

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**

**телятника сільськогосподарського підприємства**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Скаржинський П. В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Оробчук Б. Я.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Коваль В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Микулик П. М.

(прізвище та ініціали)

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)

«30» січня 2024 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 Скаржинському Петру Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання телятника сільськогосподарського підприємства

Керівник роботи: Оробчук Богдан Ярославович, к.т.н. доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2024 року № 4/7-50

2. Термін подання студентом завершеної роботи: червень 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Існуюча схема електропостачання телятника, параметри споживачів електричної енергії, технічні характеристики наявного обладнання

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

Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

1. План живлення мереж 10 кВ

2. Схема електропостачання трансформаторних підстанцій цеху

3. Схема принципова однолінійна 10 кВ

4. Схема електрична принципова ТП-68

5. Схема електрична принципова ТП-83

6. План і розріз підстанції

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 30 січня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2024	
2	Аналітичний розділ	28.02.2024	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2024	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2024	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2024	
6	Висновки	10.06.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2024	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2024	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Скажинський П. В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Оробчук Б. Я.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Скаржинський Петро Володимирович. Розробка системи електропостачання телятника сільськогосподарського підприємства.

Стор.– 75; рис. - 23; табл. - 21; плакатів - 7; джерел - 37; додатків - 1.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання телятника фермерського господарства "ГАДЗ", яке знаходиться в с. Трибухівці Чортківського району Тернопільської області.

В аналітичному розділі виконано огляд літературних джерел за тематикою кваліфікаційної роботи.

У другому і третьому розділах кваліфікаційної роботи зроблено короткий аналіз виробничо-господарської діяльності, стану електрифікації і обґрунтовано тему роботи. Виконано розрахунки водопостачальної установки, вентиляції і теплового балансу приміщення, електричного освітлення. Визначено кількість, потужність і місцезнаходження трансформаторної підстанції, проведено розрахунок силових мереж. Також було розроблено варіант системи автоматизації водопостачання.

У четвертому розділі роботи розглянуто питання охорони праці та безпеки життєдіяльності при роботі з при роботі з технологічним та електротехнічним устаткуванням на тваринницьких фермах.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ, ВОДОПОСТАЧАЛЬНА УСТАНОВКА, СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, СИЛОВА МЕРЕЖА

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Аналіз стану електрифікації сільськогосподарського сектору	9
1.2 Шляхи електрифікації сільськогосподарських підприємств	11
1.3 Електрифікація технологічних процесів у тваринництві	12
1.4 Базові заходи заощадження електричної енергії в тваринництві	15
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Характеристика сільськогосподарського об'єкту	19
2.2 Технічні параметри досліджуваного об'єкту	22
2.3 Нормативні підходи до розрахунку електричного освітлення	23
2.4 Вибір світильників та розрахунок встановленої потужності	26
2.5 Розрахунок внутрішніх силових мереж	30
2.6 Розрахунок трансформаторної підстанції	34
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Вибір системи електроприводів	38
3.2 Вибір системи автоматизації водопостачання телятника	47
3.3 Розробка структурної і функціональної схем автоматизації	50
3.4 Розробка схеми електричної принципової	52
3.5 Розрахунок технічних засобів автоматизації та її надійності	53
3.6 Розрахунок вентиляції і теплового балансу приміщення об'єкту	54
3.7 Проектування електричних схем управління	61
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	62
4.1 Організація електробезпечних робіт в телятнику	62
4.2 Техніка безпеки при роботі з технологічним устаткуванням	62
4.3 Захист тваринницьких об'єктів від радіаційного навантаження	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	71
Додаток А	75

## ВСТУП

Агропромисловий комплекс є однією із найважливіших економічних складових економіки нашої держави, оскільки він формує приблизно 30% національного доходу. Споживчий ринок більше ніж на 70% створюється за рахунок продовольства і товарів, що виготовлені із сільськогосподарської сировини [1]. Стан сільського господарства охоплює інтереси кожного споживача і його розвиток в значній мірі визначає загальний господарський потенціал та політичну обстановку в Україні.

Державне регулювання агропромисловим виробництвом здійснюється на основі законодавчих актів про агропромисловий комплекс та законів і Конституції України [2].

У зв'язку з переходом до ринкових відносин було розроблено також і нові форми господарювання для забезпечення ефективнішого розвитку господарства, зокрема, приватна, колективна, кооперативна, державна, державно-кооперативна, які утворюють відповідно і різні системи управління виробництвом.

Впровадження електрифікації і автоматизації сільськогосподарських виробничих процесів дозволяє значно зменшити трудовитрати, збільшити продуктивність господарювання, підвищити загальну економічну ефективність виробництва [3].

Оскільки електроустаткування має в своєму складі доволі багато основних фондів, то необхідно здійснити систематизацію його обслуговування та ремонту для продуктивнішої роботи і відсутності простоїв в роботі. Функції обслуговування і ремонту здійснює електротехнічна служба господарства, а систематизацію ремонтів та обслуговування електроустаткування проводиться згідно системи планових профілактичних ремонтних і експлуатаційних заходів в сільському господарстві.

Активне застосування електричної енергії пов'язано з її можливістю доволі легкого перетворення в механічну, теплову та світлову енергію, можливістю централізованого та економічного отримання на різних типах електричних станцій, простим методом передачі до споживачів за допомогою ліній електро-

передачі при відносно малих втратах на великі відстані. Електротехнічне обладнання сьогоденних промислових об'єктів представляє собою комплексом різного роду електричних машин, апаратів і приладів, забезпеченість якими невинно збільшується, а енергооснащеність постійно зростає. Більшість промислових механізмів має електричний провід, а багато з них обладнанні автоматизованим керуванням. І в цьому випадку роль обслуговуючого персоналу полягає в спостереженні за роботою електроустаткування і усунення поломок.

Розробки новітніх засобів автоматизації, які впроваджують в сільське господарство, активно використовують сучасну комп'ютерну техніку. Використання комп'ютерної техніки в агропромисловому комплексі, зокрема в сільському господарстві, стримувалось з декількох причин: високої ціни, великих розмірів, складності під час експлуатації, недостатньої надійності, відсутності кваліфікованих і спеціалізованих працівників, відсутності елементарних механізмів спілкування користувача з комп'ютером [4].

Сформований на теперішній час досвід використання комп'ютерної техніки в системах керування агропромисловим комплексом демонструє значну ефективність застосування систем автоматизації на основі інформаційних механізмів організаційного керування і прямого контролю за технологічними процесами і обладнанням. На базі мікрокомп'ютерів розробляється устаткування і системи автоматичного керування для пересувної сільськогосподарської техніки та стаціонарних механізмів переробних цехів, тваринницьких підприємств, теплиць, дослідних стендів і лабораторних комплексів. Обладнання сучасних сільськогосподарських машин бортовими комп'ютерами дозволить зекономити паливе, високоякісно виконувати певні технологічні операції. Впровадження індивідуального контролю і режиму годування корів дозволить забезпечити підвищення надоїв молока та знизити витрати кормів [5].

Підсумовуючи вище приведену інформацію, можна зробити висновок, що проблема підвищення енергетичної ефективності в агропромисловому комплексі є достатньо затребуваною в даний час, а тема кваліфікаційної роботи «*Розробка системи електропостачання телятника сільськогосподарського підприємства*» - актуальною.

*Об'єктом* дослідження є система електропостачання телятника сільськогосподарського підприємства.

*Метою* кваліфікаційної роботи є створення надійної та економічної системи електропостачання споживачів сільськогосподарського підприємства електроенергією необхідної якості.

Таким чином, під час роботи над темою кваліфікаційної роботи були розв'язані такі завдання:

- розроблено технологічну схему розміщення обладнання;
- проведено розрахунок силового електрообладнання та представлено розрахункову схему;
- розроблено зовнішнє освітлення телятника;
- розроблено схему автоматизації технологічних процесів;
- розроблено схему автоматизації водопостачання;
- розроблено схему транспортера для прибирання гною.

В ході виконання кваліфікаційної роботи було детально вивчено технологічний процес сільськогосподарського підприємства, на якому виконано розробку системи електропостачання. Зокрема, було здійснено розрахунок електричних навантажень, виконано вибір силових трансформаторів, розраховано струми короткого замикання, розраховано та вибрано високовольтну мережу електричних апаратів підприємства. При виконанні цього проекту використано системний підхід, у якому мережі сільськогосподарського підприємства розглядалися як частина електроенергетичної системи. Під час розробки конструктивного виконання схем електропостачання було використано типове устаткування.



## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Аналіз стану електрифікації сільськогосподарського сектору

Результати роботи електрифікованих сільськогосподарських підприємств підтверджують значний економічний ефект при застосуванні системи електрифікації сільськогосподарського технологічного процесу. Переведення на електричне функціонування великої кількості стаціонарних технологічних процесів дозволяє скоротити витрати праці більше ніж на 30%. Значну перевагу такі господарства отримують у випадку електрифікації виробничих процесів молочного тваринництва, де економія трудових витрат цієї технологічної ділянки може сягати до 50% [6]. При впровадженні електрифікації господарства можна повністю механізувати або ж частково зменшити застосування важкої ручної праці на багатьох трудомістких виробничих ділянках. Це дозволяє значно полегшити працю обслуговуючого колективу та суттєво економити на оплаті праці, а звільнені кошти перенаправляти на інші необхідні потреби. Наприклад, при електрифікації сільськогосподарських підприємств широке розповсюдження отримало впровадження електропастухів, тобто обгородження ділянок для випасання худоби дротами, що під'єднані до джерела електричного струму малої напруги і малої потужності. Така незначна, але достатня для відлякування худоби напруга, не дозволяє тваринам проходити за межі огорожі [7].

Електрифікація складових важкого технологічного процесу утримання худоби щодо відгодівлі або на молочних товарних господарствах суттєво змінює характер роботи. Варто відмітити впровадження електрифікації процесу напування худоби на фермах, що дозволило підвищити продуктивність праці внаслідок такої операції більш ніж у 150 разів, а при впровадженні електричного доїння корів продуктивність праці доярок збільшилася приблизно в 5 раз у порівнянні з ручним доїнням. Значний ефект отримано завдяки використанню електроенергії при підготовці кормів для годування худоби на молочно-тваринницьких фермах, початковій переробці молока, при монтажі систем видалення гною, а також при виконанні механізації трудомістких вантажних і розвантажувальних робіт у галузі тваринництва. Електрична енергія надає також

широкі можливості для підігріву води, режиму інкубації птиці і інших технологічних операцій. Усі ці аспекти дозволяють суттєво поліпшити умови праці тваринників, зменшити трудомісткість виконуваної роботи, а саму роботу виконувати значно ефективніше та з більшим комфортом [8].

Електрифікація сільськогосподарського сектору надає велику можливість розв'язати одночасно декілька суттєвих питань, кожне з яких буде сприяти підвищенню соціального і економічного становища населення. Зокрема, використання у технологічному процесі електричної енергії надає можливість безпосередньо у господарстві здійснювати ефективну раціональну переробку сільськогосподарської продукції. Можна також відкривати цехи з виробництва м'ясної і овочевої продукції, млини, олійниці, крупорушки, сушарні для переробки фруктів, а також сепараторні ділянки, можуть мати суттєве суттєвий вплив для економіки фермерських господарств, які знаходяться далеко від маслозаводів. У цьому випадку можна переробити молоко на вершки і фермерське господарство буде мати суттєву економію на транспортних видатках, які отримає від перевезення великих обсягів молока на значні відстані.

У підсумку багато видів продукції, яка буде виготовлятися допоміжними фермерськими виробництвами після впровадження електрифікації технологічних процесів, отримає значне розширення. Тут можна отримати буквально тисячі видів виробів, починаючи від дрібних побутових приладів до різних будівельних конструкцій і матеріалів. Впровадження електрифікації технологічних процесів в сільськогосподарському секторі впливає також і на поліпшення соціальних і побутових умов життя селян. Варто відзначити, що це може бути тільки одним із позитивних економічних наслідків впровадження електрифікації сільськогосподарського виробництва [9].

## 1.2 Шляхи електрифікації сільськогосподарських підприємств

Електроенергетика є складовою одиницею усіх галузей народного господарства і, відповідно представляє собою широке і органічне використання електроенергії в промисловості, транспорті та сільськогосподарському секторі, що зумовлює основні умови стійкого розвитку підприємств сільського господарства. На сучасному етапі розвитку електрифікації сільського господарства спостерігається активний перехід до комплексної електрифікації [10].

Комплексна електрифікація представляє собою вищу економічну, ефективну і раціональну стадію електрифікації виробничих процесів, зокрема передбачає зв'язок сучасної машинної технології виробництва, електрифікованих машин на базі автоматизованої системи, а також раціонального розподілу праці і виробництва.

На даний час у системі агропромислового сектору виконано електрифікацію значної кількості систем водопостачання та зрошення, високопродуктивних установок для сушіння і сортування зерна, різних потокових ліній ділянок та цехів для приготування кормів, потужних птахофабрик, промислових комплексів з відгодівлі великої рогатої худоби, фермерських господарств з переробки сільськогосподарської продукції.

Парк електричного обладнання в агропромисловому секторі останніми десятиліттями суттєво поповнився і виявився більш досконалим згідно енергетичних характеристик. У сільськогосподарських підприємствах щорічно споживається більше десяти відсотків усієї виробленої в державі електричної енергії, а за загальною потужністю, кількістю і потребами використовуваного електричного устаткування сільського господарства Україна посідає одне з перших місць серед галузей народного господарства [11].

Хоча на цьому етапі і було отримано певні позитивні результати, але отриманий рівень електрифікації сільськогосподарських підприємств і об'єм електричного споживання ще не відповідає можливостям відносного необхідного забезпечення населення держави потрібною продукцією сільського господарства.

Варто також відмітити, що електрооснащеність технологічних процесів в сільськогосподарському виробництві майже в 6 раз менша у порівнянні з промисловістю, а споживання у побуті електричної енергії в селі майже у 3 рази нижче за міське споживання.

Для вирішення зазначених проблем потрібно базу сільської енергетики підняти на більш якісний сучасний ступінь, здійснити її технічне переоснащення, пришвидшити виробництво нового електричного обладнання. Також необхідно впровадити ефективні заходи з метою підвищення надійності електричного постачання, збільшити обсяги електромонтажного будівництва, зміцнити виробничу базу енергетичної служби на селі включно з кваліфікованими спеціалістами [12].

### **1.3 Електрифікація технологічних процесів у тваринництві**

Процес механізації і електрифікації виробничих та технологічних процесів у тваринництві ставить за мету підвищення якості і продуктивності праці, інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва, підвищення комфорту і культури працівників цієї галузі за рахунок впровадження нових машин, механізмів та електрообладнання. Електрифікація і механізація технологічних процесів у тваринництві побудована на застосуванні системи машин і електрообладнання для вирішення комплексної задачі електрифікації та механізації найважчих процесів виробництва [13]. Зазначені системи машин і електрообладнання в тваринництві складаються з технічних засобів, які призначені для механізації та електрифікації технологічних процесів, а саме:

- процесом заготівлі, приготування та роздачі їжі;
- процесом доїнням корів, овець і початковою переробкою молока;
- процесом водозабезпеченням ферм;
- процесом видаленням гною з приміщень і територій ферм;
- процесом стрижки овець, збирання яєць та їх початковою обробкою.

