

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**

**молочної ферми сільськогосподарського підприємства**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТ-41

спеціальності 141- Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ Кулачок О. Я.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

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

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль, 2026

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«27» січня 2026 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту КУЛАЧОК Оресту Ярославовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання  
молочної ферми сільськогосподарського підприємства

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

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи: червень 2026 року

3. Вихідні дані до роботи: Типова схема електропостачання молочних ферм, графіки  
навантаження та споживання приміщень, графіки водопостачання, схеми електропостачання  
від зовнішньої мережі, схеми електропостачання внутрішніх мереж

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

Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

Загальні висновки

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

1. Розміщення приміщень на території молочного блоку

2. Система освітлення території молочного блоку

3. Схема розміщення силового електрообладнання молочного блоку

4. Загальна схема з'єднань

5. Система автоматичного керування вакуумним насосом

6. Конструктивне виконання системи керування

7. Виконання заземлення молочного блоку

## 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., <del>к.т.н.</del> доцент		

7. Дата видачі завдання 12 січня 2026 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Кулачок О. Я.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Оробчук Б. Я.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кулачок Орест Ярославович. Розробка системи електропостачання молочної ферми сільськогосподарського підприємства.

Стор.– 66; рис. - 8; табл. - 15; слайдів - 15; джерел - 35; додатків - 0.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання молочного блоку тваринницької ферми ТОВ "Агрофірма "МЕДОБОРИ", яке розташоване в селі Кам'янки Тернопільського району Тернопільської області.

Пояснювальна записка складається з 4-х розділів та 15 слайдів графічної частини.

В першому розділі виконано аналіз літературних джерел за тематикою поставленого завдання, розглянуто сучасний стан електропостачання в агропромисловому комплексі України, запропоновано шляхи покращення розвитку галузі із використанням новітніх технічних рішень.

В 2-у розділі роботи виконано аналіз характеристики об'єкта господарювання, вибрано електрифіковане технологічне устаткування, проведено розрахунок і вибір силового обладнання та електричного освітлення, розроблено систему електропостачання, розраховано та вибрано електропроводки внутрішніх силових і освітлювальних мереж і пускозахисне устаткування.

В 3-у розділі виконано перевірку пускозахисної апаратури на автоматичне спрацьовування, розроблено систему автоматичного керування вакуумним насосом та проведено розрахунок оцінки надійності.

Також розглянуто питання, пов'язані охороною праці і безпекою життєдіяльності, які мають безпосереднє відношення до теми кваліфікаційної роботи.

Ключові слова: електропостачання, електричне освітлення, система вентиляції, силова електропроводка, система автоматичного керування оцінка надійності.

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	11
1.1 Сучасні технології в молочному тваринництві	11
1.2 Перспективи застосування автоматизованого доїння	12
1.3 Аналіз зарубіжних молочних технологій	16
1.4 Концепція розумної ферми	17
1.5 Висновки до розділу 1	20
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Характеристика об'єкта проектування	21
2.2 Вибір електрифікованого технологічного устаткування	23
2.3 Розрахунок електроустановок систем вентиляції та опалення	25
2.4 Розрахунок електроустановок систем електричного освітлення	27
2.5 Висновки до розділу 2	32
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	33
3.1 Розробка системи електропостачання об'єкта	33
3.2 Електропроводки освітлювальних і внутрішніх силових мереж	38
3.3 Умови розрахунку і вибору пускозахисного обладнання	41
3.4 Перевірка апаратури захисту на автоматичне спрацьовування	44
3.5 Система автоматичного керування вакуумним насосом	47
3.6 Дослідження оцінки надійності системи керування	50
3.7 Висновки до розділу 3	53
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Класифікація приміщень за умовами безпеки	54
4.2 Аналіз потенційних небезпек	55
4.3 Розрахунок заземлення трансформаторної підстанції	56
4.4 Розрахунок громозахисту молочного блоку	59
4.5 Інструкція з техніки безпеки при роботі в молочному блоці	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63

## ВСТУП

Сільське господарство є найбільш інтенсивною галуззю народного господарства, де спостерігається розвиток, який супроводжується збільшеним споживанням енергії, де значну і прогресуючу частку займає електрична енергія. З усіх видів енергії її найпростіше транспортувати, перетворювати та використовувати і щороку появляється багато способів та технологій її застосування. Все більш поширеного характеру набуває електроозброєність праці, оскільки сучасні технології, машини та механізми на базі науково-технічного прогресу вимагають для функціонування електричну енергію. Відповідно, розвиток сільської електрифікації визначає відкритість сільськогосподарського виробництва до здобутків у науково-технічному прогресі. Електроенергія змінила зміст багатьох сільським професій, залишила у минулому професію доярки, так як її замінив оператор машинного доїння через застосування механізації та електрифікації. Без електроагрегатів сьогодні неможлива обробка та очищення зерна, сушіння та електромеліорація, а професію пастуха замінила електроогорожа [1].

У згаданій ситуації ключову роль відіграють фахівці сільських електриків, що виконують ремонт, налагодження, монтаж і обслуговування електричного обладнання і електромереж. Від їхнього рівня професіоналізму та кваліфікації та залежить нормальна робота та якість продукції майже всіх сільськогосподарських систем.

Завдячуючи досягненням наукового і технічного прогресу, зовсім новими в сільському господарстві областями використання електричної енергії стали сільськогосподарська електроніка та робототехніка з різними електроприводами, електричними апаратами, електричними схемами керування та регулювання, що мають обширні сфери застосування. На сьогоднішній день впроваджено для потокового доїння корів тільки автоматизовані установки, а інтенсивний розвиток обчислювальної техніки можна доволі ефективно використовувати в сільській електрифікації. Зокрема, дуже посилено використовуються в сільському господарстві різноманітні вимірювальні прилади багатьох техноло-

гічних процесів, машин та обладнання, електронні регулятори і ін. І, хоча вони належать до електроніки, але дуже стрімко акумулюються в системи сільської електрифікації. Також варто відмітити, що робототехніка та електроніка є досить недослідженими галузями впровадження в сільськогосподарське виробництво, тобто маємо значний простір для ініціативи та творчості [2].

Ефективність автоматизації тваринництва зводиться у першу чергу до створення грамотних автоматизованих підприємств у тваринництві (наприклад, розумна молочна ферма, свиноферма) на базі інтелектуальних роботизованих та автоматизованих та машинних комплексів новітньої генерації. Вчені підраховали, що широке використання автоматизації призведе до зниження на 35-40% рівня залежності галузі від імпорту, підвищення кількості продукції та її якості, росту продуктивності праці в базових ділянках тваринництва в декілька раз, збереженню здоров'я та продуктивності самих тварин. Відповідно, такі локальні та централізовані інтелектуальні системи, що керують у тваринництві подібними біологічними машинними комплексами та підсистемами (наприклад, ветеринарне обслуговування тварин, утилізація відходів, годування, доїння, мікроклімат і ін.) дозволять гармонізувати взаємодію машинних, технологічних та біологічних об'єктів, а також ефективно адміністрування [3].

Використання енергоефективних двигунів, впровадження технології охолодження молока з продуманою пропорцією продуктивності та енергоспоживання, застосування природного освітлення, LED-освітлення, датчики для достовірного управління енергоспоживанням, проведення регулярного технічного обслуговування та аналіз альтернативних джерел енергії дозволять зменшити витрати на енергію та покращити ефективність.

Сьогодні, коли екологічність та ефективність вийшли на перший план, фермерські господарства з виробництва молочної продукції починають активно шукати способи зменшення споживання енергії без зниження оптимального рівня виробництва. Велику увагу звертають на молочний корівник, де є багато перспектив підвищення енергоефективності, починаючи з модернізації устаткування і закінчуючи використанням відновлюваних джерел енергії. Такий підхід дозволяє молочні ферми перетворити на енергоефективні підприємства [4].

Останніми роками спостерігаються серйозні зміни на потужних продовольчих сегментах України, а також на їм суміжних ринках. Зокрема, аналіз молочного продовольчого ринку засвідчив, що і в Україні, так і в Тернопільській області з початку війни спостерігається його депресивний стан, який проявляється в зниженні виробництва молока та молочної продукції, скорочення поголів'я корів, зменшення їх продуктивності. Значне скорочення споживання молочної продукції як в Тернопільській області, так і в загальному по Україні викликав фактор зниження у населення купівельної спроможності. Одним із підтримуючих факторів цього продовольчого ринку України є відносно високий рівень насиченості його значним об'ємом імпортової продукції переробки молока. Згідно статистичних даних в кінці 2025 р. Тернопільська область стала однією із областей України, де спостерігається збільшення виробництва молока на фоні його подальшого зниження в інших областях [5].

Отже, можна стверджувати, що імпортна складова в забезпеченні вітчизняного населення молочними продуктами не дуже значною і на даний час не повинна загрожувати продовольчій безпеці держави в даній галузі ринку, якщо її розвивати, вкладати фінансові потоки та нові технології. Такий підхід до виниклої ситуації повинен привести до певного підвищення участі вітчизняних товаровиробників у становленні молочних ресурсів, що в свою чергу, надає для них додаткового шансу твердо зміцнитися на внутрішньому продовольчому ринку України.

