (3.3)$$

де A – значення довжини приміщення, $A = 100$ м.

$$n_a = \frac{100}{4.68} = 21.4.$$

Число рядів:

$$n_p = \frac{B}{L_a}, \quad (3.4)$$

де B – значення ширини приміщення, $B = 18$ м.

$$n_p = \frac{18}{4.68} = 3.24$$

Остаточню приймаємо три ряди світильників по двадцять одному світильнику в кожному ряду. Загальна кількість світильників в приміщенні:

$$N = n_a \cdot n_p \quad (3.5)$$

$$N = 21 \cdot 3 = 63 \text{ шт.}$$

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)} \quad (3.6)$$

$$i = \frac{100 \cdot 18}{2.34 \cdot (100 + 18)} = 6.52.$$

Виконаємо розрахунок світлового потоку світильника:

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot \kappa_3 \cdot A \cdot B \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (3.7)$$

де E_n – значення нормованої освітленості, $E_n = 30$ лк;

κ_3 – значення коефіцієнта запасу, $\kappa_3 = 1,30$ [19];

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,20$ [19].

η – величина коефіцієнта використання світлового потоку освітлювального приладу (залежить від марки світильника, значення коефіцієнта віддзеркалення $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{с}}$, $\rho_{\text{р}}$ % та індексу приміщення).

Виходячи з того, що коефіцієнти віддзеркалення поверхонь [19] $\rho_{\text{п}}=50\%$; $\rho_{\text{с}}=30\%$, $\rho_{\text{р}}=10\%$, для світильника ППД і індекса приміщення $i=5,52$ з [19] приймаємо $\eta = 62\%$.

$$\Phi_p = \frac{30 \cdot 1,3 \cdot 18 \cdot 1000 \cdot 1,15}{63 \cdot 0,62} = 2066,8 \text{ лм.}$$

По [22] вибираємо лампу розжарювання типу Б220-230-150, з напругою $U_{\text{л}} = 220-230$ В, потужністю $P_{\text{л}} = 150$ Вт і величиною світлового потоку лампи $\Phi_{\text{л}} = 210$ лм. Проведемо перевірочний розрахунок фактичної освітленості:

$$E_{\text{ф}} = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N \cdot \eta}{\kappa_3 \cdot A \cdot B \cdot Z} \quad (3.8)$$

$$E_{\text{ф}} = \frac{2100 \cdot 63 \cdot 0,62}{1,3 \cdot 18000 \cdot 1,15} = 30,5 \text{ лк.}$$

Різниця між фактичною $E_{\text{ф}} = 30,5$ лк і нормованою освітленістю $E_n = 30$ лк складає 0,5 лк або близько 2%, що не виходить за межі допустимих +20% і -10%, [19].

Встановлена потужність освітлення:

$$P_{уст} = P_l \cdot N \quad (3.9)$$

$$P_{уст} = 150 \cdot 63 = 9450 \text{ Вт}.$$

Остаточно приймаємо три ряди світильників ППД-200 по 21 світильнику в ряду. Враховуючи, що в приміщенні для утримання маток з ягнятами необхідно виділити 10% світильників на чергове освітлення, приймаємо для чергового освітлення 6 світильників (по два світильники в кожному ряду).

Розрахуємо освітлення приміщень вентиляційної камери методом питомої потужності. Розміри приміщення 4x3x2,5 м. В якості джерела світла використовується світильник ППД-200 з лампою розжарювання. Оптимальна відносна дистанція між світильниками $\lambda = 1,6$ [19]; коефіцієнт запасу $\kappa_3 = 1,3$ [19]; $E_{min} = 75$ лк, $\rho_{п} / \rho_{с} / \rho_{р} = 50 / 30 / 10\%$.

Значення висоти монтажу світильника: $h = 2,3$ м.

Виконаємо розрахунок оптимальної відстані між світильниками:

$$L = h \cdot \lambda \quad (3.10)$$

$$L = 2.3 \cdot 1.6 = 3.68 \text{ м}.$$

Кількість рядів світильників знайдемо за формулою:

$$n_g = B / L \quad (3.11)$$

$$n_g = 4 / 3.68 = 1.09.$$

Отже, приймаємо 1 ряд світильників.

Кількість світильників в одному ряду:

$$n_s = A / L \quad (3.12)$$

$$n_s = 3 / 3.68 = 0.82.$$

Приймаємо 1 світильник в ряду. Разом в приміщенні буде встановлений один світильник. Визначимо потужність лампи:

$$P_n = \frac{\omega \cdot S}{N} \quad (3.13)$$

де ω – значення питомої потужності сумарного однакового освітлення (світильника ППД $\omega = 15,7$ Вт/м² [19]).

$$P_{\text{л}} = \frac{15.7 \cdot 12}{1} = 188,5 \text{ Вт}.$$

По [22] вибираємо найближчу стандартну лампу Б220-235-200 з параметрами $P_{\text{л}} = 200 \text{ Вт}$, $\Phi_{\text{л}} = 2540 \text{ лм}$. Для інших допоміжних приміщень виконуємо подібний розрахунок, а отримані результати представлені в світлотехнічній відомості (табл. 3.2).

Для освітлення майданчиків перед входними дверима приймаємо світильник типу ППР-100 з лампами розжарювання потужністю 60 Вт.

Для освітлення вигульних майданчиків, розташованих вздовж будівлі кошари, приймаємо чотири прожектори ПЗР-250 з лампами ДРЛ-250 з висотою підвісу $h = 10 \text{ м}$.

Прожектори встановлюються на залізобетонних опорах по кутах будівлі на відстані 15 метрів. Напрямок світіння уздовж будівлі.

3.2 Електротехнічний розрахунок

Розмістимо світильники на плані приміщення, і розіб'ємо їх на групи. Відповідно до ПУЕ струми групи не повинні перевищувати 25А і кількість ламп розжарювання не повинно перевищувати 20 штук (табл. 3.2), [23].

Розіб'ємо світильники на групи (рис. 3.2).

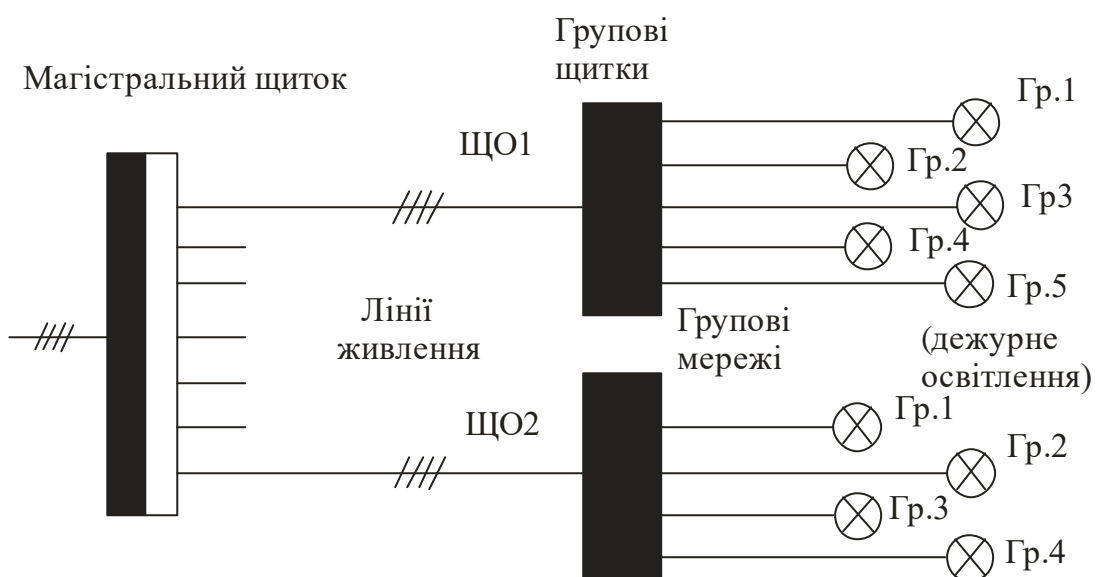


Рисунок 3.2 - Лінії живлення і групові лінії освітлювальної установки

Таблиця 3.2 – Світлотехнічна відомість

Найменування приміщення	К-ть	Площа, м ²	Нормова- на освіт- леність, лк	Коефі- цієнт запасу	Тип сві- тильника	К-ть світиль- ників	Потуж- ність лампи, Вт	Питома потуж- ність, Вт/м ²	Встанов- лена по- тужність, 5 Вт
Приміщення для утримання магок з ягнятами	1	1800	30	1,3	ППД-200	63	150	5,25	9450
Вентиляційна камера	2	24,0	75	1,3	ППД-200	2	200	16,6	400
Інвентарна	1	13,4	10	1,3	ППД-100	1	60	4,5	60
Фуражна	1	13,4	20	1,3	ППД-100	1	100	7,5	100
Тамбур	6	85,3	10	1,3	ППР-100	6	60	4,2	360
Зовнішнє освітлення	-	-	-	-	ППР-100	6	60	-	360
Вуличне освітлення	-	-	-	-	ПЗР-250	4	250	-	1000

Виходячи із вище перерахованих умов приймаємо живлення освітлювального навантаження від двох освітлювальних щитків, розташованих в тамбурах по торцях будівлі вівцеферми. Підрахуємо потужність кожної групи з урахуванням підсумовування потужностей ламп. Дані зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Потужності груп

№ гр.	ЩО - 1					ЩО - 2			
h_p (кВт)	660	1500	1500	1500	900	620	1350	1350	1350

Згідно ПУЕ в приміщеннях і будівлях повинен бути передбачений захист освітлювальної мережі від струмів короткого замикання і попадання небезпечного потенціалу на металеві частини освітлювального устаткування.

Для розподілу освітлювального навантаження і захисту відхідних груп приймаємо два освітлювальні щитки ЩО 32-21 на 6 груп з автоматами на вводі А3114/7 і груповими автоматами АЄ 1031-11 [24]. Для включення освітлення в приміщеннях приймаємо вимикач О2650.