Варто також відзначити значний економічний ефект від впровадження розроблених комплексів обладнання для механізації та електрифікації сільськогосподарських ферм великої рогатої худоби, свиней та овець, а також

птахофабрик. Відомо, що побудова тваринницьких ферм, розробка машин і обладнання для тваринництва жорстко базуються на дотриманні державних стандартів, які передбачає як рівень розвитку сучасної науки, практики і техніки, так визначає майбутні перспективи при їх розвитку. Якщо брати за приклад електрифікацію тваринництва, то можна з впевненістю сказати, що це є одним із найважливіших заходів що підвищення технології виробництва, удосконалення продуктивності праці обслуговуючого персоналу та переведення цієї праці у різновид індустріального напрямку. Електричну енергію при цьому використовують для оптимального режиму освітлення і необхідної температури приміщень, процесу опромінення і іонізації повітря, функціонування роботи електродвигунів та іншого обладнання, для забезпечення системи заданого мікроклімату [14].

При вирощуванні телят різного віку застосовують різноманітне технологічне обладнання, зокрема обладнання для утримування й годівлі телят віком до 3-х тижнів, обладнання для напування тварин (стаціонарні поїлки і автопоїлки з електропідігрівом води, поїлки пересувні для літніх таборів і пасовищ), пристрої для напування телят молочного періоду, автоматизовані пристрої для приготування заміників молока і для приготування рідких сумішей для телят. На відгодівельних фермах для приготування і роздачі заміників молока використовуються комплект спеціального автоматизованого обладнання, а роздача грубих, соковитих кормів та повнораціонних сумішей здійснюється спеціальними стаціонарними та мобільними роздавачами [15].

Збільшення темпів використання електроенергії пов'язане з певними її особливостями, а саме:

- можливістю відносно легкого перетворення в механічну, теплову, світлову і ін.;
- можливістю отримання централізованого та економічного на різних типах електростанцій;
- відносно простим способом передачі (наприклад, повітряними лініями електропередачі) до замовників з малими втратами на великі відстані.

Електротехнічне обладнання теперішніх промислових об'єктів представляє собою комплекс різних електромашин, апаратів та приладів. Комплектація електромашинами, апаратами і приладами невинно зростає, а енергооснащеність підвищується щорічно. Більшість промислових механізмів обладнано електропроводом, зокрема з автоматизованим керуванням. В цьому випадку персонал здійснює тільки спостереження за електроустаткуванням та усуває несправності. Наявні засоби автоматизації, які впроваджуються в сільське господарство, активно почали використовувати цифрову техніку. Її впровадження в агропромисловому комплексі, зокрема в сільському господарстві, стримувалось до недавнього часу через її високу вартість, великі габарити та недостатню надійність, складністю в експлуатації, відсутністю відповідних спеціалістів та доступних засобів спілкування користувача з комп'ютером. На сьогодні уже є достатньо практичного досвіду у застосуванні мікропроцесорної техніки в системах управління агропромисловим сектором, що є відображенням високої ефективності автоматизації на її базі, а також використання інформаційних процесів при організації керування та контролю за технологічними процесами і обладнанням. На базі сучасних комп'ютерів розробляється обладнання і системи автоматичного керування для пересувної сільгосптехніки та стаціонарного устаткування переробних підприємств, а також тваринницьких комплексів, тепличних господарств і ін.. Методи контролю і прогнозування за допомогою комп'ютерів стану ґрунту, розмноження шкідників та збудників дозволяють суттєво зменшити витрату пестицидів і води для поливу, значно підвищити темпи врожайності в рослинництві. Комплектація теперішніх енергонасичених сільськогосподарських машин бортовими комп'ютерів дозволяє суттєво економити паливо, високоякісно здійснювати технологічні операції. Персональний контроль і режим годування тварин гарантують збільшення надоїв при значному зниженні витрат комбікормів. Особливості сучасної енергетики стали передумовою високого рівня автоматизації при здійсненні процесу виробництва та розподілу електричної енергії [16].

#### 1.4 Базові заходи заощадження електричної енергії в тваринництві

До базових заходів щодо заощадження електричної енергії відноситься їх високопродуктивна витрата внаслідок узгодження дійсної потужності електричного обладнання для визначених потреб, а саме: дотримання графіків роботи електричного обладнання для запобігання неповного завантаження обладнання; підтримка електричного обладнання у робочому стані без відхилення від нормативних показників. Також можна задіяти резерви зниження затрат електроенергії на освітлення за рахунок заміни ламп розжарювання (їх корисна віддача становить біля 8% від споживаної енергії) на люмінесцентні лампи (їх корисна віддача становить майже 30%). Молодняк великої рогатої худоби на великих фермах вимагає значних витрат електричної енергії (біля 65% від загальних витрат) для підтримки мікроклімату. Наприклад, на систему освітлення йде в 8 разів енергії більше, ніж на кормових ділянках. В табл. 1.1 наведено структуру енергоємності при виробництві м'яса яловичини при застосуванні електрифікації виробничих процесів.

У випадку проблем з енергопостачанням для економічного енергозбереження необхідно змінити підходи при розміщенні поголів'я великої рогатої худоби. Наприклад, з 1000 МДж енерговитрат на видалення гною великої рогатої худоби на механізацію таких процесів йде 180 МДж, на електричну енергію - 170 МДж, на пальні і мастильні матеріали - 650 МДж. Базовим резервом зниження енергетичної ємності виробництва молока при доїнні корів є перенесення їх доїння до доїльних залів, що дозволить зменшити витрати праці на спеціалізованих установках в 2...3 рази. Наприклад, показники витрат енергії на один центнер приросту молодняка великої рогатої худоби будуть ефективнішими при технології її утримання на глибокій підстилці у порівнянні з технологією використання харчових боксів. У цьому випадку значну економію отримуємо на пально-мастильних матеріалах та електроенергії [17].

Таблиця 1.1 - Структура енергоємності при виробництві яловичини (%)

Технологічні процеси	Комплексно механізовані ферми по відгодівлі молодняка	Відгодівля на майданчиках
Прибирання гною	0,6	-
Роздавання кормів	9,5	26,8
Поїння тварин	3,9	33,9
Вентиляція приміщень	64,2	-
Переробка гною	2,7	-
Освітлення	12,1	22,6
Інші потреби	7,0	16,8
Усього	100,0	100,0

Значна частина витрат електричної енергії спостерігається на електропроводах вентиляційних установок і становить більше 50%. Тому для уникнення процесу значного підвищення енергоємності технологічних процесів у тваринництві можна провести такі заходи [18]:

- більш щільне утримання сільськогосподарських тварин на відведених площах в оптимальній кількості;
- підвищення теплозахисту ферм з метою зменшення втрат тепла через стіни споруд;
- використання системи підігріву молодняка худоби теплонакопичуючими електричними нагрівачами;
- застосування системи для підігріву води за допомогою утилізаторів тепла, яке виділяється при охолодженні молока;
- застосування системи регенерації тепла, яке виходить із повітрям з тваринницьких ферм;
- застосування в системі опалення та кондиціонування спеціальних систем трубопроводів на певній глибині, в яких вентилятори здійснюють провітрювання: взимку - для нагрівання, а літом - для охолодження тваринницьких приміщень;



- покращення системи вентиляційного обладнання на тваринницьких фермах методом автоматизації управління повітророзподілом, видаленням шкідливих газів за допомогою вентиляювання повітря;

- здійснювати ізоляцію трубопроводів;

- застосовувати систему подачі свіжого повітря у зону перебування тварин та місцеве виведення відпрацьованого повітря;

- дотримуватись оптимального режиму роботи теплових котлів та оптимальної температури води у системах опалення;

- недопускати випадків утворення накипу на стінах котлів;

- виконати заміну водонагрівальних котлів на твердому і рідкому паливі на електричні водонагрівачі та електричні парові перетворювачі.

Впровадження технічних заходів у тваринництві передбачають наступні операції [19]:

- застосування автоматизованої системи управління електричного нагрівального та освітлювального устаткування, системи водопостачання, обладнання системи мікроклімату та електричних приводів;

- здійснення відключення електричного нагрівального обладнання під час максимального навантаження енергетичної системи;

- здійснення узгодження потужності в нагрівальних елементах у відповідності до теплової продуктивності обладнання;

- здійснення оптимізації процесів навантаження електричних двигунів;

- використання газорозрядних ламп для системи освітлення;

- здійснення індивідуальної компенсації потужності, що споживається електричними двигунами;

- заходів щодо обмеження напруги в освітлювальній електричній мережі в темний час доби;

- здійснення операції зустрічної регуляції напруги;

- здійснення компенсації реактивної потужності на електричній підстанції з використанням конденсаторних установок;

- проведення заміни електричних калориферів розподільними електричними нагрівальними установками (наприклад, електричними нагрівальними стінами).

Загальноприйнятими базовими напрямками зниження енергоємності виробництва в тваринництві є наступні [20]:

- заходи щодо підвищення продуктивності худоби та птиці;
- проведення оптимізації чисельності поголів'я тварин;
- поліпшення умов породного складу тварин;
- впровадження енергозберігаючих технологій;
- заходи щодо дотримання базових вимог при організації виробництва, технологічних норм, зокрема їх ритмічності та синхронності.

Одним з найефективніших способів перетворення енергії біомаси, тобто енергії гною в анаеробну ферментацію гною з метою отримання газу метану, виступає метанове бродіння. Наприклад, при температурі 30°C з одного кілограма органічної маси може отримати 1,0 м<sup>3</sup> біогазу. У Швеції при проведенні виробничих досліджень з відходами від однієї корови на добу було отримано 2 м<sup>3</sup> біогазу. Згідно проведених розрахунків енергетичного еквіваленту, який отриманий на одній фермі, біогаз дозволяє забезпечити енергетичну потребу для двох ферм.

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Характеристика сільськогосподарського об'єкту

Фермерське господарство «ГАДЗ» за земельною площею, структурою, об'ємом і спеціалізацією виробництва є доволі великим господарством в Чортківському районі Тернопільської області.

Фермерське господарство «ГАДЗ» розташоване недалеко від районного центру і поряд з залізничною станцією. Відстань від обласного центру - 68 кілометрів. Вони зв'язані автомобільними дорогами. Фермерське господарство «ГАДЗ» має розвинене тваринництво, обробляє зернові і просапні культури. Природні умови тут дещо гірші, ніж в деяких районах. Посіви нерідко страждають від сильних вітрів, опадів зазвичай не вистачає (за рік 350-400 мм), випадають переважно в менш сприятливий для землеробства, зимово-весняний період.

Ґрунти (карбонато-каштанові суглинки) містять мало фосфору і калію, глибина орного горизонту 30-35 сантиметрів. У господарстві є племзавод, зрошувані землі. Всі вони розташовані в місцевому стоці, складають 256 га. За господарством закріплено 8255 га земельних угідь. Їх розораність складає 94%. Посівна площа всіх культур перевищує 5000 га, з них під озимою пшеницею – 1340 га. Експлікація земель сільськогосподарського товариства приведена в табл. 2.1, а основні економічні показники розвитку галузі рослинництва - в табл. 2.2.

Фермерське господарство «ГАДЗ» має 4 механізовані тваринницькі ферми, кормоцех. Однією з головних галузей господарства є тваринництво. На початок року на фермах містилося 3500 голів великої рогатої худоби (з них 1400 корів), 602 свиней. На кожних 100 га сільгоспугідь доводиться 345 голів великої рогатої худоби, зокрема 16 корів.

Від реалізації продуктів тваринництва господарство–племзавод отримує 60% грошових доходів.

Таблиця 2.1 – Експлікація земель

Найменування земель	Площа, га	Структура, %
Всього земель безстрокового користування	6255	100
Всього сільгоспугідь	5819	91
Зокрема: рілля	5558	88,9
пасовищ	255	4,1
сіножаті	320	2,1
Багаторічні насадження	6	0,1
Інші угіддя	200	3,2

Таблиця 2.2 - Основні економічні показники розвитку галузі рослинництва

Найменування культур	Площа, га	Урожайність, ц/га	Валовий збір, ц	Собівартість, ц/грн.
Пшениця	960	29	27840	133,6
Овес	30	15	450	116,8
Ячмінь озимий	800	29	23200	112,3
Ярини зернові	730	22,6	16498	118,8
Кукурудза на зерно	400	26,2	10480	143,3
Зернові культури	270	19	5130	132,2
Цукровий буряк	330	180	59400	87,6
Соняшник	550	17,5	96250	216,6
Картопля	10	100	1000	268,5
Овочеві культури	25	100	2500	242,2

Рентабельність виробництва молока складає 20-24%. Середньорічна кількість працівників - 1243 людини. В табл. 2.3 наведено Основні економічні показники розвитку галузі тваринництва сільськогосподарського товариства.

Таблиця 2.3 - Основні економічні показники розвитку галузі тваринництва

Вид худоби	Поголів'я, шт.	Продуктивність	Валове виробництво продукції, ц	Собівартість, ц/грн.
Корови	1400	1800 кг	23200	421,7
ВРХ на відгодівлю	2100	630 гр	4829	4383,5
Свині	602	253 гр	356	4427,6

Розвиток механізації фермерського господарство «ГАДЗ» – господарство високомеханізоване. Тут працює 92 трактори і більше 30 комбайнів різних марок, 53 вантажних автомобіля. До складу тракторного парку входить 103 трактористи, 40 водіїв комбайнів і 55 водіїв вантажних автомобілів. Керівництво механізованим парком здійснює завідувач гаражем і головний механік. Кількість умовних ремонтів сільськогосподарської техніки склала 207 у.о. В табл. 2.4 приведено загальне споживання електроенергії по господарству.

Таблиця 2.4 - Споживання електроенергії по господарству

Найменування споживача	Кількість електроенергії тис. кВт·год
Всього отримано електроенергії	1873
Витрачено:	
на виробничі потреби	1390
на освітлення	296
на комунально-побутові потреби	187

Розрахунок електрозабезпеченості по господарству

$$E_o = \frac{Q}{W}, \quad (2.1)$$

де  $E_o$ - електрозабезпеченість господарства, кВт·год;

$Q$  – витрата електроенергії на виробничі потреби, кВт·год

$W$  – площа ріллі на (100 га)

$$E_o = \frac{1390000}{5558} \cdot 100 = 25000 \text{ кВт·год/люд}$$

Визначення електричного забезпечення господарства [19]

$$E_z = \frac{Q}{L_{cp}}, \quad (2.2)$$

де  $E_z$  - електроозброєність праці, кВт·год/люд

$L_{cp}$  - кількість середньорічних працівників, люд.

$$E_B = \frac{1390000}{1243} = 1100 \text{ кВт·год / люд}$$

## 2.2 Технічні параметри досліджуваного об'єкту

Телятник чотирирядний на 200 голів молочного напрямку, чотирирядного розташування, прив'язного утримання в стійлах. Стійла розташовані паралельними рядами по 50 голів в кожному. Стійла обладнані прив'яззю, годівницею і напувалкою.

Будівля телятника прямокутна з неповним залізобетонним каркасом із збірних елементів. Дах сучасний, вентильований, з утепленням з мінераловатних напівжорстких плит. Крівля покрита хвилястими азбестоцементними листами уніфікованого профілю, укладених по дерев'яних брусах. Стіни корівника тришарові із залізобетонних панелей, перегородки із звичайної глиняної цеглини. Підлоги в службовому приміщенні – дощаті, в санвузлі - з керамічної плитки, в решті приміщень - цементні. Розмір телятника складає 21×72×3,7м.

У будівлі розміщені:

- столове приміщення;
- 2 підсобних приміщення;
- приміщення для соковитих і концентрованих кормів;
- 2 інвентарних приміщення;
- 4 тамбури.

Для роздачі кормів і силосу застосовують розташовані всередині годівниць стаціонарні транспортери-кормороздавачі ТВК-806, гній забирається скребковим транспортером мазкі ТСН-160. Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату використовуються електровентилятори типу КЦЗ-90.

Утримання телят – прив'язне, в стійлах розмірами 1,2×1,9 м з використанням пасовищ в літній період. Стійла в телятнику розташовані в повздовжньому напрямі в два ряди, утворюючи два кормових і три гнойові проходи. Вік телят - від одного місяця до шести.