Для забезпечення життєдіяльності цієї концепції потрібно впроваджувати в тваринництві нові технології, автоматизовані системи управління технологічним процесом, модернізацію систем електропостачання, оскільки електрика є незамінним видом енергії для електрифікації і електромеханізації в тваринницькій галузі. Використання електрики дозволяє спростити процес водопостачання, приготування та роздачу кормів, прибирання ферм, нагрівання приміщень та створення в них мікроклімату, сушки і обробки зерна та іншої сільськогосподарської продукції, проведення сівби і збирання урожаю, вико-

нання зрошень та меліорації земель, процеси інкубації та вирощування молодняку, утримання дорослих тварин [6].

Також варто відмітити інтенсивне використання електричної енергії в електричних теплових установках та установках для формування мікроклімату: обладнання для підігрівання підлоги приміщень, кондиціонери, водонагрівачі та калорифери, системи вентиляції, холодильники і компресори. Електроенергія також використовується в прогресивних технологічних операціях, допомагаючи роботі електрофільтрів, фарбування різних виробів в електричному полі, операції сепарування та передпосівної обробки насіння, проведення дослідів по електричній активації води та рідин. Наприклад, неможливо здійснити без електричної енергії за допомогою струму високої частоти та ультразвуку процеси сушки, нагріву, дезінсекції, металізації виробів розпиленням. Також неможливо виконати без електричної енергії роботу ремонтних та переробних підприємств з великою кількістю агрегатів та верстатів, технологічних ліній та машин, які використовуються для переробки молока, фруктів та овочів. Також за допомогою електричної енергії здійснюється обробка металів, виготовлення та ремонт вузлів, деталей та машини. Електрична енергія настільки міцно вкорінилася в життя, що просто неможливо уявити її відсутність у побуті, в сільському господарстві, в обладнанні підприємств громадського харчування та побутового обслуговування, де при використанні електричних установок здійснюють приготування їжі, прання одежі, обігрівання квартир, будинків і інші подібні речі. Беззаперечним фактом є те, що електрика виступає єдиним джерелом енергії для штучного освітлення, тобто здійснення процесу загального, місцевого та інших спеціальних видів електричного освітлення, створення штучного світлового середовища та ультрафіолетового і інфрачервоного опромінення в теплицях з метою підвищення врожайності в птахівництві і тваринництві. Окрім того, такі види опромінення можна використовувати і в якості бактерицидних, також для дезінфекції і дезінсекції, сушки та нагрівання [7].

Підсумовуючи викладений вище матеріал, можна стверджувати, що питання реалізації процесів електрифікації та автоматизації технологічних в агропромисловому комплексі на сьогодні є надзвичайно значущим, а тематика кваліфікаційної роботи *«Розробка системи електропостачання молочної ферми сільськогосподарського підприємства»* - актуальною.

*Об'єктом* дослідження є система електропостачання молочної ферми сільськогосподарської агрофірми.

*Метою* кваліфікаційної роботи є розробка системи електропостачання молочною блоку тваринницької ферми сільськогосподарської агрофірми, в результаті чого буде забезпечено зменшення витрат електричної енергії та дотримання її якості в межах встановлених стандартів.

Для виконання вище поставленої мети перед кваліфікаційною роботою були вирішені такі завдання:

- виконано розміщення приміщень на території молочною блоку;
- розроблено систему освітлення території молочною блоку;
- розроблено схему розміщення силового електрообладнання молочною блоку;
- розроблено загальну схему з'єднань;
- проведено конструктивне виконання системи керування;
- виконано заземлення молочною блоку.

*Практична новизна* кваліфікаційної роботи полягає в запропонованому підході до автоматизованого управління гноєвидаленням, системами вентиляції та освітлення з використанням датчиків, а також впровадженням систем обліку для відстеження енергоспоживання технологічного процесу, впровадженням систем, що використовують виділене під час охолодження молока тепло для нагрівання води, а це скоротить до 50% витрати на гаряче водопостачання.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Сучасні технології в молочному тваринництві

У довгостроковій перспективі молочне тваринництво є доволі цікавою сферою для вкладень коштів, так як затребуваність попиту на молочну продукцію постійно зростає. Молочна ферма завдяки сучасним технологіям починає змінювати звичний стиль, що виражається в забезпеченні комфортних побутових умов для корів та підвищенні якості життя населення.

Для ефективного управління молочною фермою фахівці молочного ринку уже на протязі довгого часу намагаються розрахувати її оптимальну величину. На протязі певного часу вважали, що найбільша величина поголів'я, що дозволяє здійснювати відносно ефективне управління, становить біля 2 тисяч голів. Але сучасні технології уже не висувають питання оптимальної величини стада, оскільки інноваційні технологічні підходи дозволяють ефективно керувати будь якою молочною фермою незалежно від розміру [8].

Наприклад, для ферм із поголів'ям більше 500 корів компанія GEA-Україна розробила роботизовану карусель DairyProQ від 28 до 80 місць, а роботизовані доїльні комплекси Mlone Multibox використовують на невеликих фермах із поголів'ям до 250 голів [9]. Ці типи установок можна застосовувати на фермах з поголів'ям від 250 до 1 тисячі корів.

Процес оптимізації виробництва, зменшення витрат на робочу силу з одночасним покращенням умов праці виступає домінуючим фактором при використанні автоматизованих систем доїння. Відповідно до проведених компанією GEA-Україна розрахунків, біля 40% робочого часу на класичній фермі йде на процес доїння, 18% – на годування тварин, 14% – на вирішення господарських завдань, 8% – на зміну підстилки, 20% – на інші задачі.

На класичних фермах на процес доїння затрачається біля 50% робочого дня, а якщо використовувати системи автоматичного доїння, то можна оптимізувати цей процес та зменшити число працівників ферми.

Автоматизовані роботи можна встановлювати на всіх стадіях виробничого процесу і використовувати:

- під час процесу доїння;
- при підготовці сумішей та годуванні;
- при зміні підстилки;
- під час миття та очищення тварин;
- під час контролю фізичного стану тварин і ін.

Вище перераховані процеси на сьогоднішній день можуть результативно здійснювати автоматизовані системи. Оскільки все сучасне устаткування може запускатися в дію за допомогою таймеру, то участь людини тут не потрібна навіть для періодичного запуску цих систем [10].

Автоматизовані системи дозволяють процес доїння привести до загального стандарту, тобто привчити корову на повторення щоденно одноманітних дій, що значно знижує ризик стресів, підвищує рівень продуктивності тварин та збільшує їх життєвий цикл.

У поєднанні правильним контролем над гігієною та здоров'ям корів автоматизовані системи дозволяють підвищити якість молока та в онлайн-режимі моніторити процес доїння кожної корови.

На сьогоднішній день вчені працюють над розробкою проектів ферм, де буде здійснюватися віддалене керування без прямої присутності фахівця на робочому місці. Всі можливі несправності або вирішення нестандартних ситуацій можна буде коригувати в онлайн-режимі. Але практичний діяльність демонструє, що при ініціативному використанні повної автоматизації частка проблемних питань значно зменшується.

## **1.2 Перспективи застосування автоматизованого доїння**

Процеси доїння на сучасних молочних фермах становлять біля 50% від загального часу, що йде на забезпечення роботи тваринницьких підприємств. Ще на початку цього століття розпочався цей процес автоматизації, але тільки на даний час автоматичні доїльні системи стають інтелектуальними [11].

Така технологія включає переведення доїння корів в спеціальну доїльну залу, де ефективно вилучають молоко у тварин. З допомогою інтелектуальних систем можна:

- здійснювати автоматичне накопичення в базі даних для кожної окремії тварини, систематизацію в залежності від їх фізичного стану, розташування, активності і ін.;
- показувати інформацію про отриману кількість молока за потрібний період;
- здійснювати контроль якості молока у режимі реального часу та сортувати його при потребі в залежності від показників;
- у випадку зниження якісних показників або об'єму молока швидко подавати пропозиції про необхідність змін харчування;
- здійснювати початкове виявлення пухлин вимені або хвороби.

При впровадженні таких систем можна здійснювати механічне фільтрування молочної продукції та після кожного доїння санітарне очищення доїльних апаратів. При застосуванні таких технологій можна ідентифікувати, які з тварин будуть давати більше молока при доїнні два рази на день, а які - при три рази на день, так як це слугує індивідуальним параметром кожної корови на визначеному етапі життя.

У великих комплексах, а також на молочнотоварних фермах України спостерігається активний процес впровадження автоматизації доїння. Практичне застосування згаданих установок дозволяє у повній мірі використати генетичний потенціал корів. У цьому випадку динамічні процеси годування концентрованими кормами та доїння виконують при використанні спеціальних програм. Використання такого підходу оптимізовує витрати на отримання молока та додаткового обсягу продукції і, відповідно, формування дбайливого підходу до корів.

При автоматизованому доїнні можна реалізувати деякі фізіологічно оправдані рішення [12]:

- почергове доїння з відключенням певних ділянок після завершення доїння;

- створення зручних умов із створенням сукупності стандартних дій та фіксації умовних рефлексів;

- турботливе ставлення до вимені корови, тобто своєчасного припинення доїння та відключення вакууму під час зняття апарату.