Виходячи з умов навколишнього середовища і особливостей приміщення групову розподільну мережу електроосвітлення виконаємо кабелем марки АВВГ на скобах і на тросі.

Мережі живлення виконаємо чотирижильним кабелем АВВГ на скобах.

Розрахунок перетину кабелів і вибір пускозахисної апаратури проведемо на прикладі найбільш віддаленої і навантаженої групи гр. №4 ЩО 2, що живиться від щита (рис. 3.3).

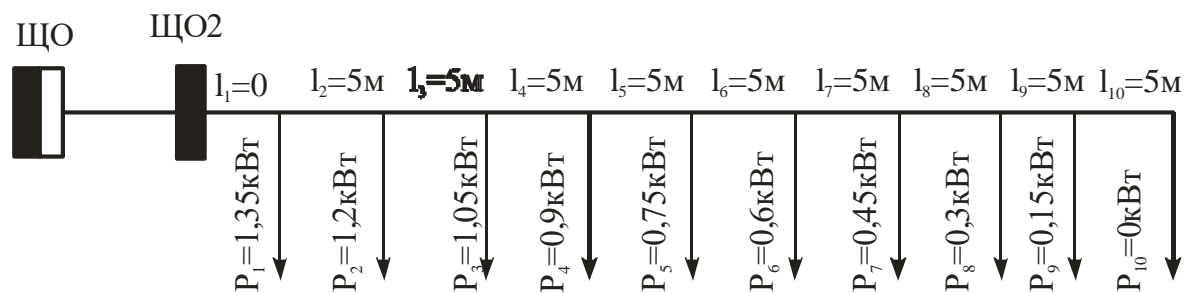


Рисунок 3.3 - Електрична схема мережі живлення і групової мережі до розрахунку перетину проводів

Визначимо струм лінії живлення:

$$I_{жив} = \frac{P_{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\kappa}} \quad (3.14)$$

де P_{Σ} - сумарна потужність групових ліній, Вт.

$$P_{\Sigma} = P_{ep1} + P_{ep2} + P_{ep3} + P_{ep4} \quad (3.15)$$

$$P_{\Sigma} = 620 + 1350 + 1350 + 1350 = 4670 \text{ Вт} .$$

$$I_{жив} = \frac{4670}{\sqrt{3} \cdot 380} = 7.1 \text{ А} .$$

Вибираємо з [26] кабель АВГР 3х16+1х4 з $I_{доп} = 32 \text{ А}$, який задовольняє наступну умову:

$$I_{доп} \geq I_{жив} \Rightarrow 32 \text{ А} \geq 7.1 \text{ А} \quad (3.16)$$

Визначимо втрату напруги в мережі живлення:

$$\Delta U_{жив} = \frac{P_{\Sigma} \cdot l}{C \cdot S} \quad (3.17)$$

де C – постійний для даного дроту коефіцієнт, залежний від напруги мережі, числа фаз і матеріалу дроту, $C = 77$ [25];

S – перетин дроту, $S = 6 \text{ мм}^2$.

$$\Delta U_{жив} = \frac{4.67 \cdot 100}{77 \cdot 6} = 1.01\% .$$

Відповідно до ПУЕ допустима втрата напруги для внутрішніх електропроводок повинна бути $\Delta U_{доп} = 2,5\%$. Звідки витікає, що в групових мережах тих, що живляться від щитка ЩО2, втрата напруги не повинна перевищувати

$$\Delta U_{гр} = \Delta U_{доп} - \Delta U_{лінії}, \text{ тобто } \Delta U_{гр} \leq 1,49\% .$$

Використовуючи відому допустиму втрату напруги для групової мережі, визначимо перетин дроту, що живить групову освітлювальну мережу:

$$S = \frac{\sum P \cdot l}{C \cdot \Delta U_{гр}}, \quad (3.18)$$

де $\Sigma P \cdot l$ - сумарний момент навантаження, кВт•м; C - коефіцієнт, $C = 7,7$ [25].

$$\Sigma P \cdot l = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot l_2 + P_3 \cdot l_3 + P_4 \cdot l_4 + P_5 \cdot l_5 + P_6 \cdot l_6 + P_7 \cdot l_7 + P_8 \cdot l_8 + P_9 \cdot l_9 \quad (3.19)$$

$$\Sigma P \cdot l = 6 \cdot 1.35 + 5 \cdot (1.2 + 1.05 + 0.9 + 0.75 + 0.6 + 0.45 + 0.3 + 0.15) = 33.4 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$S = \frac{33.4}{7.7 \cdot 1.49} = 2.9 \text{ мм}^2$$

З [26] вибираємо двожильний кабель АВВГ-4, з $S=4$ мм² і $I_{\text{доп}} = 20$ А.

Визначимо фактичну втрату напруги в груповій мережі:

$$\Delta U_{\text{гр.ф}} = \frac{\Sigma P \cdot l}{C \cdot S} \quad (3.19)$$

$$\Delta U_{\text{гр.ф}} = \frac{33.4}{7.7 \cdot 4} = 1.08\%$$

Бачимо, що отримане значення задовольняє наступну умову:

$$\Delta U_{\text{гр.ф}} + \Delta U_{\text{жив}} \leq \Delta U_{\text{доп}} \Rightarrow 2.09\% \leq 2.5\% \quad (3.20)$$

Визначимо номінальний струм розмикача автомата АЕ-1031-11 для захисту групової освітлювальної мережі Гр.4.

Номінальний струм групи:

$$I_{\text{н.гр}} = \frac{P_{\text{гр}}}{U_{\text{ф}}} \Rightarrow I_{\text{н.гр}} = \frac{1350}{220} = 6.14 \text{ А} \quad (3.21)$$

Номінальний струм розмикача автомата:

$$I_{\text{р.н}} \geq \kappa_3 \cdot I_{\text{н.гр}}, \quad (3.22)$$

де κ_3 - коефіцієнт розкид, що враховує, по струму теплового розмикача, для ламп розжарювання, $\kappa_3 = 1,5$ [24].

$$I_{\text{р.н}} \geq 1.6 \cdot 6.14 = 9.21 \text{ А}$$

Із стандартного ряду для автомата АЕ-1031-11 по [24] вибираємо вставку комбінованого розмикача $I_{\text{рц}} = 10$ А, що задовольняє таку умову: $10 \text{ А} > 9,21 \text{ А}$.

Розрахунок інших груп аналогічний. Дані розрахунку зводимо в розрахункову схему освітлювальної мережі.

3.3 Розрахунок системи гарячого водопοїння

У зимовий час вода, що подається в кошару, може мати температуру біля 5°C , коли згідно зоотехнічних вимог нормальною температурою питної води має бути температура в межах від 12°C до 15°C . Крім зоотехнічних вимог, необхідність підігріву води обумовлюється небезпекою замерзання водопроводу.

Для отримання необхідної температури води у всій системі автонапувалок (особливо біля найдалшої) необхідно передбачати автоматичну нагрівальну циркуляційну систему. Розрахунок системи гарячого водопостачання складається з декількох розділів: теплового і електротехнічного розрахунку електронагрівальної установки, вибору насоса для забезпечення циркуляції води, розробка схеми автоматичного управління роботою водонагрівача, вибір датчиків контролю температури управління і захисту [27].

Тепловий розрахунок електроводонагрівальної установки

Основне завдання теплового розрахунку – визначення потужності електроводонагрівальної установки, її теплового ККД і оптимальних геометричних розмірів, а також товщини теплової ізоляції. Водонагрівач буде виконаний у вигляді зварної циліндрової ємкості, із сталі товщиною $G_{\text{ст}} = 0,003$ м. Для зменшення тепловтрат бак закривається кожухом, між якими буде укладена мінеральна вата (рис. 3.4).

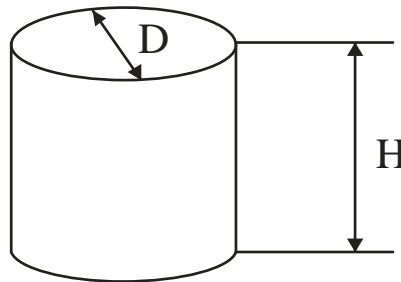


Рисунок 3.4 - Бак водонагрівача

Товщина теплової ізоляції кришки водонагрівача $G_{\text{к}}=0,01$ м, бічної поверхні $G_{\text{б}}=0,01$ м. Місткість бака приймаємо $V=0,4$ м³, початкова температура води $t_{\text{п}}=5^{\circ}\text{C}$, кінцева $t_{\text{к}}=15^{\circ}\text{C}$. Температура повітря в приміщенні, в якому встановлений водонагрівач, $t_{\text{зов}}=5^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнт тепловіддачі зовнішнього кожуха

водонагрівача $\alpha_{\text{нар}}=10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Найвигідніші розміри циліндра можна розрахувати за умовою мінімальної поверхні тепловіддачі при відомому об'ємі. Для нашого випадку ця умова буде виконуватися, якщо діаметр циліндра буде дорівнювати його висоті [27].

Визначимо оптимальні розміри бака водонагрівача з умови $D=H$.

$$\text{Оскільки} \quad V = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (3.23)$$

$$H = \frac{\pi \cdot D^3}{4}, \quad (3.24)$$

$$\text{то} \quad D = H = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} \quad (3.25)$$

$$D = H = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0.4}{3.14}} = 0.8 \text{ м.}$$

тобто оптимальні розміри бака водонагрівача будуть при діаметрі і висоті рівними 80 см.