Для переміщення персоналу і тварин передбачено три поперечні проходи: один - в середині будівлі і два - в торцях.

У одному безперервному ряду розміщено 25 стійл. До кожного ряду стійл примикають стаціонарні годівниці. Протягом дня телятам за сприятливих погодних умов організовують прогулянки на вигульних майданчиках.

Потреба телят в кормах визначена відповідно до відомчих норм технологічного проектування [20]. Раціон телят в зимовий період складається з кормосуміші, силосу, що включає, сінаж, концентровані корми і комбікорми; у літній період із зеленої маси і комбікорму. До складу кормосуміші вводять комбікорм з розрахунку 1 кг на голову, додатково комбікорм роздають нормовано, залежно від продуктивності. Роздачу кормосуміші в годівниці здійснюють двічі в добу стаціонарним кормороздавачем ТВК-80Б [21].

Зберігання соковитих і концентрованих кормів передбачено на території ферми, до складу якої входить телятник, а поточного запасу комбікорму - в бункері БСК-10 при телятнику.

Поїння телят водою передбачено з автонапувалок ПА-1А, встановлені з розрахунку одна напувалка на два стійла.

Видалення гною в телятнику здійснюється транспортерами скребковими ТСН-160, які вантажать його в транспортний причіп 2ПТС-4м-785А.

Середньодобова витрата води по об'єкту складає 94,5 м<sup>3</sup>.

### **2.3 Нормативні підходи до розрахунку електричного освітлення**

Електричне освітлення є важливим чинником, від якого в значній мірі залежать комфортність перебування і роботи людей та продуктивність тварин [22].

Основні показники штучного освітлення повинні забезпечувати нормальні і безпечні умови праці людей і утримання тварин та птиці, сприяти підвищенню продуктивності праці і якості продукції. Важлива вимога, що пред'являється до освітлювальної установки, — її економічність, тобто мінімум приведених витрат і витрати електроенергії.

З робочого освітлення, яке є основним і служить для створення нормованої освітленості в усіх точках робочої поверхні, виділяють 10%, а для пологових відділень тваринницьких ферм - 15% ламп для чергового освітлення. Чергове освітлення призначене для контролю безперервних технологічних процесів, наприклад, утримання тварин за відсутності або недостатнього природного освітлення в нічний час. Включається і відключається чергове освітлення незалежно від робочого.

Для створення однакової освітленості в усіх точках освітлюваної поверхні застосовують систему загального рівномірного освітлення. У разі потреби створення більшої освітленості на певних ділянках приміщення, наприклад, в приміщеннях для утримання тварин, використовують систему загального локалізованого освітлення. В якості джерела світла застосовують лампи розжарювання або люмінесцентні. Основні переваги ламп розжарювання - проста конструкція, порівняно невисока вартість та надійність. До недоліків слід віднести низьку світлову віддачу, незадовільний спектральний склад випромінювання, необхідність застосування захисних пристроїв від сліпучої дії ламп.

Люмінесцентні лампи в порівнянні з лампами розжарювання мають м'якший спектр випромінювання, в декілька раз більшу світлову віддачу, триваліший термін служби і значно меншу яскравість. Проте люмінесцентні лампи потребують додаткової пускової апаратури, для них характерні висока вартість установки, пульсація світлового потоку, його зменшення при температурі нижче 15°C і вище 40 °C, підвищення напруги запалення при збільшенні вологості повітря, менша надійність.

Відповідно до галузевих норм освітлення сільськогосподарських будівель і споруд для загального освітлення приміщень основного виробничого призначення (для утримання тварин) слід застосовувати газорозрядні джерела світла низького тиску (лампи типу ЛБ, ЛБР, ЛД та інші), а для підсобних приміщень - лампи розжарювання. Для освітлення території підприємств, виробничих майданчиків, проїздів необхідно застосовувати газорозрядні (високого і низького тиску) джерела світла.

При відповідному техніко-економічному обґрунтуванні допускається використовувати для основних виробничих приміщень і відкритих територій лампи розжарювання.

При виборі типу світильників необхідно враховувати умови навколишнього середовища, вимоги до характеру світлорозподілу, умови і економічність монтажу і експлуатації. Типи світильників, що рекомендуються для освітлення сільськогосподарських виробничих об'єктів, громадсько-адміністративних будівель і відкритих територій.



Рівномірність розподілу освітлення на освітлюваній поверхні в основному залежить від типу світильника і відношення  $A$ , (відстані  $L$  між світильниками до висоти  $h$  розташування світильника над освітлюваною поверхнею). Якщо вздовж стін приміщення розташовані робочі поверхні, то відстань від крайніх рядів світильників до стін приймають рівними  $(0,25...0,3) L$ , в решті випадків -  $(0,4...0,5) L$ . Для створення рівномірної яскравості по стелі для світильників відбитого і розсіяного світлорозподілу відстань від світильника до стелі повинна складати  $0,2...0,25$  відстані від стелі до освітлюваної поверхні [23].

Оскільки в телятнику необхідно забезпечити за всією площею в цілому однакове освітлення, тобто без урахування розташування устаткування, то приймається система загального рівномірного освітлення.

У телятнику приймається два види освітлення: робоче і чергове. Робоче освітлення призначене для забезпечення нормальної робочої діяльності. Чергове освітлення для періодичного контролю за станом тварин і безпечного руху чергового персоналу. Ці світильники виділяються з числа робочих 10% і під'єднуються на окрему групу. Чергове освітлення на входах під'єднується до загального чергового освітлення.

## 2.4 Вибір світильників та розрахунок встановленої потужності

Для загального освітлення телятника згідно норм штучного освітлення рекомендується використовувати газорозрядні джерела та світлолюмінесцентні лампи, які мають ряд переваг над лампами розжарювання: спектр випромінювання близький до природного, вища світлова віддача, вищий коефіцієнт корисної дії, більший термін служби, менша чутливість до коливань напруги мережі. Враховуючи, що середовище в телятнику сире, хімічно-активне, пропонується застосувати світильники типу ЛСП, а в допоміжних приміщеннях - використати світильники НСП з лампами розжарювання [24].

Оскільки в телятнику прийнята система загального рівномірного освітлення, то для розрахунку електроосвітлення застосовується метод коефіцієнта використання світлового потоку [23]. Визначимо нормовану освітленість для приміщень для утримання телят:

$$E_n = 75 \text{ лк}$$

Розміщуємо світильники по висоті приміщення (рис. 2.1).

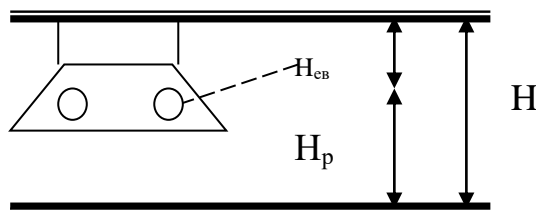


Рисунок 2.1 - Розміщення світильників по висоті

Висоту навісу приймаємо 0,1 м. Визначаємо розрахункову висоту:

$$H_p = H - H_{нв} \quad (2.1)$$

де  $H_p$  – розрахункова висота, м;

$H_{нв}$  – висота навісу, 0,1 м;

$H$  – висота приміщення, 3,7 м

$$H_p = 3,7 - 0,1 = 3,6 \text{ м}$$

Розміщуємо світильники згідно плану приміщення, для цього знаходимо найкращу відносну відстань для світильників типу ЛСП:

$$\lambda = \frac{L}{H_p} \cdot \quad (2.2)$$

де  $\lambda$  - найкраща відносна відстань;

$L$  – відстань між світильниками, м;

$H_p$  – розрахункова висота, м.

Знаходимо оптимальну відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (2.3)$$

$$L = 1.7 \cdot 3.6 = 6.12 \text{ м.}$$

*Визначаємо число світильників в ряду*

$$N_A = \frac{A}{L}, \quad (2.4)$$

де  $N_A$  – число світильників в ряду, шт.;

$A$  – довжина приміщення, 67,28 м.

$$N_A = \frac{67,28}{6} = 11 \text{ шт.}$$

Відстань між рядами визначаємо з урахуванням планування приміщення.

Визначаємо число рядів:

$$N_B = \frac{B}{L}, \quad (2.5)$$

де  $B$  – ширина приміщення, 21 м.

$$N_B = \frac{21}{6} = 3,5 \approx 4 \text{ ряди}$$

*Визначаємо загальну кількість світильників*

$$N = N_A \cdot N_B, \quad (2.6)$$

$$N = 11 \cdot 4 = 44 \text{ шт.}$$

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}; \quad (2.7)$$

$$i = \frac{67,28 \cdot 21}{3,6 \cdot (67,28 + 21)} = 4,4$$

Визначаємо розрахунковий світловий потік лампи:

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot S \cdot K \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (2.8)$$

де  $E_H$  – нормована освітленість, 75 Лк;

$S$  – площа приміщення,  $S = 1412,88 \text{ м}^2$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу,  $K = 1,3$ ;

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності,  $Z = 1,2$ ;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку,  $\eta = 0,49$ ;

$N$  – число світильників,  $N = 44$  шт.

$$\Phi_p = \frac{75 \cdot 67,28 \cdot 21 \cdot 1,3 \cdot 1,2}{44 \cdot 0,49} = 7667 \text{ лм}$$

*Розрахунковий світловий потік однієї лампи становить:*

$$\Phi_{p.л} = \frac{\Phi_p}{2}, \quad (2.9)$$

$$\Phi_{p.л} = \frac{7667}{2} = 3833 \text{ лм}$$

Приймаємо лампу ЛБР-65 потужністю  $P = 65$  Вт зі світловим потоком  $\Phi_l = 4550$  лм,  $U = 220$  В,  $I = 0,67$  А.

Приймаємо світильник ЛСП 18-2×65. Визначаємо правильність виконання розрахунку:

$$0,9\Phi_{p.л} \leq \Phi_l \leq 1,2\Phi_{p.л}, \quad (2.10)$$

$$0,9 \cdot 3833 \leq 4550 \leq 1,2 \cdot 3833 \Rightarrow 3449,7 < 4550 < 4599$$

Умова (2.10) виконується, приймаємо лампу ЛБР-65.

Визначаємо встановлену потужність світильників

$$P_B = P_C \cdot N, \quad (2.11)$$

де  $P_C$  – потужність світильників

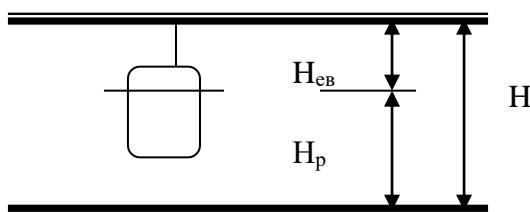
$$P_B = 130 \cdot 44 = 5720 \text{ Вт}$$

Для чергового освітлення приймаємо 10% від загального числа світильників робочого освітлення

$$N = \frac{44}{100} \cdot 10 \approx 4 \text{ шт.}$$

Виконаємо розрахунок електроосвітлення методом питомої потужності в приміщенні для соковитих і концентрованих кормів [25]. Для освітлення даного приміщення застосовуємо світильники типу НСП. Визначаємо нормовану освітленість, яка становить  $E_n = 10$  лк.

Розміщуємо світильники по висоті приміщення (рис. 2.2).



**Рисунок 2.2 - Розміщення світильників по висоті**

Визначаємо розрахункову висоту:

$$H_p = H - H_{ев},$$

$$H_p = 2,8 - 0,4 = 2,4 \text{ м.}$$

*Визначаємо площу приміщення:*

$$S = A \cdot B \quad (2.12)$$

$$S = 2,36 \cdot 4,9 = 11,56 \text{ м}^2.$$

Знаючи тип світильника, визначаємо питому потужність, яка залежить від нормованої освітленості, розрахункової висоти і площі приміщення:

$$P_{\text{нм}} = 5,89 \text{ Вт.}$$

Визначаємо розрахункову потужність електроосвітлення приміщення:

$$P_p = P_{\text{нм}} \cdot S, \quad (2.13)$$

$$P_p = 5,89 \cdot 11,56 = 68,089 \text{ Вт.}$$

Приймаємо до установки світильник НСП – з лампою Б–215-225-60, з  $P_{\text{л}} = 60 \text{ Вт}$ ,  $U_{\text{н}} = 220 \text{ В}$ .

Визначаємо кількість світлових точок:

$$N = \frac{P_p}{P_{\text{л}}}, \quad (2.14)$$

$$N = \frac{68,09}{60} = 1,1 \approx 1 \text{ шт.}$$

Визначаємо встановлену потужність:

$$P_B = N \cdot P_{\text{л}} = 1 \cdot 60 = 60 \text{ Вт}$$

Вибираємо лампу Б-212-225-60 зі світильниками НСП – 11×100.

Розрахунок електроосвітлення решти приміщень виконується аналогічно, і результати розрахунку заносяться в світлотехнічну відомість (Додаток А).

## 2.5 Розрахунок внутрішніх силових мереж

*Вибір марки, способу прокладки та розрахунок перетину проводів і кабелів освітлювальної мережі*

Оскільки в телятнику середовище хімічно активне, з урахуванням конструкції будівельної частини, для виконання освітлювальної проводки вибираємо кабель АВВГ з прокладкою по стінах та кріпленням накладними скобами [26].

Визначаємо потужність групи 1:

$$P_{ГР1} = N \cdot P_{CB}, \quad (2.15)$$

де  $N$  – число світильників,  $N=11$  шт.;

$P_{CB}$  – потужність світильників,  $P_{CB} = 130$  Вт.

$$P_{ГР1} = 11 \cdot 130 = 1430 \text{ Вт}$$

Визначаємо струм групи 1:

$$I_{ГР1} = \frac{P_{ГР1}}{U_{CP} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.16)$$

де  $U_{CP}$  – напруга мережі,  $U_{CP} = 220$  В.

$$I_{ГР1} = \frac{1430}{220 \cdot 0,95} = 6,8 \text{ А}$$

Вибираємо перетин дроту по тривало допустимому струму навантаження:

$$I_{гон} \geq I_{ГР}$$

Для освітлювальної проводки приймаємо кабель з [26]: АВВГ 1 мм<sup>2</sup> з  $I_{дон} = 28$  А,  $28 > 6,8$  А, що задовольняє умові.

Перевіряємо вибраний перетин кабелю за допустимою втратою напруги (рис. 2.3). Згідно ПУЕ допустима втрата напруги (%) для внутрішніх проводок не повинна перевищувати 2,5% [27]

$$\Delta U \% = \frac{\sum M}{C \cdot F}, \quad (2.17)$$

де  $M$  – сумарний момент навантаження,  $\text{кВт} \cdot \text{м}$ ;

$C$  – коефіцієнт, що залежить від напруги мережі, числа проводів ліній, матеріалу дроту,  $C=7,7$ ;

$F$  – перетин кабелю, мм<sup>2</sup>.