Компанії, що займаються розробкою автоматизованих систем стверджують, що корови при вільному утриманні в середньому вигулюються до 4 раз на добу, а це сприяє збільшенню молочної продукції до 15% тільки на першій лактації, а при інших лактаціях - в межах 10-12%.

Впровадження доїльних роботизованих установок вимагає серйозніших вимог відбору корів, здатних до обслуговування, а саме:

- молочна продуктивність має становити в межах 7000 кг молока від корови;
- вим'я має щільно прилягати до черева корови, а розташування сосків від підлоги не нижче 40 см;
- активність тварини має бути високою, а сама тварина - спокійною.

При використанні системи автоматизованого доїння спрацьовують деякі концепції такої роботи (рис. 1.1, [13]). По-перше, повинні дотримуватися суворіші вимоги до корів при роботизованому доїнні у порівнянні зі звичайним автоматизованим доїнням. По-друге, робот може мати проблеми з підключенням окремої ділянки при неправильному розташуванні сосків і робити багато спроб підключення. Наприклад, є системи розпізнавання сосків корови, що краще взаємодіють із вименем без волосяного покриву.



Рисунок 1.1 - Установа автоматизована роторна DeLaval AMR

Стимулювання молокоутворення, зниження захворювань на мастити та зниження ймовірності виникнення стресів у тварин виступають допоміжними результатами при автоматизації процесів доїння. У цьому випадку отримуємо одночасну автоматизацію великої кількості ручних операцій при значній відомості характеру праці оператора машинного доїння. Тут спостереженню за коровами приділяється досить велика увага, здійснюється своєчасне реагування на зміну фізіологічного стану тварин, забезпечення всіх їх потреб (рис. 1.2).

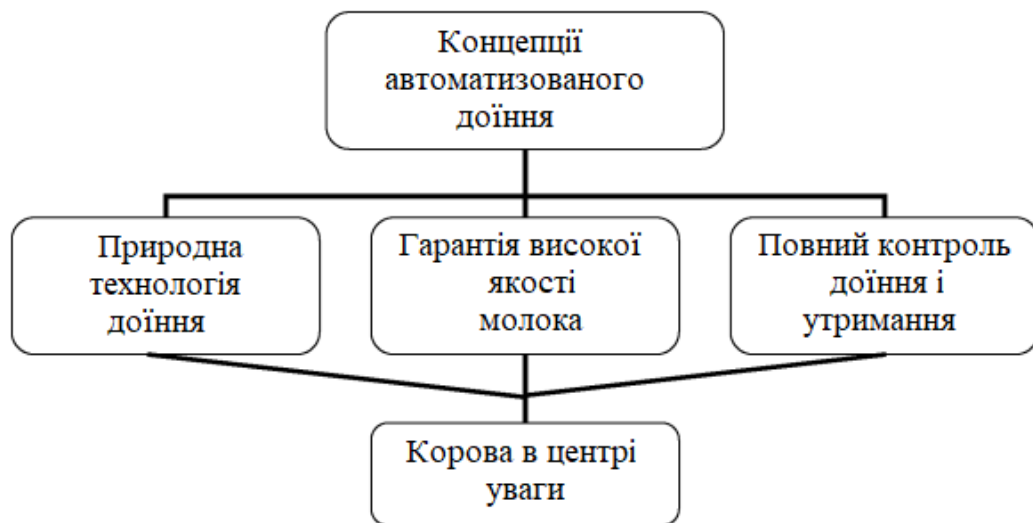


Рисунок 1.2 – Структура концепції автоматизованої системи доїння

При дотримання наступних умов можна буде отримати високі очікувані результати:

- здійснювати постійний контроль над роботою устаткування, своєчасно реагувати на можливі відхилення;
- здійснювати планове технічне обслуговування обладнання для доїння, забезпечувати миючими і дезенфікуючими розчинами, гарячою водою та сосковою гумою;
- здійснювати постійний нагляд за здоров'ям корів.
- підтримувати належний рівень кваліфікації фахівців із обслуговування обладнання, проводити аналіз даних комп'ютерних програм.

Доволі висока ціна установок на даний час є перешкодою активного розвитку роботизованого доїння. Наприклад, вартість однобоксового роботи-

зованого агрегата може становити біля 150 тисяч євро в залежності від компанії-виробника та комплектації.

Також варто відмітити, що за кількістю обслуговуваних протягом доби корів максимальне навантаження на однобоксовий агрегат не може перевищувати 50-55 голів. Відповідно, для забезпечення ефективного процесу доїння на невеликому комплексі стада в 400 корів потрібно буде мати біля 6-8 роботизованих установок.

### **1.3 Аналіз зарубіжних молочних технологій**

Австрійські розробники запропонували технологію вживлення у рубець мікрочіпу (болеса) яка дозволяє тваринникам відстежувати зміни стану тварин. Такий підхід є надзвичайно важливо, оскільки унеможлиблює передчасне зношення стада та дозволяє підвищити надої молока [14]. Аналогічний принцип передбачається використовувати також і у м'ясному тваринництві. Вживлений мікрочіп буде відправляти до бази даних наступні види інформації:

- про температуру організму, тобто ще до виявлення візуальних ознак хвороби видно стан корови. Це дозволить не застосовувати антибіотики та складні ліки;

- про рухову активність, що дозволяє дізнатися про готовність тварини для відтворення;

- про кислотний і лужний баланс, який буде інформувати про якість кормів і їх вплив на здоров'я тварин.

У Японії виконано аналогічну технологічну розробку за участю однієї з найбільших ІТ-корпорацій, але замість мікрочіпа на корову одягають браслет, який підраховує рахує кроки протягом дня [15]. Інформацію про активність корів аналізує штучний інтелект, яку далі передає на комп'ютер або телефон з щогодинним оновленням. На основі отриманої інформації фахівці здійснюють коригування режиму доїння, годування, відпочинку та здоров'я корів. Встановлений датчик здійснює розрахунок і визначає найкращий період для відтворення. У цьому випадку успішність запліднення сягає біля 90%.

Українські вчені також впроваджують свою новинку – концепцію натурального молока. Суть його полягає в тому, що поруч із твариною поміщають доїльний апарат, який здійснює охолодження та знезараження молока. В цьому випадку не відбувається переливу молока із однієї ємності в іншу, що часто є причиною його забруднення. Отримане таким чином молоко вважається живим, оскільки в ньому зберігається найбільша частка корисних речовин та присутній натуральний смак [16].

Ще один приклад можна навести у боротьбі з крадіжками корів, який розробили бразильські спеціалісти на основі розумних систем. Суть розробки полягає в тому, що до сільськогосподарських тварин прикріплюють геопозиційні датчики, що дозволяє контролювати їх місцезнаходження та маршрут переміщення, а також записувати в онлайн-режимі до бази даних. У цьому випадку відпадає потреба в сторожах і пастухах. При потребі базу даних можна відкрити та простежити за коровами [17]. Аналогічні розробки дослідники також використовують для контролю під час міграції диких звірів.

Отже, можна стверджувати, що розвиток сучасних технологій в молочній галузі, як і сільського господарства в загальному аспекті, визначається на даний час впровадженням інноваційних рішень та новітніх технологій у сфері управління, а також переходом до процесів автоматизації виробничого процесу.

#### **1.4 Концепція розумної ферми**

Концепція розумної ферми представляє собою абсолютно автономний та роботизований сільськогосподарський об'єкт, який використовується для розведення різних видів сільськогосподарських тварин в режимі автоматичного керування, та не потребує залучення в цьому процесі фахівців (тваринників, операторів, ветеринарів і ін.) [18].

Така ферма самостійно проводить аналіз економічної доцільності виробництва, споживчої активності, рівня сукупного здоров'я жителів краю (регіон, область та ін.) та інших економічних показників, використовуючи необхідні цифрові технології (мережі нейронного типу, штучного інтелекту, великих даних, інтернет речі та ін.), на базі виконаного аналізу керівництво

ферми вирішує, які породи/типи сільськогосподарських тварин (з заданими якісними та числовими ознаками) потрібно виконувати розведення (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Структура розумної ферми

Цей напрямок є доволі актуальним, оскільки оцінювання розвитку ринку сільськогосподарських роботів на період до 2026 років показує, що масштаб процесу роботизації молочних ферм у фінансовому плані зростає щорічно швидкими темпами, а вартість встановлені десятки по всьому світу доїльних роботів сягає біля \$1,5 млрд., [19]. При впровадженні новітніх технологій у сільське господарство можна значно підвищити стан виробництва та споживання молочної продукції. У цьому аспекті варто приділяти увагу розвитку господарства із застосуванням автоматизованих систем керування, показники яких на фермах еволюціонують в залежності від створеного мікроклімату та стану тварин. Відповідно, тільки такі господарства мають можливість

підвищувати якість молочки до найкращого показника та забезпечувати сталий розвиток молочної продуктивності корів.

Мета розумної ферми полягає у розробці концептуальних технічних і технологічних рішень стосовно побудови молочних ферм сучасного покоління з використанням інтелектуальних цифрових технологій.