Розрахункові площі дна і кришки:

$$F_{\text{д}} = F_{\text{к}} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (3.26)$$

$$F_{\text{д}} = F_{\text{к}} = \frac{3.14 \cdot 0.8^2}{4} = 0.5 \text{ м}^2.$$

Тепловий потік, що втрачається водонагрівачем через бічну циліндрову поверхню:

$$\Phi_{\text{ном1}} = \frac{\pi \cdot H(t_{\text{к}} - t_{\text{зог}})}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{D \cdot 2\Delta_i^{\text{б}}}{D} + \frac{1}{\alpha_{\text{зог}}(D + 2\Delta_i^{\text{б}})}}, \quad (3.27)$$

де λ_i - теплопровідність мінеральної вати, $\lambda_i = 0,05 \text{ Вт}/\text{м} \text{ } ^\circ\text{С}$, [27];

$\Delta_i^{\text{б}}$ - товщина теплової ізоляції бічної поверхні $\Delta_i^{\text{б}} = 0,01 \text{ м}$.

$$\Phi_{\text{ном1}} = \frac{3.14 \cdot 0.8 \cdot (15 - 5)}{\frac{1}{2 \cdot 0.05} \cdot \ln \frac{0.8 \cdot 2 \cdot 0.01}{0.8} + \frac{1}{10 \cdot (0.8 + 2 \cdot 0.01)}} = 67.56 \text{ Вт.}$$

Тепловий потік втрачається через кришку водонагрівача:

$$\Phi_{nom2} = \frac{t_k - t_{306}}{\frac{\Delta_i^k}{\lambda_i \cdot F_k} + \frac{1}{\alpha_{306} \cdot F_k}}, \quad (3.28)$$

де Δ_i^k - товщина теплової ізоляції кришки $\Delta_i^k = 0,01$ м.

$$\Phi_{nom2} = \frac{15 - 5}{\frac{0,01}{0,05 \cdot 0,5} + \frac{1}{10 \cdot 0,5}} = 16,7 \text{ Вт}.$$

Через дно водонагрівача втрат теплоти не буде, оскільки температура повітря в приміщенні рівна температурі води, що поступає.

Сумарні теплові втрати водонагрівача:

$$\Phi_{nom} = \Phi_{nom1} + \Phi_{nom2} \quad (3.29)$$

$$\Phi_{nom} = 67,56 + 16,7 = 84,26 \text{ Вт}.$$

Корисна потужність водонагрівача:

$$P_{кор} = \frac{C \cdot Q_v \cdot \rho_v (t_k - t_n)}{3600} \quad (3.30)$$

де C - питома теплоємність води, $C = 4,19$ кДж/кг $^{\circ}\text{C}$;

Q_v - об'ємна витрата води через водонагрівач, $Q_v = 1,39$ м³/год;

ρ_v - щільність води, $\rho_v = 103$ кг/м³, [27].

$$P_{кор} = \frac{4,19 \cdot 1,39 \cdot 10^3 \cdot (15 - 5)}{3600} = 16,18 \text{ кВт}.$$

Встановлена розрахункова потужність водонагрівача при коефіцієнті запасу становить $\kappa_3=1$:

$$P_{вст} = P_{кор} + \Phi_{nom} \quad (3.31)$$

$$P_{вст} = 16180 + 84,26 = 16,264 \text{ кВт}.$$

ККД водонагрівача:

$$\eta = \frac{P_{кор}}{P_{вст}} \Rightarrow \eta = \frac{16180}{16264} = 0,99 \quad (3.32)$$

Електротехнічний розрахунок водонагрівача

Електротехнічний розрахунок нагрівачів включає вибір типу нагрівачів, розробку схеми їх включення з урахуванням вимог до регулювання потужності і напруги живлення.

Для нагріву води у водонагрівачі в якості основного робочого органу приймемо уніфіковані трубчасті водонагрівачі (ТЕНи). До переваг ТЕНів відносяться їх універсальність, надійність і безпека при обслуговуванні. Визначимо потужність одного ТЕНа:

$$P_E = \frac{P_{вст}}{m \cdot n} \quad (3.33)$$

де m - число фаз, $m = 3$; n - число паралельних ТЕНів на одну фазу, $n = 2$.

$$P_E = \frac{16.264}{2 \cdot 3} = 2.71 \text{ кВт.}$$

За [25] вибираємо ТЕН типу ТЕН-140 Б1313,15 Р220 з такими параметрами: $P_{н.е.} = 3,15 \text{ кВт}$, $U_n = 220 \text{ В}$.

У остаточному варіанті водонагрівач буде ємкістю 400 літрів, утеплений мінеральною ватою, закритий кожухом. Всередині бака буде розміщений нагрівальний блок з шести ТЕНів, з'єднаних по схемі зірка (по два ТЕНи паралельно на кожну фазу) і підключений на напругу 380/220 В.

Загальна потужність нагрівального блоку:

$$P_{нагр} = P_{н.е.} \cdot m \cdot n \quad (3.34)$$

$$P_{нагр} = 3.15 \cdot 3 \cdot 2 = 18.9 \text{ кВт.}$$

Розробка схеми автоматичного управління водонагрівачем

Схема управління роботою електроводонагрівачем повинна передбачати: автоматичне включення і відключення нагрівального блоку, циркуляційного насоса, захист нагрівальних елементів, електродвигуна і кіл управління від ненормальних режимів, світлову сигналізацію про роботу блоку нагрівачів. Вибираємо з [28] електричну схему управління електроводонагрівачем ВЕП-600, що задовольняє нашим вимогам (рис 3.5).

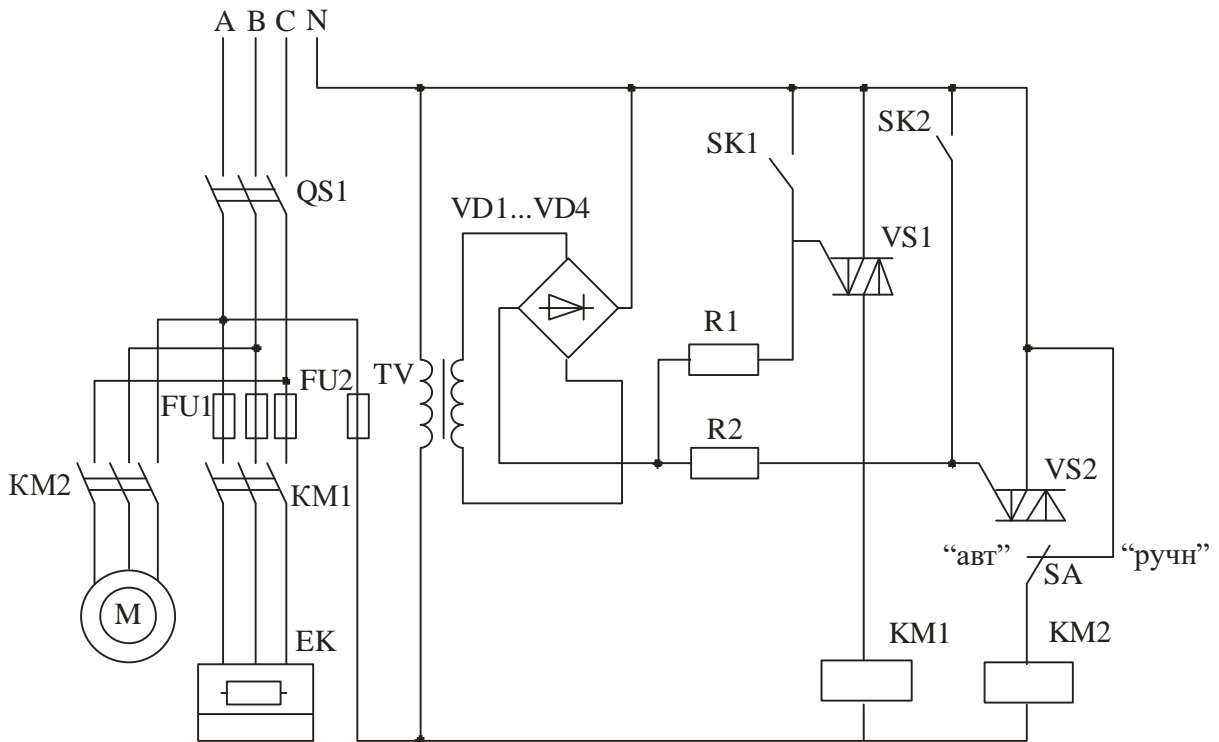


Рисунок 3.5 - Схема електрична керування роботою електроводонагрівача: QS - пакетний вимикач; QF – автоматичний повітряний вимикач; FU1 і FU2 - плавкі запобіжники; KM1 і KM2 –пускатчі електромгнітні; М – електродвигун насоса; ЕК – блок нагрівачів; SK1 і SK2 – датчик температури; VS1 і VS2 – симетричні тиристори; VD1-VD4 - діоди; HL1 і HL2 – індикаторні лампи; R1, R2, R3, R4 – резистори.

Призначення елементів схеми:

М – електродвигун відцентрового насоса, забезпечує періодичну циркуляцію води за системою трубопроводів до автонапувалок;

KM1 – магнітний пускач ввімкнення і вимкнення нагрівального блоку;

KM2 – магнітний пускач для управління насосом;

FU1, FU2- запобіжники для захисту від ненормальних режимів кіл нагрівального блоку і кіл управління;

SK1, SK2 – термодатчики керування роботою нагрівального блоку і циклічністю роботи насоса. Один датчик встановлюється на 16-22⁰С, інший у найдальшій автонапувалки і настраюється на 10-16⁰С;

TV - трансформатор живлення терморегуляторів 220/12 В;

HL1, HL2 – індикаторні лампи для сигналізації роботи нагрівального блоку і роботи насоса.

Схема працює таким чином. Включають пакетний вимикач QS, автомат QF, а тумблер SA – встановлюють в положення «авт». Трансформатор TV і діодний міст VD1...VD4 отримують живлення. Якщо температура у водонагрівачі нижче заданої, то контакти SK1 розімкнені, а на управляючий електрод симістора VS1 подається напруга. Симістор відкривається і на котушку KM1 подається напруга. Через силові контакти KM1, що замкнулися, напруга подається на нагрівальний блок ЕК. Одночасно спалахує сигнальна лампа HL1.