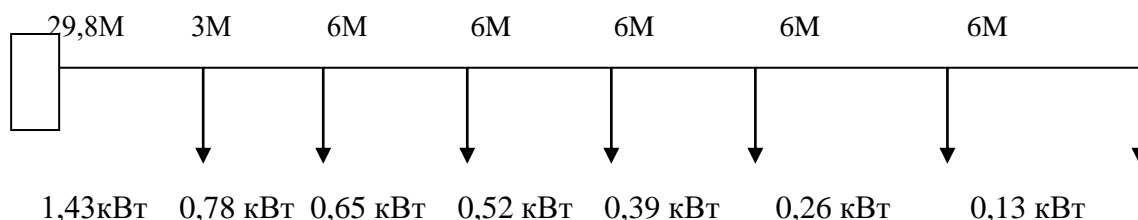


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема

$$\sum M = p_1 l_1 + p_2 l_2 + p_3 l_3 + p_4 l_4 + p_5 l_5 + p_6 l_6 + p_7 l_7, \quad (2.18)$$

де  $p_1 \dots p_7$  – потужність на розрахунковій ділянці, кВт

$l_1 \dots l_7$  – довжина розрахункової ділянки, м

$$\sum M = 29,8 \cdot 1,43 + 3 \cdot 0,78 + 6 \cdot 0,65 + 6 \cdot 0,52 + 6 \cdot 0,39 + 6 \cdot 0,26 + 6 \cdot 0,13 = 54 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

Тоді допустима втрата напруги:

$$\Delta U \% = \frac{54}{7,7 \cdot 4} = 1,7\%$$

Встановлена потужність освітлювального щитка:

$$P_B = 6,72 \text{ кВт}$$

У випадку, якщо не у всіх приміщеннях включені лампи, вводять коефіцієнт попиту:

$$P_p = 0,8 \cdot P_B, \quad (2.19)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність, кВт;

$P_B$  – встановлена потужність щитка, кВт.

$$P_p = 0,8 \cdot 6,72 = 5,376 \text{ кВт}$$

Визначаємо струм в магістралі (рис. 2.4):

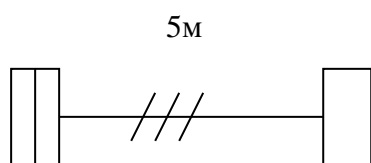


Рисунок 2.4 - Розрахункова магістраль



$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.98}, \quad (2.20)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність, кВт.

$$I_p = \frac{5376}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.98} = 8.3 \text{ А}$$

З умови тривалого допустимого струмового навантаження:

$$I_{\text{дон}} \geq I_p \Rightarrow I_{\text{дон}} \geq 8.3 \text{ А}$$

Приймаємо дрiт АПВ 4 (1 × 4) мм<sup>2</sup> з  $I_{\text{дон}} = 19 \text{ А}$ . Оскільки  $19 \text{ А} > 8.3 \text{ А}$ , то умова дотримується.

Визначаємо втрату напруги в лiнii живлення освiтлювального щитка:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot l}{C \cdot F}; \quad (2.21)$$

$$\Delta U = \frac{5.3 \cdot 5}{46 \cdot 4} = 0.14\% .$$

Визначаємо допустиму загальну втрату напруги:

$$\Delta U_{\text{заг}} = \Delta U_1 + \Delta U_2, \quad (2.22)$$

де  $\Delta U_1$  - втрата напруги вiд освiтлювального щитка до свiтильникiв, %;

$\Delta U_2$  - втрата напруги вiд силового щитка до освiтлювального, %.

$$\Delta U_{\text{заг}} = 1.7 + 0.14 = 1.84\% - \text{ умова виконується.}$$

Для решти груп розрахунок аналогiчний, результати розрахунку заносимо на розрахункову схему освiтлювальної мережi.

### *Вибір типу освітлювального щитка і розрахунок апаратів захисту*

Для розподілу електричної енергії між світильниками вибираємо освітлювальний щиток ПР-32-32 на 6 груп з автоматами на вводі ВА51Г-25 з груповими автоматами ВА51-25 з комбінованими розмикачами  $I_{nr} = 6,10,16,25 A$  [26]. Розмір щитка  $630 \times 540 \times 155$  мм, захисного виконання для утепленої установки в нішах.

Визначається номінальний струм розмикача автомата для групи 1.

$$I_{H.P} \geq K_{H.T} \cdot I_{ГР1},$$

де  $I_{H.P}$  - номінальний струм розмикача, А;

$I_{H.T}$  - коефіцієнт надійності,  $I_{H.T} = 1,1$ ;

$I_{ГР1}$  - струм групи, А

$$I_{H.P} \geq 1,1 \cdot 6,8 A \Rightarrow I_{H.P} \geq 7,48 A.$$

Приймаємо для групи 1 автоматичний вимикач ВА51Г-25 з номінальним струмом 25 А та з номінальним струмом розмикача 10А.

$10 A > 7,48 A$  - умова виконується.

Для решти груп розрахунок аналогічний і результати розрахунку заносимо на розрахункову схему освітлювальної мережі.

## **2.6 Розрахунок трансформаторної підстанції**

### *Електропостачання МТФ*

Згідно нормативів при визначенні електричних навантажень проєктованих трансформаторних підстанцій, дизельних електростанцій і електричних ліній повинні бути враховані всі споживачі електроенергії, розташовані в зоні електропостачання проєктованої електроустановки незалежно від їх відомчої приналежності. Розрахункові навантаження несільськогосподарських споживачів враховують на підставі заявок, що представляються споживачами і підтверджених у разі потреби відповідними розрахунками [28].

При обстеженні споживачів виявляють число будинків і річне споживання електроенергії на один одноквартирний будинок або квартиру, кількість населення, комунально-побутові, громадські і виробничі споживачі з вказівкою місткості приміщень, засобів механізації, наявності кормоцехів, приміщень і устаткування для первинної обробки молока і так далі. При обстеженні також виявляють категорію споживачів, джерела, резервування, джерело електропостачання проектованої електроустановки і інші дані, необхідні для вибору потужності і числа трансформаторів підстанцій або генераторів електричних станцій, визначення місцеположення трансформаторних підстанцій; напруги і конфігурації електричних ліній, типу опор, матеріалу і площі перетину проводів.

#### *Розрахунок електричних навантажень*

Випишемо встановлену потужність в денні і вечірні максимуми навантажень всіх приміщень в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахунок електричних навантажень

№ ділянки	Розрахункова потужність, кВА	
	У денний максимум	У вечірній максимум
	<u>Лінія №1</u>	
0-1	60,6	51,1
1-2	25,9	25,9
1-3	27,8	20,8
3-4	23	14,8
4-5	20	10
3-6	8	9,8
6-7	5	8
Вул. осв.	---	1,34
Ден. осв.	---	1,5
Разом:	60,6	54,34
	<u>Лінія №2</u>	
0-8	55,9	58,5
8-9	25,9	25,9
8-10	21,7	20,4
10-11	11	9
10-12	15	15
Вул. осв.	---	0,9
Ден. осв.	---	1
Разом:	55,9	60,3
Всього:	98,8	95

### Розрахунок потужності трансформатора і типу ТП

По економічних інтервалах вибирається потужність силового трансформатора. Для цього визначаємо характер навантаження:

$$\frac{S_{(g)}}{S_{(b)}} = \frac{98,8}{95} = 1,04.$$

$1,04 < 1,41$  - отже, характер навантаження виробничий.

Потужність силового трансформатора:  $S_{mp} = 100 \text{кВА}$

Заносимо дані силового трансформатора в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Параметри силового трансформатора

Тип	Номинальна потужність, кВА	Поєднання напруги, В		Схема і група з'єднання обмоток	Втрати, Вт			Напруга К.З., %	Струм холостого ходу	Опір трансформатора приведений до напруги 0,4 кВ	
		ВН	НН		Холостого ходу		К.З.			Прямі послідовності	При однофазному К.З.
					Рівень, А	Рівень, В					
ТМ	100	10	0,4	У/У-11	330	265	2270	4,7	-	0,75	0,225

Навантаження в денний максимум беремо за розрахункове:  $S_{розр} = 98,8 \text{кВА}$ .

Оскільки комплекс великої рогатої худоби відноситься до споживачів II категорії, то на ТП встановлюється 2 трансформатори по 100 кВА.

Визначаємо кількість ТП:

$$N_{ТП} = 0,37 \sqrt[2]{S_{розр}^2 \cdot F / \Delta U_{дон}^2}, \quad (2.23)$$

де  $S_{розр}^2$  - розрахункова потужність, кВА;

$F$  - площа об'єкту, км<sup>2</sup>;

$\Delta U$  - допустима втрата напруги, %.

$$N_{III} = 0,37 \sqrt[2]{98,8^2 \cdot \frac{0,06}{8^2}} = 0,78 \approx 1 \text{ шт}$$

Приймаємо 1 ТП типу КТП 100/10 (табл. 2.7)

Таблиця 2.7 - Технічні дані комплектної трансформаторної підстанції

Номінальна потужність трансформатора	Сторона високої напруги				Сторона низької напруги		
	Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Номінальний струм плавкої вставки запобіжника, А	Номінальний струм трансформатора, А	Тип і номінальний струм розмикача автоматичного вимикача		
					Ввід	Л-1	Л-2
100	10	5,78	16	144	ЗСІ-0,4	6	15

### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Вибір системи електроприводів

*Визначення потужності і вибір типу електродвигуна для приводу машин і механізмів*

Проведемо вибір типу електричного двигуна та розрахуємо його потужність для приводу скребкового транспортера кормороздавача ТВК-80.

Визначаємо розрахункову потужність [30]:

$$P_p = \frac{9,81Q(h + Kl)}{\eta}, \quad (3.1)$$

де  $Q$  – продуктивність, кг/с;

$$Q = 4,6 (T/2) = \frac{4600}{3600} = 1,28 \text{ кг/с,}$$

де  $h$  – висота підйому кормів, м;

$l$  – довжина транспортера, 65 м;

$K$  – коефіцієнт опору переміщення;

$\eta$  – ККД транспортера з трансмісією,  $\eta = 0,4$

$$P_p = \frac{9,81 \cdot 1,28(1,9 + 65)}{0,4} = 3876 \text{ Вт}$$

Попередньо вибираємо електродвигун типу АІР100L4У3 з параметрами:

$$P_H = 4 \text{ кВт}, n_H = 1410 \text{ хв}^{-1}, I_H = 8,5 \text{ А}, \eta = 85\%, \cos \varphi = 0.83,$$

$$K_{\text{ПВСК}} = 2, K = 1,6, Kn = 7$$

Перевіряємо двигун за умовою пуску та визначаємо номінальну кутову частоту обертання:

$$W_H = \frac{\pi \cdot P_H}{30}, \quad (3.2)$$

де  $P_H$  - номінальна частота обертання,  $P_H = 1410 \text{ хв}^{-1}$

$$W_H = \frac{3,14 \cdot 1410}{30} = 147,6 \text{ рад/сек}$$

Визначаємо номінальний момент електродвигуна:

$$M_H = \frac{P_H}{W_H}, \quad (3.3)$$

де  $P_H$  - номінальна потужність електродвигуна,  $P_H = 4$  кВт.

$$M_H = \frac{4000}{147,6} = 27,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо приведений статистичний момент

$$M_C = \frac{P_P}{W_H}, \quad (3.4)$$

де  $P_P$  - розрахункова потужність електродвигуна,  $P_P = 3876$  Вт;

$$M_C = \frac{3876}{147,6} = 26,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо номінальний пусковий момент електродвигуна:

$$M_H(\text{пуск}) = \frac{K_3 \cdot M_C}{K_{\min} \cdot U^2}, \quad (3.5)$$

де  $K_3$  - коефіцієнт завищення моменту,  $K_3 = 1,25$ ;

$K_{\min}$  - кратність мінімального пускового моменту,  $K_{\min} = 1,6$ ;

$U$  - напруга у відносних одиницях,  $U = 0,9$

$$M_H(\text{пуск}) = \frac{1,25 \cdot 26,3}{1,6 \cdot 0,82} = 25,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Умова пуску:  $M_H \geq M_H(\text{пуск})$

$27,1 \geq 25,1$  - умова пуску електродвигуна дотримується.

Виконаємо розрахунок потужності і вибір електричного двигуна витяжного вентилятора.

Визначаємо повітрообмін по допустимому вмісту вуглекислоти

$$L = \frac{1,2 \cdot C}{C_2 - C_1}, \quad (3.6)$$

де  $L$  – повітрообмін,  $\text{м}^3/\text{Г}$

$C$  - кількість  $\text{CO}_2$ , що виділяється тваринами;

1,2 - коефіцієнт, що враховує виділення вуглекислоти мікроорганізмами.

$C_2$  - допустимий вміст  $CO_2$  в повітрі всередині приміщення,  $\frac{\text{л}}{\text{м}^3}$

$C_1$  - вміст  $CO_2$  в зовнішньому повітрі

$$C = C_{\text{пит}} \cdot N_1, \quad (3.7)$$

де  $C_{\text{пит}}$  - кількість вуглекислоти, що виділяється однією твариною,  $\frac{\text{л}}{\text{год}}$  ;  
 $N$  - кількість голів;

$$C = 1,89 \cdot 200 = 37800 \frac{\text{л}}{\text{год}}$$

$$L = \frac{1,2 \cdot 37800}{2,5 - 0,3} = 20618,2 \frac{\text{м}^3}{\text{Г}}$$

За отриманим повітрообміном вибираємо вентилятор даховий, відцентровий КЦЗ-90 з подачею  $L_1=3200 \frac{\text{м}^3}{\text{Г}}$  при тиску  $17 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 166,6 \text{Па}$ .

Число вентиляторів приймаємо  $n = 7$ .

Діаметр робочого колеса вентилятора – 400 мм.

Продуктивність  $Q = 3200 \frac{\text{м}^3}{\text{Г}}$ .

Електродвигун вентилятора вибираємо з умови:

$$P_H \geq P_p \cdot K_3,$$

де  $P_H$  - номінальна потужність двигуна, кВт;

$K_3$  - коефіцієнт двигуна;

$P_p$  - розрахункова потужність двигуна, кВт;

$$P_p = \frac{Q_B \cdot P}{1000 \cdot \eta_B \cdot \eta_n}, \quad (3.8)$$

де  $Q_B$  - подача вентилятора  $\frac{\text{м}^3}{\text{Г}}$  ;

$P$  - тиск створюваний вентилятором, Па;

$\eta_B$  - ККД вентилятора;  $\eta_n$  - ККД передачі;

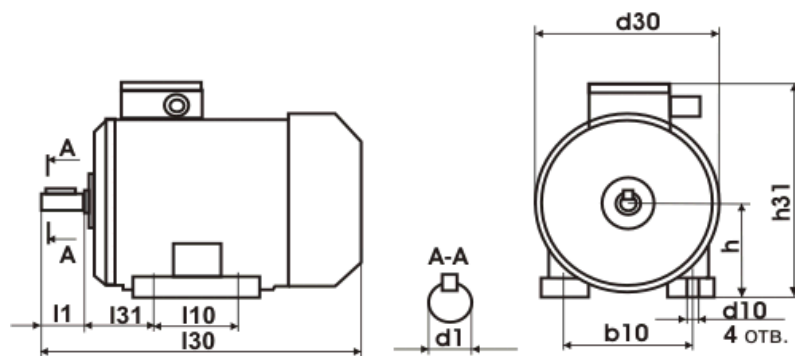
$$P_p = \frac{0,89 \cdot 166,6}{1000 \cdot 0,6 \cdot 1} = 0,247 \text{кВт}.$$

Вибираємо електродвигун АІР71В6У3 з наступними даними:

$$P_H = 0,55 \text{кВт}, U_H = 380 \text{В}, I_H = 1,74 \text{А}, \eta_H = 68,5, \cos \varphi = 0,70, n_H = 915 \text{хв}^{-1},$$

$$K_{\min} = 2,2, K_i = 4,5, K_{\max} = 1.6$$





Тип ел. двигуна	b10	l10	l30	l31	h	h31	d30	d24	h37	l1	d1	d10	d20	d22	d25	n отв.
AIP 71B6УЗ	160	112	360	63	100	246.5	240	250	121.5	60	28	12	215	15	180	4

Рисунок 3.1 – Технічні параметри вибраного електродвигуна

Перевіряємо виконання умови

$$P_H \geq P_P \cdot K_3 \Rightarrow 0,55 \geq 0,247 \cdot 1,5 = 0,371 - \text{умова виконується.}$$

Вибраний двигун перевіряємо за умовою пуску.