Основне завдання розумної ферми полягає в:

- забезпеченні незалежності та конкурентоспроможності тваринницького комплексу України через створення цифрових технологій;
- залученні різних типів інвестицій;
- створенні та впровадженні сучасних технологій підвищення молочної продукції корів до 13000-15000 л/рік;
- зниженні рівня захворюваності тварин на мастит (зменшення коштів на антибіотики);
- створенні та впровадженні сучасних технологій автономного виробництва без участі людини, енергетичній ефективності та мобільності в розумній фермі;
- запровадженні безпечних та функціонально якісних продуктів харчування.

Щоб реалізувати згадані вище завдання, потрібно організувати та впроваджувати вітчизняні конкуренто спроможні технології у напрямку розумної ферми, виробляти комплексне обладнання роботизованих апаратів для фермерських господарств (для прив'язного та безприв'язного утримання корів), розробляти сучасні системи захисту корів, а також використовувати систему датчиків контролю їх фізіологічного стану.

Визначені задачі та виражена мета оспрямовані на такі цільові показники:

- зменшення числа захворюваності корів на мастит;
- підвищення рівня якості молочної продукції;
- зростання рентабельності продукції на розумних фермах.

В результаті реалізації вище згаданих заходів можна очікувати на наступні результати:

- на основі цифрових датчиків фізіологічного стану корів та систем їх ідентифікації можна отримати бази даних та базові технології контролю корів, сумісних з вітчизняними розробками;
- розробити інтелектуальні цифрові системи для керування виробництвом з подальшим їх впровадженням;
- розробити та впровадити автоматизовані інноваційні машинні технології та технічні засоби.

### **1.5 Висновки до розділу 1**

1. Розглянуто сучасні технології в молочному тваринництві, зокрема, роль автоматизованих системи, які дозволяють підвищити якість молока та в онлайн-режимі моніторити процес доїння кожної корови.

2. Проаналізовано перспективи застосування автоматизованого доїння, але доволі висока ціна установок на даний час є перешкодою активного розвитку цього технологічного напрямку .

3. Аналіз зарубіжних молочних технологій показав, що розвиток сучасних технологій в молочній галузі, як і сільського господарства в загальному аспекті, визначається на даний час впровадженням інноваційних рішень та новітніх технологій у сфері управління, а також переходом до процесів автоматизації виробничого процесу.

4. Розглянуто концепцію розумної ферми, яка представляє собою абсолютно автономний та роботизований сільськогосподарський об'єкт, що використовується для розведення різних видів сільськогосподарських тварин в автоматичному режимі.

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Характеристика об'єкта проектування

Основним видом діяльності сільськогосподарського підприємства ТОВ "Агрофірма "МЕДОБОРИ" є виробництво, переробка і реалізація сільськогосподарської продукції. Головним напрямком господарської діяльності виступає садівництво та випуск товарів на базі садівництва. У 2025 році господарство займалося виробництвом продукції на сільськогосподарських угіддях загальною площею 3110 га, з них:

- багаторічні садові рослини	- 1176,0 га
- рілля	- 1964,0 га
в тому числі: зернові культури	- 930,0 га
технічні: соняшник	- 40,0 га
кормові культури	- 980,0 га
пасовища	- 110,- га

Вихідне поголів'я тварин на 01.01.2026 р.:

- ВРХ всього:	870 голів
---------------	-----------

В Таблиці 2.1 приведено загальні дані про вироблену в 2026 році продукції. Практично вся продукція, що вироблена в господарстві, за винятком кормових культур є товарною продукцією.

За звітний рік сума виторгу від реалізації сільськогосподарської продукції склала 6725880 грн., у тому числі зернових - 278640 грн.

У структурі реалізації найбільша сума отриманої від реалізації продукції садівництва (соки, повидло в банках) склала 11621520 грн. (44%), продукція рослинництва - 6725880 грн. (25.4%), тваринництва - 866340 грн. (3.3%). Аналізуючи реалізацію продукції по роках, слід зазначити, що в порівнянні з 2025 роком надходження від реалізації зросли в 1,8 рази.

Ріст реалізації пояснюється внаслідок зростання об'ємів виробництва, перегляду цін та ринків реалізації продукції садівництва.

Таблиця 2.1 - Виробництво в 2025 році

Найменування	Од. вим.	План	Фактично	%
1. Яблука	<i>т</i>	5695	6916	121,4
2. Плоди	<i>т</i>	119	65,1	55,0
3. Зерно	<i>т</i>	3700	4588	124,0
4. Корми: сіно	<i>т</i>	801	802	100,1
силос	<i>т</i>	2332	2997	128,5
5. Молоко	<i>т</i>	1275	1498	117,5
6. Приріст ваги КРС	<i>Т</i>	85	88	103,5
7. Соки	<i>т</i>	100	126	126,6
8. Повидло в банках	<i>шт.</i>	6000	6431	107,2
<i>Врожайність</i>				
1. Виноград	<i>ц/га</i>	69,5	86,0	123,7
2. Плоди	<i>ц/га</i>	44,0	37	84,1
3. Зерно	<i>ц/га</i>	41,4	49,3	119,1
<i>Продуктивність</i>				
1. <u>Надої</u> на 1 фуражну корову	<i>кг</i>	4250	5033	118,4
2. Середньодобовий приріст ваги ВРХ	<i>гр</i>	440	441	100

РАЗОМ: - продукція рослинництва - 6725880 *грн.*

- худоба в живій вазі - 71640 *грн.*

- молоко - 615420 *грн.*

РАЗОМ: - продукція тваринництва - 866340 *грн.*

- продукція переробки власної сировини - 11621520 *грн.*

- продукція переробки покупної сировини - 544266 *грн.*

ВСЬОГО по господарству: 20445066 *грн.*

Так як за останній період в ТОВ "Агрофірма "МЕДОБОРИ" спостерігається збільшення обсягів виробництва, то було прийнято рішення виконати повну реконструкцію старого молочного блоку, розробивши при цьому систему його електропостачання.

Проектований молочний блок обслуговує два корівники на 200 корів. Молочний блок виконаний за типовим проектом і призначений для збору молока, його первинної переробки і короткочасного збереження.

В даний час існує кілька технологій збору молока. Найбільш широке поширення одержали дві технології: збір молока в молокопровід і збір молока в доїльні відра [20].

При доїнні в доїльні відра молоко збирається в доїльні відра, потім переливається у бідони і вручну, за допомогою візків, транспортується в молочну. Тут бідони зважуються, потім молоко за допомогою насоса перекачується в молокоприймальний резервуар. Після цього починається процес первинної переробки молока.

При доїнні в молокопровід надоєне молоко надходить у молокопровід і далі по молокопроводу, проходячи через лічильники надою, надходить у молочну і накопичується в молокозбірнику. У такий спосіб при даному способі доїння виключається ручне транспортування молока, що значно полегшує працю доярок, підвищує продуктивність праці. Однак такий спосіб доїння вимагає великих експлуатаційних витрат, пов'язаних в основному, з необхідністю регулярного промивання молокопроводу, підтримки в технічно справному стані устаткування, призначеного для промивання молокопроводу і підтримки необхідного в ньому тиску.

У проекті в якості основного приймаємо спосіб доїння в молокопровід як найбільш прогресивний. У випадку поломки молокопроводу у якості запасного способу приймаємо спосіб доїння в доїльні відра.

## **2.2 Вибір електрифікованого технологічного устаткування**

У цій кваліфікаційній роботі проєктованим об'єктом є молочний блок корівника на 100 голів прив'язного утримання. Молочний блок містить наступні типи технологічного устаткування:

- вакуумний насос, для створення вакууму в молокопроводі;
- сепаратор-очисник;
- охолоджувач молока;
- резервуар для молока;
- пастеризатор;
- холодильний агрегат;
- насоси для води і для молока.

Продуктивність молочної потокової технологічної лінії розраховуємо за формулою [21]:

$$V = 0,1014 \cdot \frac{M \cdot N \cdot I \cdot Ж \cdot (1 - I_x)}{Д \cdot T}, \quad (2.1)$$

де  $M$  – кількість корів (гол.);

$N$  – значення середньорічного надою на корову (кг);

$I$  – коефіцієнт нерівномірності – 1,25;

$Ж$  – частина добового надою, що приходить на найбільший разовий надій, при дворазовому доїнні – 0,6;

$I_x$  – значення коефіцієнта числа сухостійних тварин у стаді (0,18);

$Д$  – кількість днів найбільшого надою в місяць;

$T$  – тривалість доїння (год.).

$$V = 0,1014 \cdot \frac{400 \cdot 4000 \cdot 1,25 \cdot 0,6 \cdot (1 - 0,18)}{30 \cdot 2} = 1662,96 \text{ кг/год}$$

Приймаємо наступні типи технологічного устаткування.

1. Вакуумний насос УВУ-60/45 (2 шт.): продуктивність - 45 м<sup>3</sup>/год, вакуум - 400 мм.рт.ст., приводний двигун - 4А100S4СУ1 потужністю 3,0 кВт.