Нагрівальний блок буде включений до тих пір, поки температура у водонагрівачі не досягне заданого значення, після чого замкнуться контакти SK1, симістор VS1 закривається і пускач KM1 знеструмиться. Температура води в системі автонапувалок контролюється датчиком SK2 встановленим у найдальшій автонапувалки. Якщо температура води в системі менше заданої, то розмикаються контакти SK2, симістор VS2 відкривається, напруга подається на котушку KM2 і електродвигун насоса отримує живлення. Одночасно спалахує сигнальна лампа HL2. Вода в системі автонапувалок циркулює до тих пір, поки її температура не досягне заданого значення.

Вибір насоса для забезпечення циркуляції води в системі автонапувалок

Вода з водопровідної мережі поступає у водонагрівач, де підігривається до заданої температури і поступає по трубах до автонапувалок за допомогою насоса. Для циркуляції води в системі автопоїння застосуємо відцентровий насос консольного типу. Згідно розрахункам насос повинен забезпечувати подачу не менше $Q = 1,39 \text{ м}^3/\text{год}$.

Визначимо швидкість руху води в трубопроводі:

$$v = \frac{1.27 \cdot Q}{d_T^2}, \quad (3.35)$$

де d_T – діаметр труби $d_T = 25 \text{ мм}$.

$$v = \frac{1.27 \cdot 0.4 \cdot 10^{-3}}{(25 \cdot 10^{-3})^2} = 0.81 \text{ м/с}.$$

Лінійні і місцеві втрати:

$$h_n = \lambda \cdot L \cdot \frac{v^2}{2d_T} \quad (3.36)$$

$$h_m = \sum \beta \frac{v^2}{2} \quad (3.37)$$

де L - довжина трубопроводу, $L = 240$ м;

$\Sigma\beta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів;

Шість сталевих відведень під кутом 90° $\beta_1 = 0,2$;

Два зворотні клапани $\beta_2 = 15$;

Два вентилі прохідних $\beta_3 = 3,9$ [27].

$$h_n = 0,02 \cdot 240 \cdot \frac{0,81^2}{2 \cdot 25 \cdot 10^{-3}} = 75,6 \text{ Па.}$$

$$h_m = (6 \cdot 0,2 + 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 3,9) \cdot \frac{0,81^2}{2} = 12,8 \text{ кПа.}$$

Розрахунковий тиск:

$$H = h_n + h_m \quad (3.38)$$

$$H = 75,6 + 12,8 = 88,4 \text{ кПа.}$$

Розрахункова потужність насоса:

$$P_{\text{нас}} = \frac{Q_c \cdot H \cdot \rho_g}{\eta_n}, \quad (3.39)$$

де η – значення ККД відцентрового насоса, $\eta = 0,5$ [28].

$$P_{\text{нас}} = \frac{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 88,4 \cdot 1000}{0,5} = 70,7 \text{ Вт.}$$

Розрахункова потужність електродвигуна насоса:

$$P_{\text{дв}} = \frac{\kappa_3 \cdot P_{\text{нас}}}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (3.40)$$

де κ_3 - коефіцієнт запасу, $\kappa_3 = 2$, [28].

$$P_{\text{дв}} = \frac{2 \cdot 70,7}{1} = 141,4 \text{ Вт.}$$

За [28] приймаємо відцентровий насос КМ-6 з такими параметрами: подача $Q_n = 6 \text{ м}^3/\text{год}$ і тиском $H_n = 140 \text{ кПа}$. Насос йде в комплекті з вбудованим двигуном $P_{\text{дв}} = 0,37 \text{ кВт}$, $n_{\text{ном}} = 2900 \text{ хв}^{-1}$, $\eta = 0,7$, $\cos\phi = 0,86$ $\kappa_i = 5$.

Вибір апаратури управління і захисту електроводонагрівача

Виберемо магнітний пускач КМ1 для включення нагрівального блоку ЕК. Визначимо робочий струм нагрівального блоку:

$$I_{\text{р.нагр.}} = \frac{P_{\text{нагр}}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (3.41)$$

$$I_{\text{р.нагр.}} = \frac{18900}{\sqrt{3} \cdot 380} = 28,7 \text{ А.}$$

Магнітний пускач вибираємо, виходячи з умов:

$$U_{\text{н.п.}} \geq U_n, \quad (3.42)$$

$$I_{\text{н.п.}} \geq I_n, \quad (3.43)$$

де $U_{\text{н.п.}}$ - номінальна напруга пускача;

$I_{\text{н.п.}}$ - номінальний струм пускача, А.

Вибираємо по [24] магнітний пускач типу ПАЕ411 з наступними параметрами: $P_n = 30 \text{ кВт}$, $U_n = 500 \text{ В}$, $I_n = 60 \text{ А}$, нереверсивний, без теплового реле, що задовольняє заданим умовам: $500\text{В} > 380\text{В}$, $60\text{А} > 28,7\text{А}$.

Вибір запобіжників для захисту силових кіл нагрівального блоку FUI

Умови вибору запобіжника:

$$U_{\text{н.п.}} \geq U_n, \quad (3.44)$$

$$I_{\text{н.п.}} \geq I_{\text{роб}}, \quad (3.45)$$

$$I_{\text{в}} \geq \kappa_n \cdot I_{\text{роб}}, \quad (3.46)$$

де $I_{\text{в}}$ - значення номінального струму запобіжника, А;

κ_n - коефіцієнт надійності, для ліній, що живлять нагрівальні прилади, $\kappa_n = 1$;

$I_{\text{н.п.}}$ - номінальний струм патрона, А.

З [24] вибираємо запобіжник типу ПН2 з такими параметрами: $I_e = 40 \text{ А}$, $I_{н.п.} = 60 \text{ А}$, $U_{н.пр.} = 380 \text{ В}$, що задовольняє умовам: $380\text{В} = 380\text{В}$, $40\text{А} > 28.7\text{А}$, $60\text{А} > 28.7\text{А}$.

Вибір магнітного пускача для запуску двигуна відцентрового насоса КМ2

Визначимо номінальний струм двигуна:

$$I_{н.дв.} = \frac{P_{дв.}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} \quad (3.47)$$

$$I_{н.дв.} = \frac{0.37 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.86} = 0.65 \text{ А.}$$

Вибір магнітного пускача здійснюємо, виходячи з наступних умов:

$$U_{н.п.} \geq U_{н.дв.}, \quad (3.48)$$

$$I_{н.п.} \geq I_{н.дв.}, \quad (3.49)$$

$$I_{н.р.} \geq I_{н.дв.}, \quad (3.50)$$

де $I_{н.р.}$ - номінальний струм нагрівального теплового реле, А.

Вибираємо з [24] магнітний пускач серії ПМЕ022 з вбудованим тепловим реле ТРН-10А і такими параметрами: $I_{н.р.} = 0,8 \text{ А}$, $I_{н.п.} = 3,2 \text{ А}$, $U_{н.пр.} = 380 \text{ В}$, що задовольняє заданим умовам: $380\text{В} = 380\text{В}$, $3.2\text{А} > 0.65\text{А}$, $0.8\text{А} > 0.65\text{А}$.

Вибір автоматичного вимикача QF для захисту електродвигуна насоса

Умови вибору автомата:

$$U_{н.а.} \geq U_n, \quad (3.51)$$

$$I_{н.а.} \geq I_{н.дв.}, \quad (3.52)$$

$$I_{н.р.} \geq K_n \cdot I_{н.дв.}, \quad (3.53)$$

$$I_{н.е.} \geq K_{н.е.} \cdot I_{р.мах.}, \quad (3.54)$$

де $U_{н.а.}$, $I_{н.а.}$ - номінальна напруга і струм автомата відповідно;

$I_{н.р.}$ - номінальний струм теплового розмикача автомата, А;

κ_n - коефіцієнт надійності, що враховує розкид по струму теплового розмикача, $\kappa_n = 1,3$ [24];

$I_{н.е.}$ - струм відсічення електромагнітного розмикача, А;

$\kappa_{н.е.}$ - коефіцієнт надійності, що враховує розкид по струму електромагнітного розмикача і пускового струму електродвигуна, $\kappa_{н.е.} = 1,25$ [24];

$I_{р.мах}$ - максимальний струм при пуску електродвигуна, А.

$$I_{р.мах} = \kappa_i \cdot I_{н.дв.} \quad (3.55)$$

$$I_{р.мах} = 5 \cdot 0,65 = 3,25 \text{ А.}$$

По [24] вибираємо автомат типу АП-50-3МТ з наступними параметрами: $I_{н.р} = 1,6 \text{ А}$, $I_{н.а.} = 50 \text{ А}$, $U_{н.а.} = 380 \text{ В}$, що задовольняє заданим умовам:

$$380 \text{ В} = 380 \text{ В}, 50 \text{ А} > 0,65 \text{ А}, 1,6 \text{ А} > 0,65 \cdot 1,3 = 0,85 \text{ А}, 5,6 \text{ А} > 4,06 \text{ А}.$$

Для включення силових кіл служить пакетний перемикач QS . З [24] вибираємо триполюсний пакетний перемикач марки ПК-3-60 з такими параметрами: $U_H = 380 \text{ В}$, $I_{н.п.} = 35 \text{ А}$.

Вибір температурних датчиків

Для того, щоб здійснювати автоматичну підтримку необхідної температури води у водонагрівачі і водонагрівальній магістралі кошари, вибираємо з [25] біметалічний терморегулятор теплового розширення серії TR200 (рис. 3.6).