Визначаємо номінальний момент електродвигуна

$$M_H = \frac{P_H}{W_H}, \quad (3.9)$$

де  $M_H$  - номінальний момент електродвигуна  $H \cdot м$ ;

$W_H$  - кутова частота обертання, рад/сек.

$$W_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30},$$

де  $n_H$  - номінальна частота обертання,  $хв^{-1}$ ;

$$W_H = \frac{3,14 \cdot 915}{30} = 95,77 \text{ рад / сек};$$

$$M_H = \frac{550}{95,77} = 5,74 H \cdot м.$$

Визначаємо статистичний момент електродвигуна:

$$M_C = \frac{P_P}{W_H}, \quad (3.10)$$

де  $M_C$  - статистичний момент  $H \cdot м$ .

$$W_C = \frac{247}{95,77} = 2,58 H \cdot м.$$

Визначаємо номінальний пусковий момент:

$$M_{H(ПУСК)} = \frac{K_3 \cdot M_C}{K_{\min} \cdot U^2},$$

де  $K_3$  - коефіцієнт завищення моменту;

$K_{\min}$  - кратність мінімального пускового моменту;

$U$  - напруга у відносних одиницях.

$$M_{H(ПУСК)} = \frac{1,25 \cdot 2,58}{1,6 \cdot 0,8^2} = 3,13 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Перевіряємо виконання умови пуску:

$$M_H \geq M_{H(ПУСК)} \Rightarrow 5,74 \geq 3,13 - \text{умова виконується.}$$

Параметри електродвигунів для приводу машин і механізмів та їх технічні дані приведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Перелік технологічного електроустаткування і технічні дані електродвигунів

Найменування машин і механізмів	Тип	Тип електродвигуна							$\cos \varphi$	$i$	$K_H$	$K_{\min}$	$K_{\max}$
Горизонтальний транспортер для роздачі кормів	ТВ К-80Б	АИР1 00L4У3	,0	80	,5	410	5	,83	,0	,0	,2	,6	
Похилий транспортер видалення гною	ТС Н-160	АИР8 0A2У3	,5	80	,31	850	1	,85	,0	,1	,2	,6	
Горизонтальний транспортер видалення гною	ТС Н-160	АИР1 00L4У3	,0	80	,5	410	5	,83	,0	,0	,2	,6	
Витяжний вентилятор	КЦ 3-90	АИР7 1В6У3	,55	80	,74	15	8,5	,70	,0	,0	,2	,6	

### *Вибір схеми живлення електроприймачів*

Електропостачання телятника передбачається від зовнішніх мереж 380/220В через розподільну шафу ПРІІ-302621У3 на 8 груп із  $I_H = 225A$  з автоматом на ввіді ВА51Г-35 і з автоматами ВА51Г-25- 8 шт.

Для управління електроприводом вентиляторів приймається станція управління електровентиляторами ШАП5701-03А2Д.

Для решти електроприводів шафи РУСА-59-09 – 5 шт.

#### *Визначення розрахункової потужності на введенні телятника*

Підсумовуємо встановлена потужність всіх електроприймачів телятника.  
Сумарна потужність електродвигунів

$$\sum P_H \cdot gb = 50,85 \text{ кВт};$$

Встановлена потужність освітлення:  $P_{ОСВ} = 6,88 \text{ кВт}$

Приймаємо  $\cos \varphi = 0,82$ .

Знаходимо сумарну реактивну потужність електродвигунів:

$$\sum Q_{gb} = \sum P_{gb} \cdot tg \varphi, \quad (3.11)$$

$$\sum Q_{gb} = 50,85 \cdot 0,62 = 31,527 \text{ кВАР}.$$

Визначаємо повну встановлену потужність на ввіді в телятнику:

$$S_{вст} = \sqrt{(\sum P_{gb} + P_{оос})^2 + (\sum Q_{gb})^2}, \quad (3.12)$$

$$S_{вст} = \sqrt{(50,85 + 6,88)^2 + 31,527^2} = 65,77 \text{ кВА}.$$

Для телятника виписуємо встановлена потужність:

$$S_{вст} = 57 \text{ кВт}, S_g = 22 \text{ кВА}, S_b = 22 \text{ кВА}.$$

За цими даними знаходимо:

$$K_b = \frac{S_b}{S_{вст}} = \frac{22}{57} = 0,39, \quad (3.13)$$

тоді  $S_g = S_b = S_{вст} \cdot K_g$ ;  $S_g = S_b = 0,39 \cdot 65,77 = 25,65 \text{ кВА}.$

Розрахункова потужність на вводі в телятнику:

$$S_{\text{розрах}} = S_g = S_b = 25,65 \text{ кВА} .$$

Визначаємо струм на вводі в телятник:

$$I_b = \frac{S_{\text{розрах}}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{25,65}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 39,01 \text{ А}$$

Ввід в телятник виконаємо кабелями АВВГ, прокладеними в повітрі.

Вибираємо кабель АВВГ 1(4×16) з допустимим струмом 62А. Перевіряємо виконання умови:

$$I_{\text{гон}} \geq I_b$$

$$62 \geq 39,86 \text{ А} - \text{умова виконується.}$$

*Вибір апаратів управління і захисту*

Визначаємо струм спрацьовування розмикача автомата.

$$I_{\text{н.р}} \geq 1,1 \cdot I_p, \quad (3.13)$$

де  $I_p$  - робочий струм двигуна, А:

$$I_p = I_H \cdot K_3,$$

де  $I_H$  - номінальний струм двигуна, А;

$K_3$  - коефіцієнт завантаження.

$$I_p = 1,74 \cdot 0,8 = 1,4 \text{ А}; \quad I_{\text{н.р}} \geq 1,1 \cdot 1,4 = 1,54 \text{ А} .$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу ВА51Г-25 з  $U_H = 380 \text{ В}$ ,  $I_H = 25 \text{ А}$ ,  $I_{\text{н.р}} = 2 \text{ А}$ . Перевіряємо умови вибору:

$$U_H \geq U_V; \quad I_H \geq I_p; \quad I_{\text{н.р}} \geq 1,1 I_p; \quad 380 = 380 \text{ В}; \quad 25 \geq 1,4 \text{ А}$$

$$2 \geq 1,54 \text{ А} - \text{умова дотримується.}$$

Вибраний автомат перевіряємо на помилкові спрацьовування. Визначаємо струм спрацьовування електромагнітного розмикача:

$$I_{\text{сп.р}} = 1,25 \cdot I_n, \quad (3.14)$$

де  $I_n$  - пусковий струм електродвигуна, А

$$I_n = K_i \cdot I_H,$$

де  $K_i$  - кратність пускового струму

$$I_n = 4 \cdot 1,74 = 7A, \quad I_{CP.P} = 1,25 \cdot 7 = 8,75A.$$

Визначаємо каталожний струм спрацьовування:

$$I_{CP.K} = K_i \cdot I_{H.P},$$

де  $K_i$  - кратність струму спрацьовування електромагнітного розмикача:

$$I_{CP.K} = 12 \cdot 2 = 24 A.$$

Перевіряємо виконання умови:  $I_{CP.K} \geq I_{CP.P}$

$24 \geq 8,75$  - умова виконується, отже, помилкових спрацьовувань не буде.

Проводимо вибір автомата електродвигуна кормороздавача ТВК-80Б.

Визначаємо струм спрацьовування розмикача автомата:

$$I_{H.P} \geq 1,1 \cdot I_P, \quad (3.15)$$

де  $I_H$  - номінальний струм двигуна, А;

$K_3$  - коефіцієнт завантаження.

$$I_P = 8,5 \cdot 0,7 = 3,95A;$$

$$I_{H.P} = 1,1 \cdot 5,95 = 6,545A$$

Вибираємо автоматичний вимикач типу ВА51Г-25 з  $I_{H.P} = 10A$ ,  $I_H = 25A$ ,  
 $I_{H.P} = 10A$ .

Перевіряємо виконання умов вибору:

$$U_H \geq U_V; \quad I_H \geq I_P; \quad I_{H.P} \geq 1,1I_P; \quad 380 = 380B; \quad 25 \geq 5,95A.$$

$10 \geq 6,545$  - умова дотримується.

Вибраний автомат перевіряємо на помилкове спрацьовування. Визначаємо струм спрацьовування електромагнітного розмикача:

$$I_{CP.P} = 1,25 \cdot I_n,$$

де - пусковий струм електродвигуна, А

$$I_n = K_i \cdot I_H, \quad (3.16)$$

де  $I_n$  - кратність пускового струму

$$I_n = 7 \cdot 8,5 = 59,5 A,$$

$$I_{CP.P} = 1,25 \cdot 59,5 = 74,375 A.$$

Визначаємо каталожний струм спрацьовування:

$$I_{CP.K} = K_i \cdot I_{H.P}; \quad (3.17)$$

де  $K_i$  - кратність струму спрацьовування електромагнітного розмикача.

$$I_{CP.K} = 12 \cdot 6,545 = 78,54 A$$

Перевіряємо виконання умови:

$$I_{CP.K} \geq I_{CP.P},$$

$$78,54 \geq 74,37 A - \text{умова виконується}$$

Отже, помилкових спрацьовувань не буде.

*Вибір марки, способу прокладки і визначення перетину проводів та кабелів силової мережі*

Враховуючи, що середовище в телятнику сире, хімічно-активне, тому для проводки від станції управління до електродвигуна вентилятора приймаємо дріт АПВ, прокладений в трубі ПХВ  $\phi 20$  мм [26].

Перетин дроту визначається з умови тривало-допустимого струму:

$$I_{gon} \geq \frac{I_P}{K},$$

де  $I_P$  - розрахунковий струм двигуна, А;

$K$  - поправочний коефіцієнт по умові проводки.

Приймаємо дріт АПВ4 (1×2,5) з тривало-допустимим струмом  $I_{дон} = 19A$

$$19 \geq \frac{1,4}{1} - \text{умова виконується.}$$

Перетин дроту перевіряємо за умовою відповідності апарату захисту:

$$I_{\text{дон}} \geq \frac{I_{\text{CP.P}} \cdot K_3}{K},$$

де  $I_{\text{CP.P}}$  - розрахунковий струм спрацьовування електромагнітного розмикача, А;

$K_3$  - кратність тривало-допустимого струму дроту по відношенню до номінального струму спрацьовування захисного апарату:

$$19 \geq \frac{8,75 \cdot 0,22}{1} \Rightarrow 19 \geq 1,925, \text{ що задовольняє умові.}$$

Розрахунок перетину проводів і кабелів для прокладки до решти електроприймачів проводяться аналогічно та заноситься на розрахункову схему силової мережі.

### 3.2 Вибір системи автоматизації водопостачання телятника

#### *Обґрунтування і вибір об'єкту автоматизації*

Об'єктом автоматизації є насосна установка для водопостачання водою молочно-товарної ферми. Джерело водопостачання - артезіанська свердловина. Для подачі води пропонується глибинний відцентровий насос типу ЕЦВ8-25-100 [30], який працює в системі з водонапірною баштою (рис. 3.2). Для приводу насоса використовується занурений електродвигун (технічні дані приведені в табл. 3.2).



Рисунок 3.2 - Насос глибинний відцентровий ЕЦВ-25-100

Таблиця 3.2 - Технічні дані електродвигуна глибинного насоса

Тип електродвигуна	Номінальна потужність, Рн, кВт	Номінальна напруга, В	Номінальний струм, Ін, А	Кратність пускового струму, А
ПЕДВ 16-180	16	380	25,0	5,5

На молочно-товарній фермі щодня витрачається велика кількість води на напування тварин, догляд за ними, приготування кормів, миття доїльних апаратів і посуду. Водопостачання є трудомістким процесом і витрати праці, пов'язані з водопостачанням, складають третину праці від загальних фермерських витрат.

Автоматизація водопостачання дозволить значно підвищити надійність водопостачання, зменшити витрати праці, пов'язані з водопостачанням і понизити собівартість 1 м<sup>3</sup> води.

#### *Технологічна характеристика об'єкту автоматизації*

Технологічна схема баштової насосної установки має вигляд представлений на рис. 3.3.

Водонапірна башта в баштовій насосній установці дозволяє створити необхідний тиск і необхідний запас води. При цьому насосний агрегат працює з вибраною номінальною подачею та тиском і, отже, з необхідним коефіцієнтом корисної дії і  $\cos \varphi$  значних скороченнях тривалості роботи протягом доби в порівнянні з роботою насосного агрегату безпосередньо на водорозбірну мережу, коли потрібно регулювати подачу насоса залежно від водорозбору споживачів.

Система водопостачання виконана за схемою: *водяне джерело – насосний агрегат, напірний трубопровід, водонапірна башта – водорозбірна мережа – споживачі.*

При включеному насосі вода поступає до споживачів у водонапірну башту. У водонапірний резервуар йде частина подачі води, що є різницею між подачею насоса і витратою споживачів.



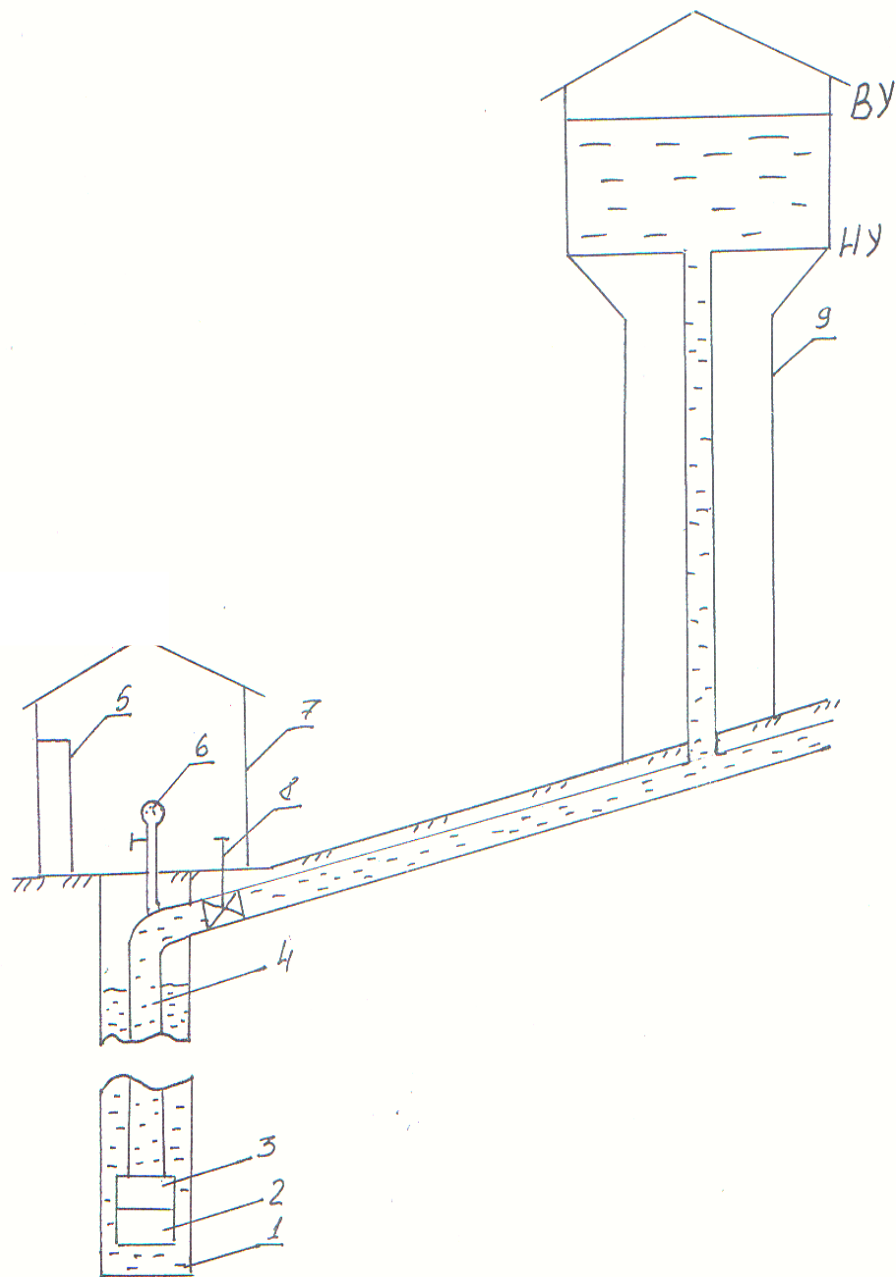


Рисунок 3.3 - Технологічна схема баштової насосної установки:

1 - свердловина; 2 - електродвигун; 3 - глибинний насос; 4 - напірний трубопровід;  
 5 - станція керування; 6 - манометр; 7 - будівля насосної установки; 8 - засувки; 9  
 - водонапірна башта; ВУ і НУ - верхній і нижній рівень регулювання

При наповненні водою водонапірного баку насосний агрегат повинен відключатися, і споживач забезпечується водою з регульованого об'єму резерву.  
 При зниженні рівня насосний агрегат повинен включитися.