2. Молочний насос НМУ-6: продуктивність 3000-6000 л/год, напір - 3,0 м.вод.ст., приводний двигун - 4А71В2СУ1 потужністю 1,1 кВт.

3. Охолоджувач молока ТЕ2 (3 шт.): робоча ємність - 2000 л, джерело холоду - МОХОВІ-8С, час охолодження 2-3,5 год., приводні двигуни - 4А71В4СУ1 потужністю 0,55 кВт, 4АА63А4СУ1 потужністю 0,25 кВт.

4. Джерело холоду для охолоджувача ТЕ2 – МОХОВІ-8С (2 шт.): холодопродуктивність - 12000 ккал/год, приводні двигуни: компресора - 4А112М4СУ1 потужністю 5,5 кВт; вентилятора - 4А71А4СУ1 потужністю 0,55 кВт; насоса - 4А80В4СУ1 потужністю 1,5 кВт.

5. Сепаратор ОМ1 продуктивністю 1500 л/год, потужність 1,5 кВт.

6. Пастеризатор ОПД-1М: продуктивність 1800 л/год, поверхня теплообміну 1,2 м<sup>2</sup>, приводний двигун - 4А80В4СУ1 потужністю 1,5 кВт.

7. Водяний насос 2К-20/18 продуктивністю 20 м<sup>3</sup>/год, напір - 10,3 м.вод.ст., приводний двигун - 4А80А2У3 потужністю 1,5 кВт.

8. Електроводонагрівач ВЕТ-400 продуктивністю 80 кг/год (пара), потужністю 10,5 кВт.

### 2.3 Розрахунок електроустановок систем вентиляції та опалення

#### Проведення розрахунку та вибору електрообладнання системи вентиляції.

Для всіх приміщень вибираємо одиночну приточну систему вентиляції, що буде здійснювати підігрів повітря у холодний період електричним калорифером.

Електровентилятор вибираємо за подачею і повним тиском. Розрахунок подачі повітря вентилятором визначимо за повітрообміном, що необхідний для забезпечення нормального значення мікроклімату у провітрюваному приміщенні, параметри розрахункового тиску - за величиною втрат у повітропроводах і устаткуванні. Згідно нормованої кратності повітрообміну виконаємо розрахунок повітрообміну за формулою [22]:

$$L' = rV_n \quad (2.2)$$

де  $V_n$  – значення будівельного об'єму приміщення ( $m^3$ );

$r$  - значення нормованої кратності повітрообміну.

$$L' = 3 \cdot 864 = 2592 \text{ м}^3/\text{год}$$

Виконаємо розрахунок тиску за формулою [22]:

$$H = \gamma \cdot v^{2/2} \cdot (\lambda \cdot l \cdot d + \sum \beta) \quad (2.3)$$

де  $\gamma$  - значення густини повітря ( $kg/m^3$ );

$v$  – значення швидкості повітря в повітропроводі ( $m/c$ );

$\lambda$  - коефіцієнт тертя;  $l$  – довжина повітропровода ( $m$ );

$d$  – діаметр повітропровода ( $m$ );

$\sum \beta$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Приймаємо  $\gamma = 1.2 \text{ кг/м}^3$ ;  $v = 10 \text{ м/с}$ ;  $\lambda = 0.02$ .

Коефіцієнти місцевих опорів визначаються за посібником [22]:

$$H = 1,2 \cdot 10^2 \cdot /2 \cdot (0,02 \cdot 48 \cdot 0,3 + 3,0 + 4 \cdot 0,15 + 17 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,175) = 366,78 \text{ Па.}$$

Приймаємо один вентилятор Ц 4-70 № 3 продуктивністю 3300  $m^3/год$ .

Визначимо значення потужності приводного двигуна за формулою [22]:

$$P_{розр.} = Q_в \cdot H / (3,6 \cdot \eta_y \cdot \eta_n) \quad (2.4)$$

де  $Q_в$  – подача вентилятора,  $м^3/год$ ;

$H$  – розрахунковий тиск,  $Па$ ;  $\eta_y$  – ККД вентилятора;

$\eta_n$  – ККД приводу.

$$P_{розр.} = 3300 \cdot 3,67 \cdot 10^{-4} / (3,6 \cdot 0,6 \cdot 1,0) = 0,56 \text{ кВт}$$

Приймаємо приводний двигун 4А71В4У3 потужністю 0,75 кВт;

$\cos \phi = 0,73$ ; ККД = 72%;  $K_I = 4,5$ .

Реальний повітрообмін буде становити 3300  $м^3/год$ .

Проведення розрахунку та вибору електрообладнання системи опалення.

Скориставшись рівнянням теплового балансу, визначимо необхідну продуктивність системи опалення [23]:

$$Q_{ену} = Q_{огр} + Q_{вент} \quad (2.5)$$

де  $Q_{огр}$  – величина втрат теплоти зовнішніми огороженнями ( $кДж/год$ );

$Q_{вент}$  – величина втрат теплоти внаслідок вентиляції ( $кДж/год$ ).

$$Q_{огр} = q \cdot (t_в - t_з) \quad (2.6)$$

де  $q$  – значення питомої теплової характеристика будівлі ( $Вт/м^3 \cdot К$ ).

$$Q_{огр} = 0,5 \cdot 1008 \cdot (17 + 18) = 17,64 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти через вентиляцію:

$$Q_{вент} = \rho \cdot C \cdot L_p \cdot (t_в - t_з). \quad (2.7)$$

де  $\rho$  – густина повітря ;

$C$  – значення теплоємності повітря;

$L_p$  – величина реального повітрообміну.

$$Q_{вент} = 1,147 \cdot 1 \cdot 3300 \cdot (17 + 18) = 132478,50 \text{ кДж} = 36,80 \text{ кВт.}$$

Електрична нагрівальна установка буде мати таку продуктивність:

$$Q_{ену} = 17,64 + 36,80 = 54,44 \text{ кВт.}$$

Необхідна потужність електронагрівальної установки:

$$P_{\text{ену}} = Q_{\text{ену}} / \eta, \quad (2.8)$$

де  $\eta$  - КПД електрокалорифера.

$$P_{\text{ену}} = 54,44 / 1 = 54,44 \text{ кВт}.$$

Приймаємо до встановлення електрокалорифер серії СФОЦ-60 потужністю 67,9 кВт (встановлена потужність 69 кВт).

#### 2.4 Розрахунок електроустановок систем електричного освітлення

Вибір джерел світла. В якості джерела світла освітлювальної установки молочного блоку можуть бути застосовані лампи розжарювання (ЛР) і люмінесцентні лампи (ЛЛ). Слід зазначити, що люмінесцентні лампи, володіють рядом переваг перед ЛР - у них вища світлова віддача, більший термін служби. Однак ЛЛ не рекомендується застосовувати в освітлювальній установці у випадку, якщо значення нормованої освітленості в приміщенні менше 30 лк.

Для приміщень 5, 7, 9, 11, 12, 14 в якості джерела світла приймаємо люмінесцентні лампи, для інших приміщень – лампи розжарювання. Для освітлення всіх приміщень приймаємо загальне рівномірне освітлення і для всіх приміщень приймаємо робоче освітлення.

Значення нормованої освітленості встановлюється в залежності від характеру зорової роботи, розмірів об'єкта ідентифікації, фону і контрасту з ним, виду і системи освітлення, типу джерел світла.

Відповідно до норм освітленості, приведених в [24], приймаємо освітленість робочих поверхонь приміщень і заносимо в табл. 2.2.

Коефіцієнт запасу вводиться при розрахунку освітлювальної установки для компенсації зменшення світлового потоку джерел світла в процесі експлуатації. Значення коефіцієнта запасу приймається по галузевих нормах у залежності від умов середовища в освітлюваному приміщенні і типу застосовуваних джерел світла. Для приміщень 5, 7, 9, 11, 12, 14 згідно [24] приймаємо коефіцієнт запасу  $K_3 = 1,5$ , для інших приміщень приймаємо теж  $K_3 = 1,5$ .

Таблиця 2.2 - Значення нормованої освітленості

№ п/п	Найменування приміщення	Висота робочої поверхні, м	$E_n$ , лк
1	Вентиляційна камера	0	30
2	Компресорна	0	30
3	Вакуум насосна	0	50
4	Електрощитова	0,7	150
5	Приміщення для збереження і ремонту устаткування	1,0	150
6	Коридор	0	30
7	Молочна	1,0	100
8	Приміщення для миючих засобів	0	30
9	Лабораторія	0,7	200
10	Санвузол	0	30
11	Мийна кімната	0,3	100
12	Лабораторія для штучного запліднення	0,7	200
13	Гамбур	0	30
14	Кімната персоналу	0,5	150

Враховуючи характеристики оточуючого довкілля, умови щодо характеру світлового розподілу, висоту підвісу світильників виконуємо вибір типу світильників.

Світильники з люмінесцентними лампами серії ЛСП-18 встановлюємо в приміщеннях №№ 5, 7, 9, 11 і підвішуємо їх на висоті 2,5 м. Люмінесцентні світильники серії ЛСП-13 встановлюємо в приміщеннях №№ 12, 14 і підвішуємо їх на тій же висоті. В інших приміщення встановлюємо світильники з лампами розжарювання серії НСП-11, а входи освітлюємо світильниками серії ППР-100 з висотою підвісу 3 м.