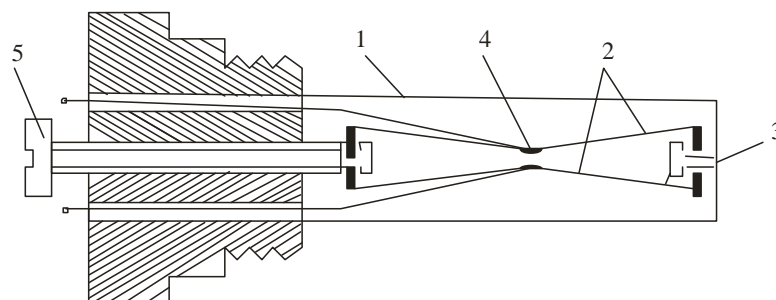


Рисунок 3.6 - Температурне реле TR – 200

Температурне реле TR-200 складається з латунної трубки 1, до одного кінця якої прикріплена державка 3, контакти 4 закріплюються на пластинах 2, виконаних з інвару. При підвищенні температури контрольованого середовища трубка подовжується, її кінець з державкою 3 пересувається вправо, пластини 2

натягаються і контакти 4 розмикаються. Температуру спрацьовування регулюють, змінюючи гвинтом 5 попередній натяг пластин 2, виконаних з інвару. Основна похибка реле складає $\pm 5^{\circ}\text{C}$ при швидкості зміни температури не більше $0,5^{\circ}\text{C}$ в хвилину. Терморегулятори виконуються декількох типів розмірів з різними межами установок. Для нашої установки вибираємо терморегулятор з межами установок $10...30^{\circ}\text{C}$. Розривна потужність контактів реле 30 ВА на змінному і 5 Вт на постійному струмі при напрузі 220 В.

3.4 Вибір і розрахунок електроустаткування для створення мікроклімату

Величина повітрообміну розраховується з умов забезпечення вологості, температури повітря і допустимої концентрації вуглекислоти. Зимою величина повітрообміну визначається по вологості і газовмісту, в якості розрахункового приймається найбільший повітрообмін з отриманих значень.

Визначимо повітрообмін з умови видалення вологи від тварин [29]:

$$L_{n_2a} = \frac{k_1 \cdot g_{жс} \cdot n}{d_e - d_n} \quad (3.56)$$

де k_1 - коефіцієнт враховує випаровування вологи з підлоги, з напувалок і інших конструкцій, $k_1 = 1,1$;

$g_{жс}$ - виділення вологи однією твариною у вигляді пари, $g_{жс} = 150$ г/год;

n - кількість тварин, $n = 1000$ гол;

d_e - допустимий вміст вологи в повітрі приміщення, $d_e = 9,4$ г/м³;

d_n - вміст вологи в зовнішньому повітрі, $d_n = 0,88$ г/м³.

$$L_{n_2a} = \frac{1.1 \cdot 150 \cdot 1000}{9.4 - 0.88} = 19379.8 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Визначимо повітрообмін за граничним вмісту в приміщенні вуглекислого газу [29]:

$$L_{c_{o_2}} = \frac{n \cdot g_{c_{o_2}}}{x_{\partial} - x_n}, \quad (3.57)$$

де $g_{c_{o_2}}$ - кількість вуглекислоти, виділеної однією твариною, $g_{c_{o_2}} = 20$ л/год;

x_{∂} - норма концентрації вуглекислоти в приміщенні, $x_{\partial} = 2,5$ л/м³;

x_n - вміст вуглекислоти в зовнішньому повітрі, $x_n = 0,3$ л/м³.

$$L_{co_2} = \frac{1000 \cdot 20}{2,5 - 0,3} = 9090,9 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Подальші розрахунки проводитимемо по найбільшому повітрообміну, тобто $L_{H_2O} = 19380$ м³/год. Кратність повітрообміну:

$$k = \frac{L_6}{V_n}, \quad (3.58)$$

де V_n – величина об'єму кошари, $V_n = 5282$ м³.

$$k = \frac{19380}{5282} = 3.7$$

Вибір системи вентиляції

У більшості тваринницьких будівель для створення мікроклімату використовують механічну вентиляцію калориферних установок. Для вентиляції приміщення кошари приймаємо устаткування «Клімат-44», у якому реалізований принцип ступінчастого регулювання повітрообміну залежно від температури навколишнього середовища (рис. 3.7).

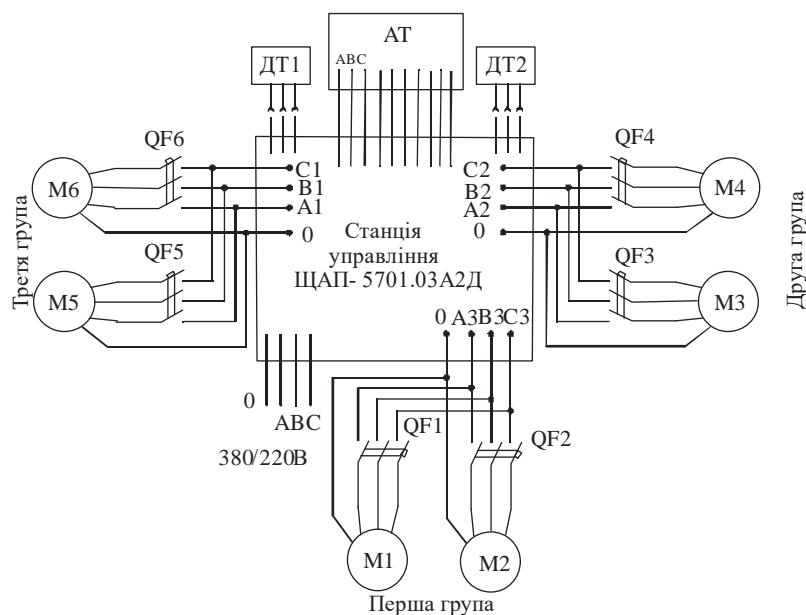


Рисунок 3.7 - Схема підключень системи управління електровентиляторами «Клімат-44»: АТ - автотрансформатор; М1-М6 – електродвигуни вентиляторів; QF1-QF6 - автоматичні вимикачі; ДТ1-ДТ2 – датчики регуляторів температури

Витяжна частина комплексу серії «Клімат-44» обладнана спеціальними низьконапірними осьовими вентиляторами типу ВО-4, обладнаними двигунами з великим критичним ковзанням ($S_k=0,6$), що дозволяє зміною напруги регулювати в обширному діапазоні частоту обертання і продуктивність.

Технічні дані вентиляторів ВО-4 [30]:

- діаметр робочого колеса – $d_k = 400$ мм;
- максимальна продуктивність – $Q_{в.мах} = 3600$ м³/год;
- тип приводного двигуна – Д80А41П;
- номінальна потужність – $P_n=0,25$ кВт;
- частота обертання – $n_1 = 1300$ хв⁻¹;
 $n_2 = 1220$ хв⁻¹;
 $n_3 = 970$ хв⁻¹;
- струм двигуна номінальний – $I_n = 0,93$ А;
- коефіцієнт потужності – $\cos\phi = 0,64$;
- ККД - $\eta = 64\%$;
- значення кратності пускового струму – $\kappa_i = 4,5$;
- напруга пуску – $U_{mp} = 65$ В.

Визначимо кількість вентиляторів ВО-4, необхідних для створення розрахункового повітрообміну:

$$n_в = \frac{L_в}{Q_в}, \quad (3.59)$$

де $Q_в$ - максимальна подача вентилятора ВО-4, $Q_в = 3600$ м³/год.

$$n_в = \frac{19380}{3600} = 5,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо до установки в приміщенні кошари шість вентиляторів ВО-4.

У комплект устаткування «Клімат-44» входить також автотрансформатор АТ-10, станція управління ШАП.5701-03А2Д з панеллю датчиків (рис. 3.7).

Автотрансформатор АТ-10 служить для зміни величини напруги, що подається на електровентилятори і призначений для роботи при напрузі 380/220 В, частоті 50 Гц. Кожна фаза має три відпаювання в межах від 300 В до 70 В.

Станція управління електровентиляторами ШАП-5701-03А 2Д служить для установки всієї апаратури і приладів управління, за винятком датчиків температури і автоматичних вимикачів. Вона є шафою пилокапленепроникного виконання з одними дверима, всередині шафи розташовані магнітні пускачі (KM1-KM7) клемники, автомат, перемикачі ПК1 і ПК2, сигнальні лампи (HL1, HL2) розміщені на передній панелі шафи. Терморегулятори ВК1 і ВК2 встановлені на лицьовій стороні станції, запобіжники FU знаходяться на внутрішній стороні дверей.

Командними приладами системи автоматичного управління є два три позиційні датчики, терморегулятори ПТР-3-04, які мають діапазон регулювання температур $+5^{\circ}\text{C} \dots 35^{\circ}\text{C}$. Датчиками рівня температури є напівпровідникові термоопори, які знаходяться в металевих трубках. Вони поставляються в комплекті із станцією управління.

Автоматизація системи управління забезпечує:

- ступінчасте регулювання швидкості обертання електровентиляторів;
- при пониженні температури - автоматичне пониження швидкості;
- при підвищенні температури - автоматичне підвищення швидкості;
- автоматичне регулювання кількості задіяних вентиляторів (відімкнення однієї або двох груп вентиляторів);
- автоматичний захист від к.з. і перевантажень.

Передбачається робота системи управління вентиляторами у двох режимах: ручному і автоматичному.

Вибір системи обігріву приміщення

Оскільки в зимовий період тепловиділення від тварин недостатні для повної компенсації тепловтрат і тепла припливного повітря, що йде на нагрів, в кошарі передбачений частковий нагрів припливного повітря, що подається припливною системою. Нагрів повітря буде здійснюється в електрокалориферах. Повітря подаватиметься в приміщення через систему металевих воздуховодів діаметром 400 мм. Тепловіддачу калорифера визначають на підставі теплового балансу приміщення [29]:

$$P_T = P_0 + P_B - P_T, \quad (3.60)$$

де P_0 - втрати теплоти через зовнішні огорожі, кВт;

P_B - теплота відноситься вентиляльованим повітрям, кВт;

P_T - теплота виділяється тваринами, кВт.