### 3.3 Розробка структурної і функціональної схем автоматизації

Через вхідну частину автоматичного пристрою управління (АПК) передаються команди управління (рис 3.4). Команди може подавати оператор управління шляхом дії на командні органи 1 (кнопки) або вони подаються автоматично програмним пристроєм 2.

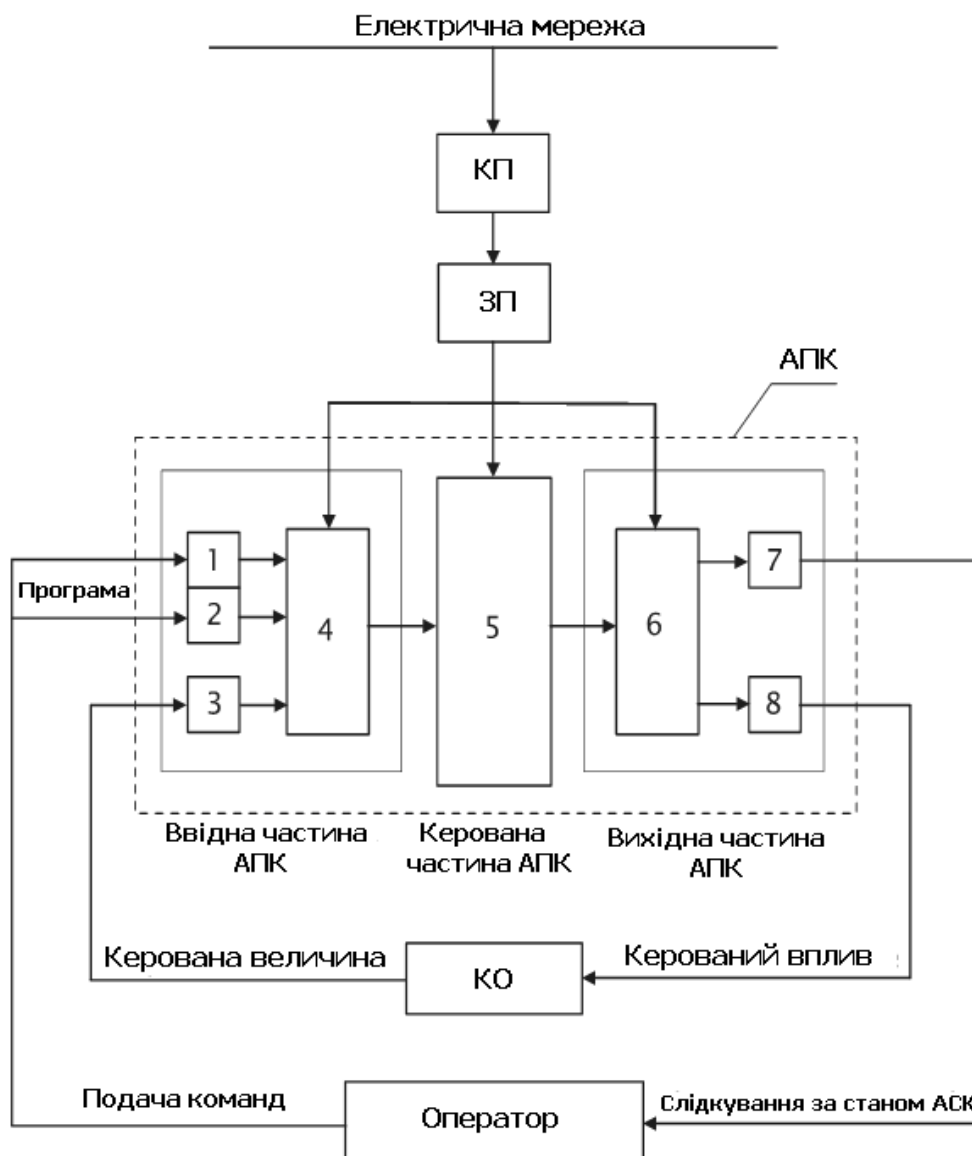


Рисунок 3.4 - Структурна схема:

КП - комутаційні пристрої служать для підключення автоматизованої системи керування (АСК) до електричної мережі; ЗП - захисні пристрої забезпечують припинення роботи при виникненні аварійних режимів (короткі замикання в мережі, недопустиме підвищення тиску); АПК - автоматичний пристрій управління; КО - керований об'єкт.

Крім того, через вхідну частину здійснюється збір інформації про зміну регульованого об'єму. Ці відомості, необхідні для управління, отримують за допомогою вимірювальних органів (давачів) 3. Отримана інформація передається далі в частину АПК 5, що управляє. Для узгодження параметрів вхідної управляючої частини служать узгоджуючі органи 4.

В управляючій частині відбувається запам'ятовування і аналіз отриманої інформації і формується керуюча дія. Сигнали керуючих дій передаються до виконавчих органів 8, розміщених у вихідній частині АПК. Оскільки зазвичай рівень сигналів управляючій дії недостатній для приведення в дію виконавчих органів, то сигнали заздалегідь підсилюють в підсилювачах потужності 6. Виконавчі органи 8 безпосередньо впливають на робочі органи керованого об'єкту. До вихідної частини АПК відносяться також пристрої сигналізації і зв'язку 7 (світлова).

Згідно структурної схеми формується функціональна схема автоматизації водопостачання, яка приведена в графічній частини роботи.

Відповідно до технологічної схеми об'єкту розробляється функціональна схема автоматизації. Для контролю рівня води в приймальному резервуарі (башті) передбачається установка первинного перетворювача тиску в напірному трубопроводі. На схемі первинні перетворювачі рівня мають позиційне позначення 2. Сигнал перетворювача тиску поступає в керуючий пристрій 3, який формує управляючу дію на електромагнітний пускач 4 насосним агрегатом, що безпосередньо управляє. Коли вода досягає верхнього рівня, в результаті тиск в напірному трубопроводі збільшиться, насосний агрегат відключається і перебуває в такому стані, поки рівень води не стане нижчий за нижній рівень. При цьому тиск зменшується, насосний агрегат включається в роботу і подає воду до заповнення резервуару. Потім цикл роботи установки повторюється. Час циклу залежить від швидкості розбору води, місткості резервуару.

### 3.4 Розробка схеми електричної принципової

Автоматизація насосних установок дозволяє підвищити надійність і безперебійність водопостачання, зменшити витрати праці і експлуатаційні витрати, зберегти розміри регулюючих резервуарів. Найчастіше автоматизація баштових насосних установок на фермах зводиться до автоматичного включення насосних агрегатів при осушенні регульованого об'єму напірного бака і до відключення їх при наповненні цього об'єму.

За наявності в свердловині води в зоні зануреного насоса контакти датчика сухого ходу *SL* будуть замкнуті, а реле *KL2* триматиме в замкнутому стані свої контакти *KL2* в колі котушки магнітного пускача *KM*.

У автоматичному режимі при зменшенні тиску, коли вода з бака витрачається споживачами при відключеному насосі, рухомий стрілочний контакт манометра *SP* переміщатиметься до нерухомого контакту 1, що відповідає тиску включення насоса, і при його замиканні магнітний пускач *KM* включить електродвигун зануреного насоса і своїми замикаючими контактами *KL2* стане на самопідхоплення.

При включенні електронасоса агрегату в напірному трубопроводі виникає короткочасне підвищення тиску у момент спрацювання насоса. В цьому випадку рухомий контакт манометра *SP* замикає контакт *Z*, реле *KL1* короткочасно розмикає свої контакти в колі котушки пускача *KM*, але пускач не відключиться, оскільки живлення його котушки здійснюватиметься через контакти реле часу *KT*. При підйомі води в напірному баку до встановленого верхнього рівня *BV*, що відповідає тиску відключення, рухомий контакт манометра *SP* замкне контакт 2. Реле *KL1*, розмикаючи свої контакти, відключить магнітний пускач *KM* і електродвигун насоса. Внаслідок розбору води рівень її в напірному баку знову знижуватиметься, тиск зменшиться і контакт *SP* знову замкне контакт 1. Робота схеми повториться.

Манометр електричного контакту бажано брати з малою ціною поділки, оскільки виникне проблема розділення контактів 1 і 2 із-за їх близького розташування і можливе прикриття рухомим контактом  $SP$ .

Для усунення короткочасних підвищень тиску, що діють на манометр електричного контакту у момент включення зануреного насоса, на відгалуженні до манометра встановлюють 1 або 2 демпфілюючі круглі пластинки з малими отворами. Цього кола можна досягти за допомогою вентиля, встановленого на відгалуженні до манометра, ступінь відкриття якого встановлюється таким, при якому не виникає стрибок тиску в манометрі при включенні насоса. У цих випадках реле часу  $KT$  в схемі на рисунку не потрібне.

### 3.5 Розрахунок технічних засобів автоматизації та її надійності

Вибираємо магнітний пускач КМ в колі двигуна [31]

$$I_{н.п} \geq I_n,$$

де  $I_{н.п}$  - номінальний струм пускача;

$I_n$  - номінальний струм двигуна за умовою комутації.

$$I_{н.п} \geq \frac{K_I \cdot I_n}{6}, \quad (3.18)$$

$$I_{н.п} \geq 44,4A.$$

Вибір виконуємо за найбільшим струму і приймаємо магнітний пускач ПМД462102 з  $I_{н.п} = 63A$  ( $63 > 44,4A$ , тобто, пускач вибрано вірно).

Вибираємо проміжне реле з типе МКУ-48 з  $U_n = 220$  В. Реле часу приймаємо типу РВП-1М з  $U_n = 220$  В з витримкою часу 0,4-180 секунд [33].

Приймаємо сигнальну арматура типу ЛС-53 з лампами і резисторами в комплекті. Манометр електричного контакту беремо типу ЕКМ-1У з  $U_n = 220$  В,  $P_n = 10$  Вт. Приймаємо перемикач для зміни режимів роботи серії УП5802 з числом секцій 2.

Забезпечення високої експлуатаційної надійності електроприводу насоса є важливим завданням. Для визначення надійності електроприводу приймаємо, що система складається з одиничних елементів.

Надійність кожного елементу визначається за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda t},$$

де  $\lambda$  - інтенсивність відмови,  $\lambda = 1/4$ ;

$t$  - час роботи автоматичної системи,  $t = 10004$ .

Показники інтенсивності окремих елементів приймаємо з [28]. Результати розрахунку зводимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Показники інтенсивності відмов окремих елементів установки

Найменування елементів	К-ть	$\lambda \cdot 10^{-6}$	$n \cdot \lambda \cdot 10^{-6}$
Автоматичний вимикач	1	0,2	0,2
Запобіжник	1	0,4	0,4
Магнітний пускач	1	5	5
Реле часу	1	10	10
Проміжне реле	1	20	20
Проміжне реле	1	20	20
Перемикач	1	0,2	0,2
Сигнальна арматура	4	5,2	20,8
Діодний міст	4	0,2	0,8
Разом	—	—	77,4

$$P_{i(t)} = 2,72^{-77,4 \cdot 10^{-6} \cdot 10^3}$$

Для забезпечення надійності роботи установок слід дотримуватися графіку планово-періодичних ремонтних робіт в сільському господарстві.

### 3.6 Розрахунок вентиляції і теплового балансу приміщення об'єкту

Для забезпечення високої продуктивності тварин в тваринницьких приміщеннях необхідно підтримувати певні параметри мікроклімату. Теплову потужність системи опалювання приміщень для утримання тварин можна визначити з рівняння теплового балансу

$$\Phi_{зТ} = \Phi_{ОГР} + \Phi_{В} + \Phi_{ВМП} + \Phi_{ФТ} - \Phi_{Т}, \quad (3.19)$$

де  $\Phi_{OГP}$  - втрата теплового потоку приміщенням через зовнішні огорожі, Вт;

$\Phi_B$  - втрата теплового потоку на нагрівання приточного повітря, Вт;

$\Phi_{BIII}$  - втрата теплового потоку на випаровування вологи в приміщеннях, Вт;

$\Phi_{\phi T}$  - втрата теплового потоку на нагрівання фільтрованого повітря в приміщенні телятника, Вт;

$\Phi_T$  - тепловий потік, що поступає від тварин, Вт.

При розрахунку теплових втрат приміщення враховують основні втрати теплоти  $\sum \Phi$  через всі будівельні огорожі (стіни, вікна, стелі, підлоги, двері) і додаткові тепловтрати

$$\Phi_{OГP} = \sum \Phi + \Phi_{\text{доб}}. \quad (3.20)$$

Основні втрати теплоти через окремі огорожі визначаємо за формулою:

$$\Phi = \frac{F}{R_o} (t_B - t_3) \times n, \quad (3.21)$$

де  $F$  - площа огорожі, м<sup>2</sup>;

$t_B, t_H$  - розрахункові температури повітря внутрішнього і зовнішнього, °С, ( $t_B=14$  °С,  $t_3 = -18$  °С, [26]);

$R_o$  - загальний опір теплопередачі, м<sup>2</sup>°С/Вт;

$n$  - коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожі по відношенню до зовнішнього повітря ( $n=1$ , [26]).

Опір теплопередачі захисної поверхні визначається за формулою:

$$R_o = R_B + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_H, \quad (3.22)$$

де  $R_B$  - термічний опір теплосприйняттю внутрішньої поверхні огорожі, м<sup>2</sup>°С/Вт ( $R_B=0,115$  м<sup>2</sup>°С/Вт, [12]);

$\frac{\sum_{i=1}^m \delta_i}{\lambda_i}$  - сума термічних опорів теплопровідності окремих шарів  $m$ -шарової

огорожі приміщень  $\delta_i$ , м, виконаних з матеріалів з теплопровідністю  $\lambda_i$ , Вт/м °С;

$R_H$  - термічний опір теплопередачі зовнішньої поверхні огорожі (для зовнішніх стін і бездахових покриттів  $R_H = 0,043$  м<sup>2</sup>°С/Вт, [26]).

Для визначення опору теплопередачі стін з даних [26] визначаємо теплопровідності різних матеріалів і огорож:

- цегляна кладка:  $\lambda_k = 0,76$  Вт/м °С;

- штукатурка:  $\lambda_{шт} = 0,84$  Вт/м °С;

- залізобетон:  $\lambda_{зб} = 1,98$  Вт/м °С;

- керамзітобетон  $\lambda_{кз} = 0,2$  Вт/м °С;

- руберойд:  $\lambda_r = 0,17$  Вт/м °С;

- бітум:  $\lambda_b = 0,27$  Вт/м °С;

- бетон:  $\lambda_{бет} = 1,8$  Вт/м °С.