Визначення освітлення молочного блоку. Розрахунок освітлення молочного блоку виконаємо за допомогою методу коефіцієнта використання [24].

Спочатку розрахуємо необхідний загальний світловий потік світильників:

$$\Phi_{л} = \frac{E_n K_z S z}{U_{oy}}, \quad (2.9)$$

де  $E_n$  – величина нормованої освітленості (лк);

$K_3$  – значення коефіцієнта запасу;

$S$  – величина площа будівлі ( $m^2$ );

$z$  – значення коефіцієнта найменшої освітленості;

$U_{oy}$  – значення коефіцієнта використання.

За посібником [24] приймаємо значення  $z$  рівним 1,15.

Значення коефіцієнта використання має залежити від типів світильників, індексу приміщення та величини коефіцієнта відбиття світлового потоку,.

Встановлюємо коефіцієнт відбиття стелі 50%, стін - 30%, підлоги - 10%.

Визначаємо індекс приміщення за наступною формулою:

$$i = \frac{S}{h_p (A + B)}, \quad (2.10)$$

де  $S$  – величина площі будівлі ( $m^2$ );

$h_p$  – значення висоти підвішування світильників ( $m$ );

$A, B$  – значення геометричних розмірів будівлі ( $m$ ).

$$i = 78,54 / (2,5 \cdot (13,8 + 5,7)) = 1,61.$$

За посібником [24] приймаємо  $U_{oy} = 69 \%$ .

В результаті отримуємо наступне значення світлового потоку лампи:

$$\Phi = \frac{100 \cdot 1,5 \cdot 78,54 \cdot 1,15}{0,69} = 19635,00 \text{ лм.}$$

Приймаємо 8 світильників ЛСП 18-36 з лампами ЛДЦ-36 потужністю по 36 Вт, зі світловим потоком по 3050 лм, сумарний світловий потік складе 24400 лм.

Розрахунок освітлення допоміжних приміщень. Розрахунок освітлення допоміжних приміщень виконуємо з використанням методу питомої потужності [24]. Сумарну потужність ламп у приміщенні знайдемо за формулою:

$$P = P_{\text{пит}} \cdot S \quad (2.11)$$

де  $P_{\text{пит}}$  – питома потужність освітлювальної установки, Вт/ $m^2$ ;

$S$  – площа приміщення,  $m^2$ .

Від типу кривої сили світла світильників, від значення нормованої освітленості, від величини коефіцієнтів запасу та мінімальної освітленості, від значення коефіцієнта відбиття огорожувальної поверхні приміщення, його розрахункової та площі приміщення визначають залежність питомої потужності освітлювальної установки. Тому в більшості випадків значення питомої потужності освітлювальних установок визначають за довідником.

На прикладі приміщення №1 проведемо розрахунок освітлення. Враховуючи площу приміщення розміром  $22,02 \text{ м}^2$ , робочу висоту підвішування світильника  $2,5 \text{ м}$ , для світильника типу НСП11 значення питомої потужності буде становити  $6,15 \text{ Вт/м}^2$ . Розрахуємо загальну потужність ламп у приміщенні:

$$P = 6,15 \times 22,02 = 135,42 \text{ Вт}$$

До встановлення у приміщенні беремо 2 світильники, а потужність ламп кожного світильника буде становити:

$$P_{\text{л}} = P/n = 135,42 / 2 = 67,71 \text{ Вт.}$$

Приймаємо до використання лампу серії БК 215-225-75, яка має номінальну потужність  $75 \text{ Вт}$  і світловий потік  $1000 \text{ лм}$ .

Отримані розрахункові дані освітлення заносимо у світлотехнічну відомість, яка представлена табл. 2.3

Аналогічно здійснюємо виконання розрахунку освітлення інших приміщень, а отримані результати заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.3 - Світлотехнічна відомість

№	Найменування приміщення	Площа $m^2$	Висота підвісу світильників $m$	Коефіцієнти відбиття			Вид освітлення	Система освітлення	Норма освітлення $лк$	Коефіцієнт запасу	Світильник		Лампа		Загальна потужність установки $кВт$	Питома потужність установки $\frac{Вт}{m^2}$
				стелі	стін	підлоги					ТИП	К-ТЬ	ТИП	Потуж.		
1	Вент. камера	22,02	2,5	50	30	10	Робоче освітлення	Загальне рівномірне освітлення	30	1,3	НСП 11-100	2	БК 215-225-75	75	0,15	6,81
2	Компресорна	24,86	2,5	50	30	10			30	1,3	НСП 11-100	2	БК 215-225-75	75	0,15	6,03
3	Вакуум-насосна	10,83	2,5	50	30	10			50	1,3	НСП 11-100	2	БК 215-225-75	75	0,15	13,85
4	Електрощитова	10,90	2,5	50	30	10			150	1,5	ЛСП 18 - 2x40	1	ЛБ 40	40	0,08	7,34
5	Приміщення для зберігання і ремонту обладнання	23,44	2,5	50	30	10			150	1,5	ЛСП 18 - 2x40	2	ЛБ 40	40	0,16	6,83
6	Коридор	43,71	2,5	50	30	10			30	1,3	НСП 11-100	7	БК 215-225-40	40	0,28	6,41
7	Молочна	78,54	2,5	50	30	10			100	1,5	ЛСП 18-36	8	ЛДЦ 36	36	0,29	3,69
8	Приміщення для мюючих засобів	7,85	2,5	50	30	10			30	1,3	НСП 11-100	1	БК 215-225-60	60	0,06	7,64
9	Лабораторія	6,55	2,5	50	30	10			200	1,5	ЛСП 18 - 2x40	1	ЛБ 40	40	0,08	12,21
10	Санвузол	4,15	2,5	50	30	10			30	1,3	НСП 11-100	1	БК 215-225-40	40	0,04	9,64
11	Мийна кімната	5,00	2,5	50	30	10			100	1,5	ЛСП 18 - 36	1	ЛДЦ 36	36	0,036	7,20
12	Лабораторія для штучного запліднення	7,86	2,5	50	30	10			200	1,5	ЛСП 13 - 2x40	1	ЛБ 40	40	0,08	10,18
13	Тамбур	2	2,5	50	30	10			30	1,3	НСП 11-100	1	БК 215-225-40	40	0,04	20,0
14	Кімната персоналу	12,17	2,5	50	30	10			150	1,5	ЛСП 13-36	3	ЛДЦ 36	36	0,11	9,04
	Освітлення входів		3							1	ПНР 100	100	0,10			

 **$\Sigma P = 1,65 \text{ кВт}$**

Таблиця 2.4 - Результати світлотехнічних розрахунків

№ п/п	Найменування приміщення	S, м <sup>2</sup>	E <sub>н</sub> , лк	P <sub>пвт</sub> , Вт/м <sup>2</sup>	P <sub>св</sub> , Вт	Тип світильника	В
1	Вентиляційна камера	22,02	30	6,15	75	НСП 11-100	2
2	Компресорна	24,86	30	6,15	75	НСП 11-100	2
3	Вакуум-насосна	10,83	50	12,70	75	НСП 11-100	2
4	Електрощитова	10,90	150	7,5	40	ЛСП 18 – 2x40	1
5	Приміщення для збереження і ремонту устаткування	23,44	150	6,30	40	ЛСП 18 – 2x40	2
6	Коридор	43,71	30	6,09	40	НСП 11-100	7
8	Приміщення для мнючих засобів	7,85	30	7,29	60	НСП 11-100	1
9	Лабораторія	6,55	200	10	40	ЛСП 18 – 2x40	1
10	Санвузол	4,15	30	6,90	40	НСП 11-100	1
11	Мийна кімната	5,00	100	5,0	36	ЛСП 18 –36	1
12	Лабораторія для штучного запліднення	7,86	200	10	40	ЛСП 13 – 2x40	1
13	Тамбур	2	30	6,90	40	НСП 11-100	1
14	Кімната персоналу	12,17	150	7,5	36	ЛСП 13-36	3

## 2.5 Висновки до розділу 2

1. Розглянуто характеристика та проведено аналіз об'єкта проектування, у результаті якого в якості основної технології приймаємо спосіб доїння в молокопровід як найбільш прогресивний.

2. Виконано вибір електрифікованого технологічного устаткування, зокрема, вакуумний і молочний насос, охолоджувач молока і джерело холоду для охолоджувача, сепаратор, пастеризатор, водяний насос та електроводонагрівач

3. Виконано розрахунок електроустановок систем вентиляції та опалення, в результаті якого вибрано приточну систему вентиляції з підігрівом повітря електрокалорифером у холодний період.

4. Виконано розрахунок електроустановок систем електричного освітлення і в якості джерела світла освітлювальної установки молочного блоку пропонується застосувати лампи розжарювання і люмінесцентні лампи.

## 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Розробка системи електропостачання об'єкта

Виконаємо визначення величини потужності електричних приймачів за формулою [25]:

$$P_p = k_3 \times P_n \quad (3.1)$$

де  $k_3$  – значення коефіцієнта завантаження;

$P_n$  – величина номінальної потужності електричного приймача (*кВт*).