Визначимо втрати теплоти через зовнішні огорожі будівлі кошари [28]:

$$P_o = \sum \kappa_i \cdot F_i \cdot (t_{\text{вн}} - t_n), \quad (3.61)$$

де κ_i - коефіцієнт теплопередачі огорожі, Вт/м² °С;

F_i - площа огорожі, м²;

цегляні стіни $F_{cm}=604,8$ м²; $\kappa_{cm} = 1.54$ Вт/м² °С;

перекриття $F_{nep}=2268$ м²; $\kappa_{nep} = 1.17$ Вт/м² °С;

утеплені ворота $F_e=30$ м²; $\kappa_{nep} = 2,33$ Вт/м² °С;

вікна одинарні $F_{вік}=30$ м²; $\kappa_{nep} = 5,65$ Вт/м² °С;

$t_{\text{вн}}$ - температура повітря усередині приміщення, $t_{\text{вн}} = 10$ °С;

t_n - температура зовнішнього повітря $t_n = -20$ °С.

$$P_o = (604.8 \cdot 1.54 + 2268 \cdot 1.17 + 30(2.33 + 5.65)) \cdot (10 - (-20)) = 114732 \text{ Вт}.$$

Визначимо теплоту, що відноситься вентиляльованим повітрям [29]:

$$P_e = c \cdot j \cdot V_n \cdot k_e \cdot (t_{\text{вн}} - t_n), \quad (3.62)$$

де c - питома теплоємність повітря, $c = 0,278$ Вт·год/кг °С;

j - густина зовнішнього повітря, $j = 1,396$ кг/м³;

$$P_e = 0,278 \cdot 1,396 \cdot 5282 \cdot 3,7 \cdot (10 - (-20)) = 227536,8 \text{ Вт}.$$

Визначимо теплоту, що виділяється тваринами:

$$P_{\text{жс}} = P_i \cdot n, \quad (3.63)$$

де P_i – теплота, що виділяється однією твариною, $P_i = 300$ Вт, [27].

$$P_m = 300 \cdot 1000 = 300000 \text{ Вт}.$$

Тоді згідно рівняння теплового балансу тепловіддача калорифера буде:

$$P_m = 114732 + 227536,8 - 300000 = 42260 \text{ Вт}.$$

Потужність калориферної установки [30]:

$$P_k = \frac{\kappa_z \cdot P_m}{\eta_k}, \quad (3.64)$$

де κ_z – значення коефіцієнт запасу (зношення нагрівальних калорифера та можливе пониження напруги мережі, $\kappa_z = 1,1$);

η_k - ККД калорифера, $\eta_k = 1$.

$$P_k = \frac{1,1 \cdot 42260}{1} = 46496 \text{ Вт}.$$

Вибираємо по [28] дві калориферні установки СФОЦ-25/05 з такими параметри:

- потужність (номінальна): $P_n = 23,25$ кВт;
- в т.ч. електрокалорифера: $P_k = 22,5$ кВт;
- число нагрівальних секцій: $n_e = 3$ шт;
- продуктивність установки: $Q_k = 2000$ м³/год;
- перепад температур повітря, що нагрівається: $t_{вих} - t_{вх} = 30^{\circ}\text{C}$;
- тип вентилятора: Ц 4-70 №4;
- тип електродвигуна: 4А71В4СУ1;

Параметри електродвигуна: $P_n = 0,75$ кВт, $n_{ном} = 1490$ хв⁻¹, $\eta_n = 72\%$, $\cos\varphi = 0.73$, $\kappa_i = 4,5$.

Установка СФОЦ 2510/05 складається з відцентрового вентилятора і електрокалорифера типу СФО, перехідного патрубку і м'якої вставки для зменшення шуму. У комплект СФОЦ також входять щит управління, датчик ТР-200 для захисту калорифера від перегрівів, температурний датчик ДТКБ-53Т4 і запасні нагрівальні елементи. Установка СФОЦ допускає ручне і автоматичне перемикання потужності на 100, 66,6 і 33,3% від номінальної.

Вибір схеми автоматичного управління електрокалориферною установкою

Схему автоматичного управління електрокалориферною установкою СФОЦ-25/05 приймаємо згідно [28]. Схему електричну принципову управління роботою електрокалориферною установкою приведено на рис. 3.8.

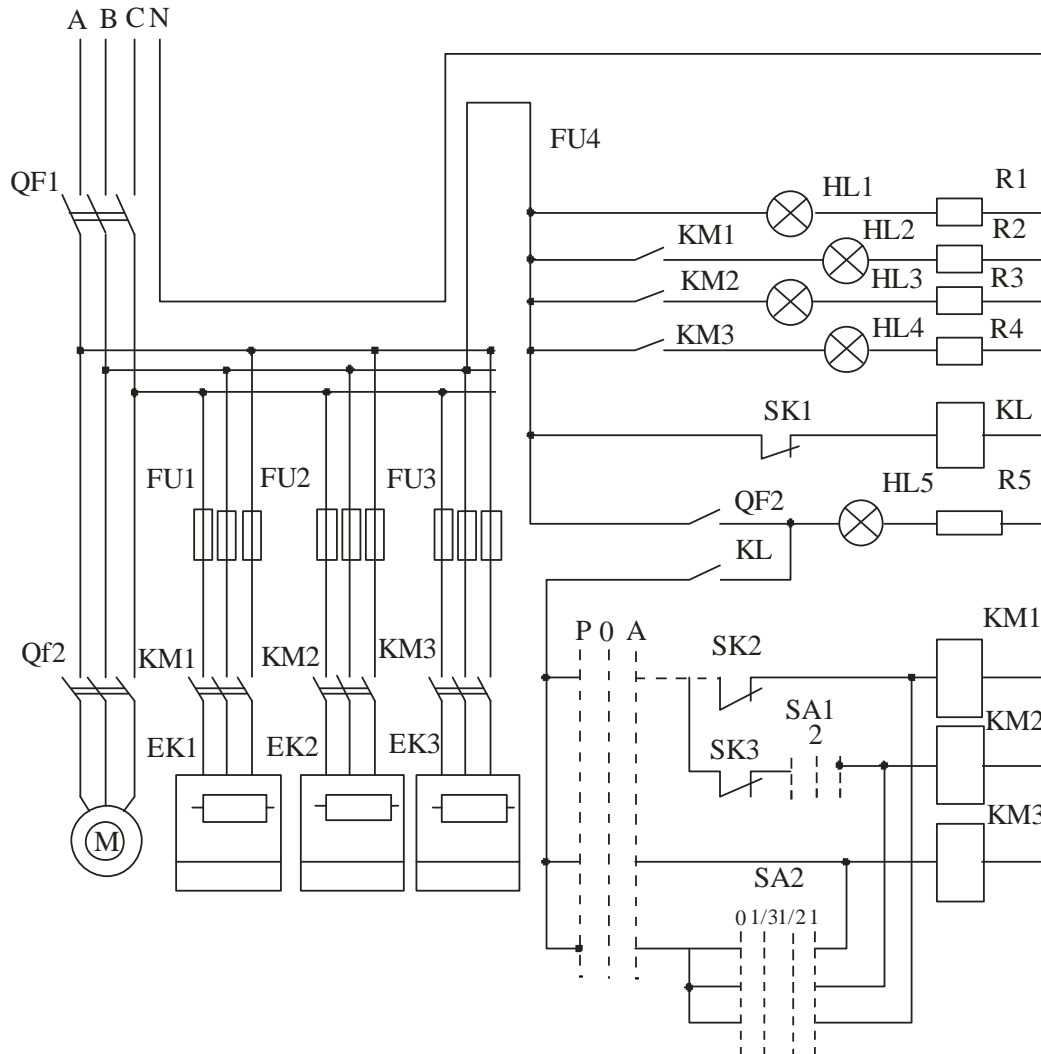


Рисунок 3.8 - Схема керування електрокалориферною установкою:

QF1, QF2 - автоматичні повітряні вимикачі; FU1-FU4 - блоки запобіжників; HL1...HL5 - сигнальні лампи; R1...R5 - резистори; KM1...KM3 – магнітні пускачі; SK1...SK3 – датчики температури; SA1, SA2 – перемикачі; KL- проміжне реле; М - електродвигун вентилятора; АК1...АК3 – секції калорифера

Управляти установкою можна вручну або автоматично. Перемикачем SA1 встановлюють режим роботи, а перемикачем SA2 включають необхідне число секцій калорифера при ручному управлінні. Автоматичне управління здійснюється температурними реле SK2 і SK3, які вмонтовуються в приміщенні, що обігрівається. Встановлене (температура спрацьовування) реле SK2 настрою-

ється на 2...3 °С більше вставки реле SK3. Температурне реле SK1 (реле TP-200), налаштоване на температуру 80-90 °С, відключає електрокалорифер при можливих перегрівках, які можуть виникнути при несправностях вентиляторів і воздуховодів.

У електричній схемі також передбачено блокування (контакти автоматичного вимикача QF2), яке не дозволяє включити нагрівачі ЕК1...ЕК3 при працюючому вентиляторі.

Калорифери СФОЦ 25/0,5 будуть встановлені у вентиляційних камерах по торцях будівлі вівцеферми. Підігріте повітря розподілятиметься в приміщенні для утримання маток через металеві воздуховоди, встановлені у верхній частині будівлі.

Схема дозволяє працювати в автоматичному режимі як з одним SK2, так і з двома датчиками SK2 і SK3. При роботі з одним датчиком в автоматичному режимі перемикач SA1 повинен бути встановлений в положення А – *автоматичний режим*. В цьому випадку при положеннях перемикача SA2 0 і 1/3 підключається постійно 1/3 потужності електрокалорифера і 1/3 потужності регулюється. При положенні SA2 на 2/3 - підключається постійно 2/3 потужності і 1/3 потужності регулюється. При положенні SA2 на 1 - підключається вся потужність. Під час роботи схеми з двома датчиками в автоматичному режимі перемикач SA2 встановлюють в положення 0. В цьому випадку забезпечується трипозиційне регулювання потужності калорифера.

Якщо температура в місці установки датчиків нижча за вставку BK2, всі три секції калорифера включено і він працює на повну потужність. При температурі, що перевищує вставку SK2, відключається друга секція, а при температурі вище за вставку SK3 відключається також перша секція, а третю секцію відключають вручну.