Для бічних стін, виконаних з керамзітобетону:

$$R_o = 0,115 + \frac{0,4}{0,2} + \frac{0,02}{0,84} + 0,043 = 2,184 \text{ (м}^2 \text{°С/Вт)}.$$

Для фасадних стін, виконаних з цегли:

$$R_{oc} = 0,115 + \frac{0,51}{0,76} + \frac{0,02}{0,84} + 0,043 = 0,85 \text{ (м}^2 \text{°С/Вт)}.$$

Опір теплопередачі вікон:  $R_{вк} = 0,17$  (м<sup>2</sup> °С/Вт).

Опір теплопередачі покриття визначається як сума термічних опорів теплопровідностей шарів покриття (рис. 3.5).

Опір теплопередачі дверей:  $R_{одд} = 0,43$  (м<sup>2</sup> °С/Вт)

Тепловтрати через перекриття:  $\Phi_{пер} = \frac{2094}{0,94} (14 - (-18)) \times 1 = 71285,1$  (Вт)

Тепловтрати через вікна:  $\Phi_{ок} = \frac{586}{0,17} (14 - (-18)) \times 1 = 110477,2$  (Вт)



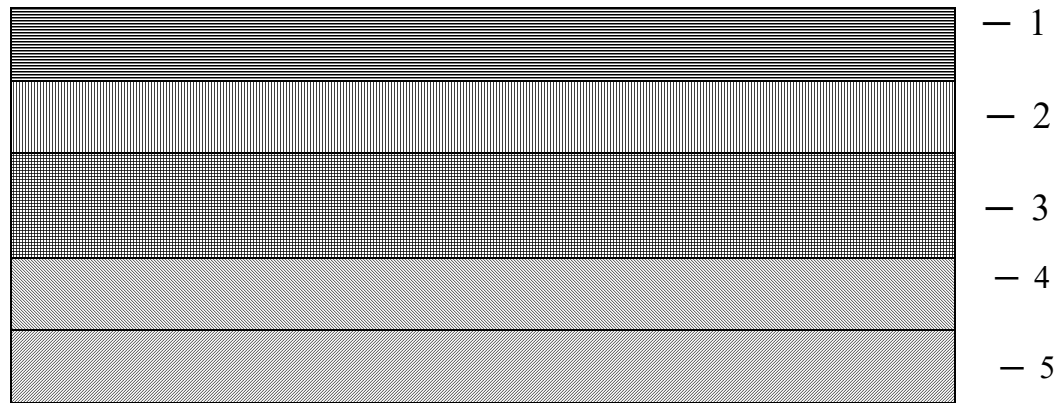


Рисунок 3.5 - До розрахунку опору теплопередачі покриття:

1 – шар руберойду,  $\delta = 2$  мм; 2 – 2 шари підкладкового руберойду,  $\delta = 6$  мм;  
3 – керамзитобетон,  $\delta = 150$  мм; 4 – прокладка,  $\delta = 1,5$  мм; 5 – залізобетон,  $\delta = 50$   
мм

$$R_{оппо} = 0,115 + \frac{0,05}{1,98} + \frac{0,15}{0,2} + \frac{0,006}{0,17} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,0015}{0,17} + 0,043 = 0,94 \text{ (м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт)}$$

Тепловтрати через зовнішні стіни:  $\Phi_{НС} = \Phi_{НС1} + \Phi_{НС2}$

$$\Phi_{НС1} = \frac{3,75 \times 114 \times 2}{2,184} (14 - (-18)) \times 1 = 12527,4 \text{ (Вт)}$$

$$\Phi_{НС2} = \frac{3,75 \times 18 \times 2}{2,184} (14 - (-18)) \times 1 = 1978 \text{ (Вт)}$$

$$\Phi_{НС} = 12527,4 + 1978 = 14505,4 \text{ (Вт)}$$

Тепловтрати через двері:  $\Phi_{д} = \frac{62,23}{0,43} (14 - (-18)) = 4631,1 \text{ (Вт)}$

Додаткові втрати теплоти через зовнішню стіну і вікна, обернених на північний захід, складають 10%. Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію зовнішнього повітря складають  $\Phi_{фТ} = 0,3 \sum \Phi$ :

$$\Phi_{фТ} = 0,3(71285,1 + 110477,2 + 1405,4 + 4631,1) = 56339 \text{ (Вт)}$$

Загальні тепловтрати через всі огорожі:

$$\Phi_{огр} = 14505,4 + 110477,2 + 71285,1 + 4631,1 + 56399 = 257298 \text{ (Вт)}$$

Визначаємо повітрообмін за допустимим вмістом вуглекислоти:

$$L = \frac{1,2 \cdot C}{C_2 - C_1}, \quad (3.23)$$

де  $L$  - повітрообмін  $\text{м}^3/\text{Г}$

$C$  - кількість  $\text{CO}_2$ , що виділяється тваринами;

1,2 - коефіцієнт, що враховує виділення вуглекислоти мікроорганізмами;

$C_2$  - допустимий вміст  $\text{CO}_2$  в повітрі усередині приміщення,  $\text{л}/\text{М}^3$

$C_1$  - вміст  $\text{CO}_2$  в зовнішньому повітрі.

$$C = C_{\text{уд}} \cdot N_1, \quad (3.24)$$

де  $C_{\text{уд}}$  - кількість вуглекислоти, що виділяється однією твариною  $\text{л}/\text{Г}$ ;

$N$  - кількість голів.

$$C = 1,89 \cdot 200 = 37800 \quad \text{л}/\text{ГОД}$$

$$L = \frac{1,2 \cdot 37800}{2,5 - 0,3} = 20618,2 \quad \text{М}^3/\text{Г}$$

За отриманим повітрообміном вибираємо вентилятор даховий, відцентровий КЦЗ-90 з подачею  $L_1=3200 \text{ м}^3/\text{Г}$  при тиску  $17 \text{ кг}/\text{М}^3 = 166,6 \text{ Па}$ .

Число вентиляторів приймаємо  $n = 7$ . Діаметр робочого колеса вентилятора 400 мм, продуктивність  $Q = 3200 \text{ М}^3/\text{Г}$ .

При проектуванні систем вентиляції враховують кількість тварин, їх вік, продуктивність, кліматичні умови, спосіб утримання, вміст  $\text{CO}_2$ , вологу, втрати тепла і так далі. Повітрообмін для телятника приймаємо за вуглекислотою, тобто

$$Q = Q_{\text{CO}_2} = 20618 \quad (\text{М}^3/\text{ГОД})$$

Годинну кратність повітрообміну в приміщенні визначаємо за формулою:

$$k = \frac{Q}{V_n} \quad (3.25)$$

де  $Q$  - повітрообмін,  $\text{М}^3/\text{ГОД}$ ;

$V_n$  - об'єм приміщення,  $\text{М}^3$ .

$$k = \frac{20618}{5594.4} = 3.68$$

Приймаємо вентиляцію з природним збудженням.

Площу перетину витяжних шахт знаходимо за формулою:

$$F = \frac{Q}{3600 \times v_{BT}}, \quad (3.26)$$

де  $v_{BT}$  - швидкість руху повітря у витяжній шахті, м/с.

Швидкість повітря визначається за формулою:

$$v_{BT} = 2,2 \sqrt{\frac{h \times (t_B - t_{HB})}{273}}, \quad (3.27)$$

де  $h$  - висота витяжної шахти (м), рівна вертикальній відстані від приймального отвору до гирла шахти;

$t_B$  - розрахункова температура всередині приміщення, °С;

$t_{HB}$  - розрахункова вентиляційна температура зовнішнього повітря, °С.

$$v_{BT} = 2,2 \sqrt{\frac{3,5 \times (14 + 18)}{273}} = 1,4 \text{ (м/с)}$$

Тоді  $F = \frac{20618}{3600 \times 1,4} = 4 \text{ (м}^2\text{)}$

Число витяжних шахт визначаємо за формулою:

$$n_{BШ} = \frac{F}{f}, \quad (3.28)$$

де  $f$  - площа живого перетину однієї шахти, м<sup>2</sup>.

$$n_{BШ} = \frac{4}{0,36} = 2,6 \approx 11$$

Приймаємо 11 шахт з площею перетину 400×400 мм. Натиск, що створюється вентилятором, знаходимо за формулою:

$$P_B = H_T + h_{MC}, \quad (3.29)$$

де  $H_T$  - втрати натиску в трубопроводі, Па;

$h_{MC}$  - втрати натиску від місцевих опорів, Па.

Повітропровід приймаємо завдовжки 70 м прямокутного перетину  $500 \times 400$  мм, тоді еквівалентний діаметр визначимо за формулою:

$$d_E = \frac{2ab}{a+b}, \quad (3.30)$$

де  $a$  і  $b$  - відповідно довжина і ширина прямокутного трубопроводу, м.

$$d_E = \frac{2 \times 0,5 \times 0,4}{0,5 + 0,4} = 0,445 \text{ (м)}$$

Втрати натиску в трубопроводі визначаємо по формулі

$$H_T = \lambda \frac{l}{d} v_{HB}^2 \frac{\rho}{2}, \quad (3.31)$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт тертя повітря в трубопроводі, рівний 0,02...0,03;

$l$  - довжина трубопроводу, м;

$d$  - діаметр трубопроводу, м;

$v_{HB}$  - швидкість руху приточного повітря в трубопроводі (у магістральних 10-15 м/с, у відгалуженнях 6-9 м/с);

$\rho$  - щільність повітря в трубопроводі ( $\rho = 1,197$  кг/м<sup>3</sup>, [26]).

$$H_T = 0,02 \frac{70}{0,445} 10^2 \frac{1,197}{2} = 188 \text{ (Па)}$$

Місцеві опори підраховуємо за формулою:

$$h_{MC} = \sum \zeta \times v_{HB}^2 \times \frac{\rho}{2}, \quad (3.32)$$

де  $\sum \zeta$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів окремих ділянок приточної системи.

Жалюзійні ґрати на вході  $\zeta = 0,5$ ; 3 коліна повітропроводу під кутом  $90^\circ$  при  $\frac{R}{d} = 2$ ,  $\zeta = 0,15 \times 3 = 0,45$ ; 20 відгалужень від повітропроводу  $\zeta = 0,2 \times 20 = 4$ .

Тоді 
$$\sum \zeta = 0,5 + 0,45 + 4 = 4,95,$$

$$h_{MC} = 4,95 \times 10^2 \times \frac{1,197}{2} = 296 \text{ (Па)}.$$

Тиск повітря, що створюється вентилятором, буде становити:

$$P_B = 188 + 296 = 484 \text{ (Па)}$$

### **3.7 Проектування електричних схем управління**

Схема роботи системи автоматизації водопостачання приведена на плакаті графічної частини кваліфікаційної роботи. Електрична схема, показана на плакаті, складається з декількох блоків, а саме із захисту від коротких замикань, сигналізації про подачу напруги, сигналізації про роботу насоса, самого насоса, захисту від гідравлічного удару, управління у функції тиску, контролю рівня води в свердловині. Також на плакаті представлена функціональна схема автоматизації технологічного процесу, опис роботи якої викладено у цьому розділі роботи.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Організація електробезпечних робіт в телятнику**

Основна умова безпеки обслуговуючого персоналу в електроустановках – виключення можливостей випадкового дотику до струмопровідних частин при ремонті. При роботах з повним або частковим зняттям напруги необхідно відрізати струмопровідні частини, на яких працюватимуть, а також ті, до яких працівник може доторкнутися. При виконанні таких робіт потрібно вивішувати плакати: *«Не включати, працюють люди!»* на рукоятках всіх відключених апаратів, встановлювати тимчасові ізолюючі огорожі біля не відключених струмопровідних частин, де можливий випадковий дотик. На огорожах повинні бути плакати: *«Стій – напруга!»*.

Необхідно накладати на відключені струмоведучі частини переносний заземляючий дріт. Огорожа рухомих частин електродвигунів під час їх роботи знімати забороняється [34].

Щоб запобігти обертанню двигунів під час ремонту з боку зв'язного з ним насоса, вентилятора і так далі потрібно закрити відповідні засувки, перев'язати їх ланцюгом або заклинити і вивісити на них попереджувальні плакати.

Більшість приміщень тваринницьких ферм за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відносяться до особливо небезпечних. У них забороняється робота на струмопровідних частинах ламп, що знаходяться під напругою. Електромонтер, що обслуговує електроустаткування, повинен мати III кваліфікаційну групу. Персонал, що обслуговує установки для ультрафіолетового опромінювання тварин, повинен користуватися спеціальними окулярами і, по можливості, не знаходитися в зоні дії променів [27].

### **4.2 Техніка безпеки при роботі з технологічним устаткуванням**

До початку монтажу устаткування небезпечні для роботи місця необхідно захистити, забезпечити написами і покажчиками. Площа, де проводять монтаж устаткування, повинна бути очищена від сміття, відходів і непотрібних в даний момент будівельних матеріалів, які заважають монтажу.

При монтажі опромінюючого устаткування необхідно обережно поводитися з ртутними лампами. При роботі з ними необхідно захищати очі окулярами. При електрозварювальних роботах слід застосовувати захисні щитки і шоломи, які не пропускають ультрафіолетових променів [27].

Для запобігання пожежі на місці монтажних робіт необхідно обережно поводитися з вогнем і виконувати всі протипожежні заходи. На місці монтажу повинні бути необхідні засоби для гасіння пожежі (ящики з піском, вогнегасники, пожежний рукав і брандспойт). У разі виникнення пожежі до прибуття пожежної команди слід використовувати всі засоби для гасіння пожежі. Під час пожежі всі робочі зобов'язані беззаперечно виконувати розпорядження керівника і активно брати участь в гасінні пожежі.

*Техніка безпеки при монтажі і наладці систем автоматизації.* Працівники, що забезпечують монтаж і наладку систем автоматизації мікроклімату, прирівнюються до електротехнічного персоналу. Тому на них цілком і повністю розповсюджуються Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

Налагоджувальні роботи системи автоматизації мікроклімату повинні виконувати два спеціалісти, причому один з них повинен мати кваліфікаційну групу не нижче III. Перед виконанням налагоджувальних робіт в першу чергу необхідно перевірити справність всіх елементів заземлення в системі, а також живлення переносного освітлення і електрифікованого інструменту. Перед початком налагоджувальних робіт відповідальний представник замовника (головний енергетик господарства) повинен:

- провести загальний інструктаж для наладчиків;
- перевірити термін дії посвідчень наладчиків;
- провести інструктаж по техніці безпеки на робочих місцях;
- визначити готовність монтажу і перевірити стан захисних засобів;
- ознайомити наладчиків з особливостями об'єкту, розміщенням по кресленнях та на місці щитів і щитових приміщень, устаткування, станцій управління, напрямів кабельних і трубних трас;

- визначити взаємини із замовником про порядок подачі напруги для випробування системи автоматизації мікроклімату.

У зв'язку з підвищеною небезпекою попадання наладчиків під напругу роботи, пов'язані з наладкою станцій управління, контрольно-вимірювальних приладів, виконавчих механізмів і т. п., повинні виконуватися на гумових килимках. Забороняється при наладці електричних схем автоматизації користуватися столами з металевою поверхнею, металевими підставками і сходами. Не можна допускати заміну приладів або апаратів в схемі автоматизації без зняття в ній напруги і видимого розриву в мережі живлення.

Правильність маркування електричних кіл перевіряють спеціальними перевірочними приладами (омметр, тестер і ін.) при відключених приладах, пусказахисних апаратах, первинних перетворювачах і виконавчих механізмах.

Випробування наладчиками схеми автоматизації з подачею робочої напруги на силове електроустаткування повинно здійснюватися спільно з особами, відповідальними за експлуатацію системи мікроклімату. Пробне включення електричних приладів і регуляторів проводять тільки після ретельної перевірки зібраної схеми відповідно до проектної документації, правильності роботи всіх приладів, апаратів і інших елементів, а також після установки попереджувальних плакатів. При цьому необхідно переконатися у відсутності людей і тварин поблизу стумопровідних частин.