Для визначення розрахункового навантаження молочного блоку було побудовано графік навантажень (табл. 3.1). Так як найбільше навантаження триває біля 30 хвилин, то за значення розрахункової потужності приймаємо значення потужності найбільшого навантаження:

$$P_{\text{розр.}} = P_{\text{макс}} = 91,64 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт потужності визначаємо за таблицями підручника [26], виходячи з співвідношення  $P_T / \sum P$  ( $P_T$  – величина загальної потужності електронагрівальних установок):

$$P_T / \sum P = 0,73; \quad \cos \varphi = 0,96.$$

Значення повної потужності:

$$S = P_p / \cos \varphi = 91,64 / 0,96 = 95,46 \text{ кВа}$$

Значення реактивної потужності:

$$Q = P_p \times \text{tg } \varphi = 91,64 \times 0,29 = 26,58 \text{ кВАр}$$

Так як значення коефіцієнта потужності є більшим за нормоване значення (0,92-0,95), то реактивну потужність компенсувати не потрібно.

Визначення електричних навантажень мережі напругою 0,38 кВ. Розрахунок загального електронавантаження в лініях напругою 0,38 кВ будемо здійснювати, починаючи з найвіддаленішої ділянки від трансформаторної підстанції.

Таблиця 3.1 - Визначення розрахункової потужності молочного блоку

Найменування електрообладнання	$P_{\text{нр}}$ , кВт	$K_{\text{з}}$	$P_{\text{р}}$ , кВт	6 год.	7 год.	8 год.	9 год.	10 год.	11 год.
Вакуумний насос, 2 шт.	6,0	0,7	4,2	█	█				
Молочний насос	1,1	0,7	0,77	█	█				
Сепаратор	1,5	0,8	1,2	█	█				
Охолоджувач молока ТО2, 3 шт.	2,4	0,8	1,92	█	█	█			
Холодильний агрегат, 2 шт.	15,1	0,7	10,6	█	█	█			
Водяний насос	1,1	0,7	0,77		█				
Пастеризатор	1,5	0,8	1,2				█	█	
Електроводонагрівач ВЕТ-400, 2 шт	21	1,0	21				█	█	
Вентиляція	0,75	0,8	0,60	█	█	█	█	█	█
Опалення	69	1,0	69	█	█	█	█	█	█
Освітлення	3,35	1,0	3,35	█	█	█	█	█	█
$P_{\text{р}}$ , кВт $P_{\text{макс}} = 91,64 \text{ кВт}$									

Якщо маємо випадок, коли величина навантажень споживачів різняться менше 4 раз, то розрахунок можна виконати за формулою:

$$P_{\text{діл}} = \kappa_0 \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad (3.2)$$

де  $\kappa_0$  – значення коефіцієнта одночасності.

У іншому випадку додавання значень навантажень здійснюємо шляхом додавання до більшого навантаження:

$$P_{(\text{д,в})\text{діл}} = P_{(\text{д,в})\text{макс}} + \sum_{i=1}^{n-1} \Delta P_{(\text{д,в})i}, \quad (3.3)$$

де  $P_{(\text{д,в})\text{макс}}$  – значення найбільшого (денного або вечірнього) активного навантаження на вході споживача розрахункової ділянки ( $\text{кВт}$ );

$\Delta P_{(\text{д,в})}$  – додаткові навантаження [25].

Значення коефіцієнтів потужності і реактивної потужності розрахункової ділянки (денний і вечірній максимуми) навантаження знаходимо з виразів:

$$\cos\phi_{\text{діл.св}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \cos\phi_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (3.4)$$

$$\text{tg}\phi_{\text{діл.св}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \text{tg}\phi_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (3.5)$$

де  $\cos\phi_i$ ,  $\text{tg}\phi_i$  – величини коефіцієнтів потужності і реактивної потужності споживачів на розрахунковій ділянці.

Отримані дані виконаних розрахунків електричних навантажень у мережах напругою 0,38 кВ представлені в табл. 3.2.

Проведення вибору силового трансформатора і комплектної трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ. Силовий трансформатор вибираємо за умовою [25]:

$$S_{\text{ен}} \leq S_p \leq S_{\text{ев}}, \quad (3.6)$$

де  $S_{\text{ен}}$  і  $S_{\text{ев}}$  – нижній і верхній економічний інтервал навантаження трансформатора ( $\text{кВА}$ );

$S_p$  – значення розрахункової потужності ТП ( $\text{кВА}$ ).

Таблиця 3.2 - Навантаження ділянок ліній 0.38 кВ

№ ліній ділянки	Р <sub>діл</sub> кВт	Сos φ	tg φ	Q <sub>діл</sub> кВА	S <sub>діл</sub> кВА
Лінія 1					
16-23	8,50	0,88	0,54	4,59	9,66
23-22	9,00	0,88	0,54	4,86	10,23
22-21	11,70	0,87	0,57	6,67	13,45
21-А	15,90	0,88	0,54	8,59	18,07
19-18	41,00	0,85	0,62	25,42	48,24
18-17	115,29	0,84	0,65	74,94	137,25
17-А	121,12	0,84	0,65	78,73	144,19
А-20	130,92	0,85	0,62	81,17	154,02
20-ТП	132,12	0,84	0,65	85,88	157,29
Лінія 2					
фідер	84,32	0,85	0,62	52,28	99,20
Лінія 3					
фідер	39,76	0,84	0,65	25,84	47,33
шини ТП	217,77	0,84	0,65	141,55	258,24

Знаходимо розрахункову потужність трансформаторної підстанції за наступною формулою:

$$S_p = k_{рн} \cdot S_{тр макс} \quad (3.7)$$

де  $k_{рн}$  – величина коефіцієнта росту навантаження.

$$S_p = 1,3 \cdot 258,24 = 335,71 \text{ кВа.}$$

За економічними інтервалами навантажень вибираємо 2 силових трансформатори потужністю по 160,0 кВА кожен. Виконаємо перевірку вибраного трансформатора за періодично допустимим перевантаженням в номінальному режимі і післяаварійному режимі за такими формулами [26]:

$$S_p \leq S_{тр макс} , \quad (3.8)$$

$$S_p < S_{тр ном} \cdot k_{ном А}, \quad (3.9)$$

де  $S_{тр макс}$  – значення періодичного перевантаження трансформатора (кВА);

$k_{ном А}$  – значення коефіцієнта прийнятих післяаварійних перевантажень силового трансформатора.

$$258,24 < 416 \Rightarrow 258,24 < 1,48 \cdot 320 = 473,60.$$

Бачимо, що мови виконуються, отже вибір виконано правильно.

Проведення розрахунку мережі напругою 0,38 кВ. За методом найменших втрат виконаємо розрахунок електромережі 0,38 кВ з подальшою перевіркою на втрату напруги [27].

Виконаємо також вибір за таблицями інтервалів економічних навантажень марку і перетин проводів за найменшими приведеними втратами. За основу вибору скористаємося розрахунковою еквівалентною потужністю на ділянках мережі згідно формули:

$$S_{e \text{ діл}} = k_{\partial} \cdot S_{\text{діл}} \quad (3.10)$$

де  $k_{\partial}$  – значення коефіцієнта, що показує динаміку зростання навантажень;  
 $S_{\text{діл}}$  – величина повної потужності найбільшого навантаження (кВА).

Вибираємо силовий провід за максимальним значенням.

Отримані результати проведених розрахунків заносимо в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Вибір проводів по ділянках ліній 0,38 кВ

№ лінії	Потужність S, кВАр	Cos φ	Se кВА	Дов-на діл., м	Марка і перетин проводу	Втрата напруги, %	
						по ділянці	від початку
16-23	9,66	0,88	6,76	237	A 25	0,92	5,21
23-22	10,23	0,88	7,16	30	A 35	0,12	4,29
22-21	13,45	0,87	9,42	40	A 35	0,22	4,17
21-A	18,07	0,88	12,65	30	A 35	0,22	3,96
19-18	48,24	0,85	33,77	25	A 50	0,48	9,33
18-17	137,25	0,84	96,08	30	A 50	1,65	8,85
17-A	144,19	0,84	100,93	60	A 50	3,46	7,20
A-20	154,02	0,85	107,81	30	A 50	1,85	3,74
20-ПІ	157,29	0,84	110,10	30	A 50	1,89	1,89

На ділянках електричних ліній визначаємо втрати напруги за формулою:

$$\Delta U = \Delta U_{\text{нум}} \cdot \frac{S_{e \text{ діл}}}{0,7} \cdot l_{\text{діл}} \quad (3.11)$$

де  $\Delta U_{\text{нум}}$  – величина питомої втрати напруги (%/кВа·км);

$l_{\text{діл}}$  – значення довжини ділянки (км).

Питому втрату напруги можна визначити графічно за таблицями [27] і вона залежить від коефіцієнта потужності та перетину силового проводу.

Отримані дані проведених розрахунків зафіксовано в табл. 3.3.