3.5 Висновки до розділу 3

1. Виконано світлотехнічний розрахунок, зокрема прийнято до реалізації робоче і чергове освітлення.
2. Виконано електротехнічний розрахунок, включаючи розміщення силового і освітлювального обладнання на плані приміщення, їх підбір та розділення робочі групи.
3. Виконано розрахунок системи гарячого водопостачання, включаючи тепловий і електротехнічний розрахунок електронагрівальної установки і вибором допоміжного устаткування.
4. Проведено вибір і розрахунок електроустаткування для створення мікроклімату для забезпечення необхідного повітрообміну, вологості, температури повітря та допустимої концентрації вуглекислоти.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Стан охорони праці в господарстві

У приватному агропромисловому підприємстві «Агропродсервіс» загальне керівництво і відповідальність за організацію і проведення роботи по охороні праці покладені на керівника господарства, в підрозділах - на головних фахівців господарства.

Координація діяльності структурних підрозділів по питаннях охорони праці, організації контролю праці працівників покладається в вівцефермі на інженера по охороні праці господарства.

Керівництво господарства уклало колективний договір по охороні праці і попередженню пожеж, де спільно з профкомом затверджені заходи щодо охорони праці і попередження пожеж, де також обумовлено забезпечення цих заходів матеріальними засобами.

Фінансування заходів щодо охорони праці здійснюється за рахунок засобів загальнопромислових (експлуатаційних) витрат, амортизаційного фонду призначеного на капітальний ремонт, спеціальних банківських кредитів.

Асигнування засобів, виділених на поліпшення умов праці в вівцефермі за останні чотири роки приведені в табл. 4.1. Головні фахівці вівцеферми в роботі по охороні праці керуються законодавчими і нормативними актами.

Таблиця 4.1 – Асигнування засобів на поліпшення умов праці

	2024	2025	2026
Асигнування засобів, тис. грн	20	30	6
Средньосписочне число працівників, люд.	628	558	542
Витрати на одного середньосписочного Працівника, тис. грн./люд.	3,18	5,38	11,08

Головний фахівець господарства зобов'язаний забезпечити здоров'я і безпечні умови праці, здійснювати необхідні заходи щодо поліпшення умов і безпеки праці, складати заявки на видачу спецодягу, спецвзутті, запобіжних пристосувань і так далі.

Інженер по охороні праці призначається наказом керівника агропідприємства. Основні його обов'язки: попередження виробничого травматизму, дотримання законодавства по охороні праці, поліпшення умов праці, участь в складанні колективного договору, контроль за фінансуванням і розробка інструкцій по охороні праці на робочих місцях.

Інструктажі працюючого персоналу проводять головні фахівці за участю інженера по охороні праці. Інструктаж зазвичай проводять в головному, кабінеті по охороні праці з подальшим записом в журналі реєстрації. Нещасні випадки, що відбулись на виробництві, повинні враховуватися і розслідуватися. Нещасні випадки, що викликали втрату працездатності більше одного дня, оформляються актом, копія якого видається травмованому.

Адміністрація агропідприємства створює комісію у складі керівника підрозділу інженера і власного інспектора по охороні праці. Комісія на протязі 24 годин розслідує причини і обставини нещасного випадку, складає акт і розробляє заходи щодо попередження нещасних випадків.

Дані про стан виробничого травматизму за останні три роки в приватному агропромисловому підприємстві «Агропродсервіс» приведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Стан виробничого травматизму на вівцефермі

	2024	2025	2026
Кількість нещасних випадків, Н	3	2	3
Сумарне число днів непрацездатності, Д	31	23	29
Середнє число працівників, Р	628	558	542
Коефіцієнт частоти, $K_{\text{ч}} = \text{H}/\text{P} \times 1000$	4,8	3,6	5,5
Коефіцієнт тяжкості, $K_{\text{т}} = \text{Д}/\text{Н}$	10,3	11,5	9,7
Коефіцієнт втрат, $K_{\text{п}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{т}}$	49,4	41,4	53,4

Для створення здорових умов праці на робочому місці необхідне виконання на агропідприємства певних вимог по санітарному стану приміщень, устаткування[31]. Необхідно виконувати санітарні норми по створенню мікроклімату виробничих приміщень і забезпечити санітарно-побутові приміщення і пристрої на об'єкті господарювання згідно діючих норм. Для кошари розрахунок приведений в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Дані розрахунку санітарно-побутових приміщень і пристроїв

Найменування санітарно- побутових приміщень і пристроїв	Норматив	К-ть робочих всього	Площа приміщень або пристрою
Гардеробна	1 подвійна шафа на людину	5 чол.	5 подвійних шаф
Вмивальна	1 кран на 7 чол.	5 чол.	1 кран
Туалет	1 унітаз на 3-15 чол.	5 чол.	1 унітаз
Кімната відпочинку	0,2 м ² на чол.	5 чол.	18 м ²

Будівля кошари по пожежобезпечності відноситься до II ступеня вогнестійкості (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Початкові дані і результати визначення необхідної кількості протипожежних засобів

Найменування виробничого об'єкту	К-ть і розміри	Норми оснащення виробничих об'єктів протипожежними засобами				
		Вогнегасники		Пожежні щити	Ящик з піском	Ємність з водою
		пінні	кислотні			
Кошара	1 (108×18)	-	-	3	3	3
Бригадний будинок на 5 чол.	1 (5×5)	1	1	-	-	-
Сіносховище	1	-	1	-	-	-

Відповідно до інструкції по пристрою будівель і споруд пристрій громадського захисту будівлі не виконується.

4.2 Вимоги безпеки при обслуговуванні і ремонті електроустановок на вівцефермі

Для забезпечення безперебійної і безпечної роботи електроустаткування кошари організовують чергування електротехнічного персоналу по графіку, затвердженому головним енергетиком господарства. До самостійної роботи в електроустановках до 1 кВ допускаються працівники з кваліфікацією по техніці безпеки не нижче за III групу. Черговий зобов'язаний виконувати вимоги інструкції по ТБ [32].

Черговий має право проводити перемикання і огляд струмоприймачів і, при необхідності, замінювати згорілі плавкі вставки, світильники, лампи, виконувати операції ТЕ устаткування.

Всі виконані роботи черговий зобов'язаний вказати в спеціальному журналі. У разі крупних пошкоджень електроустаткування, при виході з ладу кабелю або групового щита, черговий зобов'язаний сповістити про цей випадок головного енергетика і далі діяти по його вказівці. Черговому персоналу забороняється самовільно виконувати роботи на кабелях, групових щитах, а також роботи під напругою, за винятком заміни плавких вставок і ламп. При заміні плавких вставок черговий зобов'язаний надіти електричні рукавички, окуляри і працювати на ізолюючій підставі.

Для безпечної експлуатації електричних установок застосовують захисні засоби, які бувають основні і допоміжні. Основні захисні засоби витримують робочу напругу даної установки, при їх застосуванні можна безпечно доторкатися частин установки. До них відносяться ізолюючі штанги, ізолюючі кліщі, електричні рукавички, інструмент електромонтера з ізольованими ручками.

Допоміжні засоби застосовують в доповненні до основних. До них відноситься: діелектричні галоші, килимки і підставки. Перед використанням захисних засобів їх слід перевірити і обов'язково звернути увагу на дату попередньої перевірки підвищеною напругою.

Користуватися несправними і старими захисними засобами, термін придатності яких закінчився, категорично забороняється.

4.3 Дослідження стійкості об'єкта до впливу ЕМІ

Необхідно виконати оцінку стійкості роботи автотрансформатора АТДЦТН–200000/330/110 до впливу ЕМІ ядерного вибуху за вихідними даними, представленими у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 - Вихідні дані для оцінки впливу ЕМІ на стійкість б'єкта

Відстань, <i>км</i>	Потужність, <i>кт</i>	Довжина, <i>м</i>		Допуск, <i>%</i>
		L_1	L_2	
5	1000	75	50	5

Об'єкт розташовується на відстані $R = 5$ км від ймовірного ядерного вибуху. Очікувана потужність ядерних боєприпасів $q = 1000$ кт, вибух наземний. Елементи системи, піддані впливу ЕМІ:

1. Живлення електрообладнання і електродвигунів: напруги 380 В і 6000 В по підземних неекраниваних кабелях $L_1 = 75$ м. Кабелі мають вертикальне відхилення до електродвигунів висотою $l_1 = 1.5$ м. Допустимі коливання напруги мережі $\pm 5\%$, коефіцієнт екранування кабелю $\eta = 2$.

2. Система автоматичного керування енергоблоку складається з пристрою вводу, ЕОМ, блоку керування виконавчими органами, який розводить мережі керування додатковими агрегатами. Пристрій вводу, ЕОМ, блок керування виконані на мікросхемах, які мають струмопровідні елементи висотою $l_3 = 0.05$ м. Робоча напруга мікросхем 5 В. Живлення від загальної мережі напруги 220 В через трансформатор. Допустимі коливання напруги мережі $\pm 5\%$. Розподільча мережа керування має горизонтальну лінію $L_2 = 50$ м і вертикальні відгалуження висотою $l_2 = 2$ м до блоків керування. Робоча напруга живлення 220 В. Допустимі коливання напруги мережі $\pm 5\%$, коефіцієнт екранування розподільчої мережі $\eta = 2$.

1. Розрахуємо очікувані на об'єкті максимальні значення вертикальної E_B і горизонтальної E_G складових напруженості електричного поля:

$$E_B = 5 \cdot 10^3 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot R)}{R^3} \cdot \lg(14.5 \cdot q), \text{ В/м} \quad (4.1)$$

$$E_G = 10 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot R)}{R^3} \cdot \lg(14.5 \cdot q), \text{ В/м} \quad (4.2)$$

де R — відстань об'єкта від ймовірного ядерного вибуху;

q — очікувана потужність ядерних боєприпасів.

$$E_B = 5 \cdot 10^3 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot 5)}{5^3} \cdot \lg(14.5 \cdot 1000) = 1831.0 \text{ В/м},$$

$$E_G = 10 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot 5)}{5^3} \cdot \lg(14.5 \cdot 1000) = 3.7 \text{ В/м}.$$

2. Визначимо максимальні очікувані напруги наведень.