Забороняється знімати регулюючі і інші прилади, що знаходяться під напругою, з місця їх установки. Регулювання і настройку приладів здійснюють тільки після зняття з них напруги.

*Техніка безпеки при експлуатації систем мікроклімату.* Відповідальність за справний технічний стан систем мікроклімату, організацію технічно правильної експлуатації несе головний енергетик господарства, а також електротехнічний персонал, що безпосередньо обслуговує електроустановки (електромонтери, що пройшли спеціальні курси навчання і що мають посвідчення на допуск до роботи).

Для надійного захисту людей і тварин від поразки електричним струмом на фермах і комплексах необхідно застосовувати спеціальні пристрої і пристосування.



Для захисту тварин від поразки електричним струмом застосовують пристрій вирівнювання електричних потенціалів типу (ПВЕП). У кожному ряду розміщення тварин досить мати один вирівнюючий провідник, який прокладають або під передніми, або під задніми ногами тварин, і обов'язково з боку нульового потенціалу. При цьому підлога з провідниками, що знаходяться під нею, повинна бути відокремлена від зони нульового потенціалу ділянками з вищим питомим електричним опором. Такими ділянками може бути гідроізоляція фундаментів будівлі. З метою захисту від корозії провідники повинні знаходитися безпосередньо в бетонній підлозі. В якості природних провідників використовують протяжні металокопструкції (гноєприбиральний транспортер) за умови, що вони знаходяться по відношенню до захищених тварин з боку нульового потенціалу. Вирівнюючі провідники і металокопструкції будівлі повинні мати надійний електричний контакт між собою і нульовим дротом мережі, виконаний за допомогою зварки.

Найбільш поширений засіб захисту людей від поразки струмом при дотику до металокопструкцій, які можуть опинитися під напругою, - занулення (заземлення). Воно забезпечує надійне автоматичне відключення ділянки мережі, на якій відбулося замикання. Зануляють (заземляють) кожен електроприймач окремо, оскільки послідовне підключення до нульового дроту забороняється. На фермах і комплексах повинні бути занулені (заземлені) всі корпуси електродвигунів, вентиляторів, зволожувачів і електроустановок, магнітних пускачів, щитів, станцій і пультів управління, електрокалориферів, інфрачервоних і ультрафіолетових опромінювачів, а також троси для підвішування опромінювачів, металеві труби для прокладки проводів.

Персонал, що обслуговує устаткування систем мікроклімату, повинен бути знайомий з відповідними інструкціями з експлуатації.

При експлуатації опромінювачів з ртутно-кварцовими лампами типу ПРК необхідно захищати очі спеціальними окулярами.

Для запобігання пожежі тваринницьких приміщень необхідно стежити за справністю електропроводки і електроустаткування. Замикання із-за поганої ізоляції або надмірні навантаження приводів приводять до їх нагрівання і займання.

Забороняється застосовувати саморобні запобіжники або плавкі вставки.

Правила технічної і пожежної безпеки, а також попереджувальні плакати і написи повинні бути вивішені поблизу експлуатованого устаткування на видному місці.

### **4.3 Захист тваринницьких об'єктів від радіаційного навантаження**

Особливу загрозу для здоров'я людей і тварин та існуванню природних біоценозів становить забруднення біосфери радіоактивними речовинами, які небезпечні своїм іонізуючим випромінюванням. Розрізняють іонізуюче випромінювання природного і штучного походження [35].

Сьогодні основними джерелами радіоактивного забруднення біосфери є джерела антропогенного походження: випробовування ядерної зброї, аварії на атомних електростанціях, підводних човнах та виробництвах радіоактивних матеріалів тощо.

Основними шляхами надходження радіоактивних речовин до організму тварин є: дихальні шляхи, кишково–шлунковий тракт і шкіра. Найнебезпечнішим вважається потрапляння радіоактивних ізотопів через верхні дихальні шляхи, звідки вони попадають у шлунок і в легені. Через неушкоджену шкіру резорбція в 200–300 разів менша, ніж через травний канал, і не відіграє суттєвої ролі, за винятком ізотопу водню — тритію, який легко потрапляє через шкіру.

Додаткове внутрішнє опромінення можливе у випадку надходження радіоактивних речовин під час споживання забруднених харчових продуктів.

Іонізуюче випромінювання має високу біологічну активність. Залежно від дози опромінення та низки інших умов воно здатне негативно впливати на людину навіть до її загибелі. Біологічна дія радіоактивного випромінювання полягає в ушкодженні; іонізації або збудженні молекул (у тому числі ДНК), загибелі клітин, виникненні мутацій.

Відзначають такі ефекти впливу іонізуючою радіації на організм людини: соматичні (гостра променева хвороба, хронічна променева хвороба, місцеві променеві ураження); сомато–стохатичні (злоякісні новоутворення, порушення розвитку плода, скорочення тривалості життя); генетичні (генні мутації, хромосомні аберації).

Доза опромінення до 0,25 Гр (25 рад) зазвичай не спричинює значних відхилень у загальному статусі та крові. Доза 0,25–0,5 Гр (25–50 рад) може призвести до окремих відхилень у складі крові. Доза 0,5–1 Гр (50–100 рад) зумовлює нерізко виражені зміни в картині крові, порушення функції нервової системи. Пороговою дозою для гострого променевого ураження прийнято вважати одноразове опромінення дозою 1 Гр (100 рад). У випадку подальшого опромінення дозою 150 рад і більше ймовірною є можливість виникнення хронічної променевої хвороби, яка проявляється вегетосудинними порушеннями, функціональними змінами центральної нервової системи, токсичним ураженням печінки, зменшенням числа лейкоцитів до 2 тис/мм<sup>3</sup> у крові, переродженням нейтронфільних гранулоцитів тощо [36].

*Профілактика радіоактивного забруднення.* З метою зменшення шкідливого впливу радіонуклідів на організм людини і тварин та запобігання його негативним наслідкам потрібно обмежити їх надходження в організм із навколишнього середовища. Цього можна досягти як за рахунок технологічної та кулінарної обробки, так і за рахунок застосування радіопротекторів.

Радіозахисні властивості мають білки, поліненасичені жирні кислоти, деякі амінокислоти, тіамін, рибофлавін, складні не крохмальні вуглеводи, вітамін Р, каротин та деякі мінеральні речовини.

В умовах радіаційного забруднення особливо бажаними є сірковмісні амінокислоти – цистеїн і метіонін. Вони містяться в значних кількостях в білку молока та яєць, у бобових та вівсяній крупі, домашньому сири, курячому м'ясі й соняшниковому насінні, а також капусті, петрушці, цибулі.

До раціону повинні входити й жири, переважно рослинні, що містять поліненасичені жирні кислоти й антиоксиданти. Слід збільшити кількість не крохмальних вуглеводів – харчових волокон полісахаридів, пектинових речовин і змен-

шити споживання цукру. Оптимальна доза пектину становить 2–4 г (для дітей 1–2 г) на добу.

Вітамін А (каротин), що міститься у моркві, кукурудзі, пастернаку, шпинаті, капусті та гарбузі має протипухлинні та радіопротекторну дію. Цинк, що міститься в овочах і фруктах, блокує поглинання організмом радіонукліда  $^{65}\text{Zn}$ . Вітаміни групи В потрібні у кількості 17–25 мг на добу. Вони містяться в молоці, чорному хлібі, бобових, яйцях, печінці, а також у горіхах, гарбузовому та соняшниковому насінні. Характерною є радіозахисна властивість горіхів і насіння, які мають низький вміст радіонуклідів та хімічних токсинів.

Добова потреба у такому антиоксиданті як токоферол (вітамін Е) становить 20 мг. Цього вітаміну багато у зародках злаків (2,5 г на 100 г) та висівковому хлібі, а також міститься він у горіхах та насінні (соняшниковому й гарбузовому).

Для запобігання шкідливого впливу радіоактивних  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  необхідно насичувати організм солями калію та кальцію. Багато калію міститься в овочах (огірки) і фруктах, кальцію – в домашньому сири і молоці. Добова потреба в кальції для дорослої людини становить 800 мг, для дітей 1200 мг. Цю потребу можуть задовольнити 100 г сиру або 0,5 л молока.

Особливе значення в умовах радіоактивного забруднення в харчовому раціоні мають кровотворні мікроелементи – залізо, мідь, манган та кобальт. Добова потреба в мангані становить 5 мг, міді – 2 мг і заліза – 14 мг. Багато цих мікроелементів міститься в м'ясних продуктах, печінці, крові, яблуках та вівсяній крупі. Нестача такого елемента як йод спричинює гіперплазії щитоподібної залози. Поповнити дефіцит йоду можна за рахунок вживання йодованої солі, а також морській риби, водоростях.

До раціону слід включати кавуни й дині, багаті на органічні кислоти, пектинові речовини, каротин й калій.

Корисним продуктом є бобові, особливо квасоля, що містить повноцінний білок, метіонін, цистин, полі ненасичені жирні кислоти та магній. Магній сприяє оптимальному засвоєнню кальцію і перешкоджає засвоєнню радіоактивного  $^{90}\text{Sr}$ . Щодня потрібно споживати 150–200 г яблук, абрикос, персиків, слив та вишень.

З напоїв до щоденного раціону варто включати чай і за можливості – червоне вино. Таніни, катехіни й епікатехіни, що містяться у чаї, зміцнюють капіляри і знижують проникність їхніх стінок. Значна кількість флавоноїдів, що містяться в натуральному червоному вині, має радіопротекторну дію на організм.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було проведено електрифікацію телятника фермерського господарства «ГАДЗ».

Кваліфікаційна робота виконана із застосуванням отриманих знань з загальноприйнятих і спеціальних дисциплін. Кваліфікаційна робота розроблена, виходячи з умов конкретного господарства і пов'язана з його запитами і потребами.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз характеристики об'єкту проектування, огляд літературних джерел, вибір технологічних схем, робочих машин і електроприводів.

В спеціальній частині розглянуто питання автоматизації водопостачання телятника, розроблена структурна, функціональна та електрична схеми автоматизації, проведено розрахунок і вибір технічних засобів автоматизації, розрахунок надійності автоматичної системи, розрахунок вентиляції і теплового балансу приміщення об'єкту, спроектовано електричну схему управління, розроблено схему електричного освітлення телятника, проведено розрахунок внутрішніх силових мереж, спроектовано трансформаторну підстанцію.

До розрахункової пояснювальної записки додається графічна частина.

Впровадження електрифікації в сільськогосподарське виробництво приводить до водопостачання великого числа працівників, підвищення якості продукції, надійності і безперебійності роботи агрегатів.

Кваліфікаційна робота є віддзеркаленням поставлених завдань перед електрифікацією сільського господарства.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Скопенко Н. Агропромисловий сектор: сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку: Економічний аналіз. – 2011. – Вип. 8. – Ч. 1. – С. 179- 183
2. Законодавство та право в агропромисловому комплексі України: Навчальний посібник. – Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2011. – 334с.
3. 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.
4. Зелінська О.В., Сухоцька С.М. Використання сучасних інформаційних технологій в агропромисловому комплексі // Галицький економічний вісник. – 2016. – №2. – С. 148–152
5. Бритвенко А., Семенов А., Тулопов Д. Маркетингові інформаційні системи в АПК // Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. – 2017. – №4. – С. 34–38.
6. 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.
7. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ : Агросвіта, 2012. 432 с.
8. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій : навч. посіб. / Гевко Р. Б., Гладич Б. Б., Павх І. І., Соломка Т. П. Тернопіль : ТДПУ, 2002. 164 с
9. Гончаренко П. В., Марченко В. І. Машини і обладнання агропромислового виробництва. Умань : УНАС «Оперативна типографія», 2010. 268 с.
10. Король О.М. Міжнародні і національні пріоритети енергозбереження в сільськогосподарському виробництві // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право.-К.-№6, 2010.- с.45-51.

11. Червінська Т.М. Науковий та виробничий потенціали інноваційної діяльності АПК / Т.М. Червінська // Проблеми науки. - 2007. - №1. - С. 35-41.
12. Неміш П. Д. Сутність, оцінка та напрями підвищення ефективності механізму енергозбереження АПК / П. Д. Неміш // Інноваційна економіка. - 2013. - № 7 (45). - С. 46-53.
13. Судаченко В.Н., Ерк А.Ф., Тимофієв Е.В. Вибір варіанту енергопостачання об'єктів сільгоспвиробництва за економічними критеріями // Технології і технічні засоби механізованого виробництва продукції рослинництва і тваринництва. 2017. № 92. С. 43-48.
14. Ханенко М. Енергоємність продукції та напрями енергозбереження у тваринництві // Матеріали міжнародної науковопрактичної конференції за участю іноземних студентів “Розвиток аграрного бізнесу в умовах глобалізації” 15-17 квітня, Тернопіль.- ТНЕУ.- С.194-196.
15. Шмат К. І. Автоматизовані системи сільськогосподарської техніки. Херсон : ОЛДІ-плюс, 2009. 196 с.
16. Оробчук Б., Гоцуляк Ю. Підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів // Конференція Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». Бережани – 2016, С. 89
17. Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). ВНТП – АПК-01.05 / Мінагрополітики України. – Київ, 2005
18. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування. Інженерія природокористування. 2018. №1(9). С. 57-61.
19. Тристан Р.В. Розрахунки щодо автономного енергозабезпечення фермерського господарства. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції 01- 24 квітня 2020 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. 465–467 с.



20. Єгорова О. Ю. Комплексна оцінка якості електроенергії з урахуванням надійності електропостачання в сільських електромережах / О. Ю. Єгорова, М. В. Михалко // Системи обробки інформації. – 2011. – №. 5. – С. 41-45.
21. Гевко Р. Б., Павх І. І., Ткаченко І. Г. Система машин і механізмів агропромислового комплексу : навч. посіб. Тернопіль : ТДПУ, 2002. 264 с.
22. Садовий О. С. Електричне освітлення та електротехнології : курс лекцій / О. С. Садовий. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 91с.
23. Назаренко Л.А. Світлотехнічні розрахунки: навч. посібник / Л.А. Назаренко, Т.В. Можаровська, В.С. Чернець ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 142 с.
24. Андрійчук В.А., Поталіцин С.Ю., Худзін М.О. Світлотехнічний розрахунок світлових приладів для зовнішнього освітлення із компактними люмінесцентними лампами // Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій. – Тернопіль 25-26 листопада 2015.
25. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі»: для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл. : В.І. Шмирко, О.В. Коробко, Ю.І. Троян. – Запоріжжя: каф. ОПіНС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 36с.
26. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.П. Шевчук, О.В. Мейта. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167 с.
27. 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.

28. Охріменко В. М. Споживачі електричної енергії: підручник / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 286 с. ISBN 978-966-695-487-2
29. Хандола Ю.М. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній/Ю.М. Хандола – Харків: Факт, 2008.– 582 с
30. Глибинні відцентрові насоси. Режим доступу: <https://aquastory.com.ua/ua/nasosnoe-oborudovanie/nasosy-pogruzhnye/centrobezhnye/>
31. Оробчук Б., Іванків А. Адаптивна система керування режимами електропостачання. Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2016 р.
32. Шестеренко В.Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. — Київ, 2013. — 424 с.
33. Теплове реле для електродвигуна: принцип роботи, будова, як вибрати. Режим доступу: <https://remontu.com.ua/teplove-rele-dlya-elektrodviguna-princip-roboti-pristrij-yak-vibrati>
34. Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Третякова Л.Д., Мітюк Л.О. Охорона праці і промислова безпека: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2010. - 425 с.
35. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. - Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000.-188 с.
36. Лут М.Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва». - К.: НАУ, 2000. -136с.
37. 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.