а) у системі електроживлення:

$$U_B = \frac{E_B \cdot l_1}{\eta}, \text{ В;} \quad (4.3)$$

$$U_G = \frac{E_G \cdot L_1}{\eta}, \text{ В.} \quad (4.4)$$

де l_1 — висота вертикального відхилення кабелю до електродвигунів,

L_1 — довжина підземного екранованого кабелю;

η — коефіцієнт екранування кабелю.

$$U_B = \frac{1831.0 \cdot 1.5}{2} = 1373.3 \text{ В;} \quad (4.5)$$

$$U_G = \frac{3.7 \cdot 75}{2} = 137.3 \text{ В.} \quad (4.6)$$

б) у розподільчій мережі керування:

$$U_B = \frac{E_B \cdot l_2}{\eta}, \text{ В} \quad (4.5)$$

$$U_G = \frac{E_G \cdot L_2}{\eta}, \text{ В} \quad (4.6)$$

де l_2 — висота вертикального відгалуження розподільчої мережі керування до блоків керування;

L_2 — довжина горизонтальної лінії розподільчої мережі керування;

η — коефіцієнт екранування кабелю.

$$U_B = \frac{1831.0 \cdot 2}{2} = 1831.0 \text{ В}, \quad U_r = \frac{3.7 \cdot 50}{2} = 91.6 \text{ В}$$

в) у пристрої вводу, ЕОМ, блоці керування:

$$U_B = \frac{E_B \cdot l_3}{\eta}, \text{ В} \quad (4.7)$$

де l_3 — висота струмопровідних елементів;

η — коефіцієнт екранування кабелю.

$$U_B = \frac{1831.0 \cdot 0.05}{2} = 45.8 \text{ В}$$

3. Визначимо припустимі максимальні напруги наведень.

а) у мережі живлення:

$$U_d = U + U(5\%), \quad (4.8)$$

де U — напруга живлення електродвигунів;

$$U_{d1} = 380 + \frac{380 \cdot 5}{100} = 399 \text{ В}, \quad U_{d2} = 6000 + \frac{6000 \cdot 5}{100} = 6300 \text{ В}.$$

б) у розподільчій мережі керування:

$$U_{d3} = 220 + \frac{220 \cdot 5}{100} = 231 \text{ В}.$$

в) у пристрої вводу, ЕОМ, блоці керування:

$$U_{d4} = 5 + \frac{5 \cdot 5}{100} = 5.25 \text{ В}.$$

4. Розрахуємо коефіцієнт безпеки.

$$K = 20 \cdot \lg \left(\frac{U_d}{U_M} \right), \text{ дБ} \quad (4.9)$$

де U_d — припустима максимальна напруга наведень у пристрої вводу, ЕОМ, блоці керування;

U_M — очікувана максимальна напруга наведень у пристрої вводу, ЕОМ, блоці керування.

$$K = 20 \cdot \lg\left(\frac{5.25}{45.8}\right) = -18.81 \text{ дБ.}$$

Заносимо отримані дані в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Результати оцінки стійкості об'єкта до впливу ЕМІ

Елементи системи	Допустимі напруження мережі, В	Напруженість електричних полів, В/м		Наведені напруги у струмопровідних елементах, В	
		Е _В	Е _Г	U _В	U _Г
Електропостачання	399	1831.0	3.7	1373.3	137.3
Електродвигуни	6300	1831.0	3.7	1373.3	137.3
Пристрій вводу, ЕОМ, блок керування	5.25	1831.0	3.7	45.8	—
Розподільча мережа керування виконавчими агрегатами	231	1831.0	3.7	1831.0	91.6
Коефіцієнт безпеки $K = -18,81 \text{ дБ} \ll 40 \text{ дБ}$					

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті аналізу господарської діяльності вівцеферми приватного агропромислового підприємства «Агропродсервіс» можна зробити висновок про те, що господарство планує збудувати кошари на 1000 вівцематок і один ком-плекс на 5000 овець, для яких необхідна сучасна електрифікація і автоматизація всіх процесів.

Для водопостачання вівцеферми за результатами розрахунку запропонована автоматична водопідіймальна установка ВУ-4-45 з глибинним відцентровим насосом.

У кошарі запропоновано два види освітлення: робоче і чергове. У приміщенні для утримання маток розроблено систему загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання потужністю 150 Вт, у допоміжних приміщеннях і тамбурах - лампами розжарювання потужністю 60 і 100 Вт. Освітлення вугуль-них майданчиків буде здійснюється прожекторами з лампами ДРЛ-250.

У кошарі для зимового періоду утримання передбачена автоматизована система гарячого водопостачання від електроводонагрівача.

Вентиляція приміщення для утримання вівцематок з ягнятами є приточно-витяжною з підігрівом приточного повітря в електрокалориферах. Витяжна частина вентиляції здійснюється установкою «Клімат-44». Установка для підтримки мікроклімату в кошарі повністю автоматизована.

Для живлення внутрішніх силових і освітлювальних мереж вибрано пуско-захисну апаратуру і апаратуру керування. Живлення силового і освітлювального навантаження здійснюється кабелем АВВГ, прокладеним на тросі і на скобах по стінах.

Електропостачання вівцеферми здійснюється від силової трансформаторної підстанції типу КТП- 10/0,38 кВ.

У розділі «Безпека життєдіяльності та основи охорони праці» проаналізована та розрахована система фінансування заходів щодо охорони праці, проаналізовано стан виробничого травматизму на вівцефермі, а також вказані правила по безпечній експлуатації електроустаткування кошари

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Скопенко Н. Агропромисловий сектор: сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку: Економічний аналіз. – 2011. – Вип. 8. – Ч. 1. – С. 179- 183.
2. Бебко В. Г. Зниження втрат електроенергії у сільському господарстві / В. Г. Бебко, С. Я. Меженний, В. Г. Стафійчук, В. Ю. Юрчук // – К.: Урожай, – 2008. – 128 с.
3. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ : Агросвіта, 2012. 432 с.
4. Супрун І.О., Гетя А.А., Фичак В.М. Сучасний стан та перспективи розвитку вівчарства в Україні. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2021. № 2. С. 21-31
5. Тваринництво: розведення овець породи Мериноладшаф. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://elgaucho.ua/>
6. Аверчева Н. О. Перспективи ефективного розвитку галузі вівчарства. Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка. 2020. Вип. 2. С. 57-68.
7. Жарук Л. В., Коваль Т. С., Козак О. А. Розвиток світового ринку продукції вівчарства. Економіка АПК. 2020. № 8. С. 60-71
8. Вдовиченко Ю.В., Кудрик Н.А., Жарук П.Г., Жарук Л.В. Наукові засади розвитку вівчарства південного регіону України. Вівчарство та козівництво. 2017. Вип. 2. С. 3-23.
9. Рубаненко О.Є., Рубаненко О.О. Електрифікація і автоматизація сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки для самостійної роботи для студентів агрономічного факультету спеціальностей, 6.130102 «Агрономія», форма навчання денна – Вінниця: РВВ ВНАУ, 2012. – 40 с.
10. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.

11. Оробчук Б., Гоцуляк Ю. Підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів. Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2016 р.
12. СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005 Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі. Настанова. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/page_doc=68347
13. Савченко Н.П., Довгалюк О.М. «Системи резервного живлення промислових підприємств з мікрогенерацією від мобільних електростанцій альтернативної енергетики». Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність, вип. 2(11), Грудень 2025, с. 85-90, doi:10.20998/EREE.2025.2(11).347535.
14. Грунти Тернопільської області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
15. Аграрний лідер України «Агропродсервіс». Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agroprodservice.com.ua/>
16. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ : Агросвіта, 2012. 432 с
17. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
18. Гаврилюк І.А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній : підруч. / І.А. Гаврилюк, Ю.М. Хандола. – Харків : Факт, 2008. – 260 с.
19. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, М.Л. Лисиченко, М.П. Кунденко, Ю.М. Федюшкою - Х.: ТОВ «Планета-прінт», 2016. – 332с.
20. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Технічні норми. – Чинні з 28.02.2019. – К.: 2018. – 133с.

21. Освітлення тваринництва і птахівництва. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radiyled.com/ua/products/agricultural-lighting/>
22. Садовий О. С. Електричне освітлення та електротехнології : курс лекцій / О. С. Садовий. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 91с
23. ПУЕ - Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання)/ Наказ від 21.07.2017 № 476 Про затвердження Правил улаштування електроустановок
24. Ю.М. Лаврінченко, П.В. Олійник, В.В. Савченко. Автоматичні вимикачі та пристрої захисного вимикання. Технічні характеристики та правила вибору // Навчальний довідник з дисципліни „Проектування систем електрифікації, автоматизації та електропостачання сільського господарства”. – Київ, 2013 р.
25. Автоматизація технологічних процесів/ Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів спеціальності: 141- Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. / [Укл.: С.І. Осадчий, І.В. Волков], – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 12 с.
26. Електричні мережі та системи: підручник [для студентів електроенергет. спец. ВНЗ, аспірантів, викл. і спеціалістів відповід. профілю] / М. С. Сегеда ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — 3-тє вид, переробл. та доповн. — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 540 с.
27. Механізація та електрифікація сільського господарства [Текст]: міжвідом. темат. наук. зб. / Укр. акад. аграр. наук; Нац. наук. центр "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства"; редкол.: Я.С. Гуков (відп. ред.) та ін. - Глеваха : Вип. 94. - 2010. - 620 с.
28. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
29. Машина та обладнання для тваринництва. Підручник./ Ревенко І.І., Брагінець М.В, Ребенко В.І. - К.: «Кондор» 2012. - 731 с.
30. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машина та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.

31. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., –156 с.

Отримано з <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>

32. Сєріков Я.О. Основи охорони праці: Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти. - Харків, ХНАМГ, 2007. - 227 с.

33. Євтух П.С., Буняк О.А., Оробчук Б.Я. Решетник В.Я. Зміст та тематика дипломних проектів (робіт) за спеціальністю 7.05070103 (8.05070103) електротехнічні системи електроспоживання // Методичні вказівки. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2012.