### 3.2 Електропроводки освітлювальних і внутрішніх силових мереж

В процесі вибору проводок необхідно дотримуватися умови їх відповідності навколишньому середовищу та архітектурним властивостям приміщення. Під час вибору проводок також потрібно брати до уваги захищеність людей від ураження електрострумом, пожежну і вибухову безпеку, надійність і зручність в обслуговуванні та експлуатації [28].

Для освітлювальних електромереж площу перетину силового провідника вибирають за довготривалим допустимим струмом, для силових електромереж – за допустимим значенням втрати напруги.

Розрахункові і максимальні струми електричних приймачів. Величина номінального струму електричного приймача розраховується за формулою [27]:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cos \varphi \cdot \eta} \quad (3.12)$$

де  $P_n$  - значення номінальної потужності електроприймача ( $\text{kBm}$ );

$U_n$  - величина номінальної напруги електромережі ( $\text{B}$ ).

Визначимо розрахунковий струм для електроприймача за формулою:

$$I_{\text{розр}} = K_3 \times I_n, \quad (3.13)$$

де  $K_3$  - значення коефіцієнта завантаження електроприймача;

$I_n$  – значення номінального струму електроприймача ( $\text{A}$ ).

Визначимо розрахунковий струм для групи електроприймачів:

$$I_p = K_o \sum K_3 \times I_n \quad (3.14)$$

де  $K_o$  - значення коефіцієнта одночасності.

Значення найбільшого струму одного електричного приймача:

$$I_{\text{маск}} = I_{\text{пуск}} = \lambda_n \times I_n, \quad (3.15)$$

де  $\lambda_n$  – значення кратності пускового струму.

Значення найбільшого струму для групи електроприймачів:

$$I_{\text{макс гр}} = I_{\text{пуск найб}} + K_o \sum K_3 \times I_n \quad (3.16)$$

Виконаємо розрахунок типових струмів для 1-ї групи ЩС1: вентилятор серії Ц 4-70, приводний двигун типу 4А71В4У3 (потужність 0,75 кВт, к.к.д. 72%,  $\cos \phi = 0,73$ ,  $K_I = 4,5$ ).

$$I_n = \frac{750}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,73 \cdot 0,72} = 2,17 \text{ А}$$

Коефіцієнт завантаження можна прийняти рівним 0,7 [27]:

$$I_p = 2,17 \cdot 0,7 = 1,52 \text{ А}; \quad I_{\max} = 2,17 \cdot 4,5 = 9,77 \text{ А}.$$

Для інших груп таким самим чином проведемо розрахунок типових струмів, а отримані результати заносимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунку характерних струмів силової мережі

№ за планом	№ групи	Електроприймач	$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	$K_z$	$I_p$ , А	$\lambda_n$	$I_{\max}$ , А
		<b>ЩС1</b>						
1	1	Ц4-70	0,75	2,17	0,7	1,52	4,5	9,77
2	2	СФОЦ 60	67,9	102,88	1,0	102,88	1,0	102,88
		<b>ЩС2</b>						
3	1	МХУ 8	7,55	17,87	0,7	12,51	7,0*	84,97
4	2	МХУ 8	7,55	17,87	0,7	12,51	7,0*	84,97
		<b>ШАУ1, ШАУ2</b>						
5, 6	1	УВУ 60/45	3,0	6,68	0,7	4,68	6,5	43,41
		<b>ЩС3</b>						
	1	ШАУ1	3,0	6,68	0,7	4,68	6,5	43,41
	2	ШАУ2	3,0	6,68	0,7	4,68	6,5	43,41
		<b>ЩС4</b>						
	1	Водонагрівач	10,5	15,91	1,0	15,91	1,0	15,91
8	2	ТО 2	0,80	1,95	0,8	1,56	5,0*	9,77
9	3	ТО 2	0,80	1,95	0,8	1,56	5,0*	9,77
10	4	ТО 2	0,80	1,95	0,8	1,56	5,0*	9,77
		<b>ЩС5</b>						
11	1	ОПД 1М	1,5	3,56	0,8	2,84	5,0	17,78
12	2	2К-20/18	1,5	3,56	0,8	2,84	5,0	17,78
13	3	НМУ 6	1,1	2,47	0,7	1,73	5,5	13,59
14		ОМ1	1,5	3,56	0,8	2,84	5,0	17,78
15		Водонагрівач	10,5	15,91	1,0	15,91	1,0	15,91
		<b>ЩВ</b>						
	1	ЩС1	68,40			104,10		112,65
	2	ЩС2	12,84			21,27		97,48
	3	ЩС3	5,10			7,96		48,09
	4	ЩС4	10,32			16,47		19,65
	5	ЩС5	12,88			20,93		37,60
	6	ЩО1	3,35			5,08		5,08
	Ввід		90,31			140,64		170,01

У табл. 3.4 символом \* позначено значення кратності пускового струму двигуна, що має великий пусковий струмом для електричного приймача з кількома електродвигунами. Для цих електричних приймачів розрахунок пускового струму здійснено за формулою (3.16).

Проведення розрахунку і вибору силових проводів мережі. За умовою нагрівання вибір перетину дротів для силової мережі проведемо за формулою:

$$I_{\text{д доп}} \geq I_p \quad (3.17)$$

Для інших груп таким самим чином здійснимо вибір перетину проводів, а отримані результати заносимо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Вибір проводів силової мережі

№ групи	Електроприймач	$I_p$ , А	Марка і перетин проводу, мм <sup>2</sup>	$I_{\text{д доп}}$ , А	Спосіб проклад.
	<b><u>ЩС1</u></b>				
1	Ц4-70	1,52	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
2	СФОЦ 60	102,88	АПВ 3х50+1х35	130	т-40
	<b><u>ЩС2</u></b>				
1	МХУ 8	12,51	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
2	МХУ 8	12,51	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
	<b><u>ШАУ1, ШАУ2</u></b>				
1	УВУ 60/45	4,68	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
	<b><u>ЩС3</u></b>				
1	ШАУ1	4,68	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
2	ШАУ2	4,68	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
	<b><u>ЩС4</u></b>				
1	Водонагрівач	15,91	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
2	ТЕ 2	1,56	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
3	ТЕ 2	1,56	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
4	ТЕ 2	1,56	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
	<b><u>ЩС5</u></b>				
1	ОПД 1М	2,84	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
2	2ДО-20/18	2,84	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
3	НМУ 6	1,73	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
	ОМ1	2,84	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
	Водонагрівач	15,91	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
	<b><u>ЩВ</u></b>				
1	<b><u>ЩС1</u></b>	104,10	АПВ 3х50+1х35	130	т-40
2	<b><u>ЩС2</u></b>	21,27	АПВ 4 х 10	39	т-25
3	<b><u>ЩС3</u></b>	7,96	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
4	<b><u>ЩС4</u></b>	16,47	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
5	<b><u>ЩС5</u></b>	20,93	АПВ 4 х 4	23	т-20
6	<b><u>ЩО1</u></b>	5,08	АПВ 4 х 2,5	19	т-20
Ввід		140,64	АПВ 3х70+1х35	165	<b><u>СК</u></b>

Виберемо провід для групи №1 ЩС 1. Для проводки використаємо прокладений в підлозі у металевих трубах провід серії АПВ.

$$I_p = 1,52 \text{ A (вибираємо провід серії АПВ } 4 \times 2,5 \text{ з } I_{\text{д. доп.}} = 19 \text{ A)}.$$

$$I_{\text{д. доп.}} = 19 \text{ A} \geq 1,52 \text{ A} - \text{ умова виконується, вибір виконано правильно.}$$

Проведення розрахунку і вибору проводів мережі освітлення. Для мережі освітлення вибір проводів здійснюємо за довготривалим допустимим струмом та за допустимою втратою напруги [27].

Розподілимо освітлювальне навантаження молочного блоку на 3 групи, кожна група підключається до окремої фази мережі живлення.

До групи № 1 відносяться світильники і штепсельні розетки приміщень №№ 1, 2, 3, 4, 5. Загальна їх потужність рівна 1,19 *кВт*, а розрахунковий струм становить 5,41 *А*.

До групи № 2 відносяться світильники і штепсельні розетки приміщень №№ 6, 7. Загальна їх потужність рівна 1,07 *кВт*, а розрахунковий струм становить 4,86 *А*.

До групи № 3 відносяться світильники і штепсельні розетки приміщень №№ 8, 9, 9, 10, 11, 12, 13, 14. Загальна їх потужність рівна 1,09 *кВт* а розрахунковий струм становить 4,95 *А*.

Для всіх трьох груп вибираємо провід марки АППВ 2x2.5, який буде прокладено під штукатуркою приховано. Значення довготривалого допустимого струму становить 20 *А*. Виконаємо перевірку вибраного проводу за допустимою втратою напруги (2,5%).

### **3.3 Умови розрахунку і вибору пускозахисного обладнання**

У випадку виникнення струму короткого замикання або перевантаження для захисту електромереж будемо використовувати автоматичні вимикачі, зокрема, у кваліфікаційній роботі використаємо автоматичні повітряні вимикачі серії ВА для захисту електричних приймачів.

Для вибору автоматичних вимикачів скористаємося наступною умовою:

$$I_{\text{на}} \geq I_p \quad (3.18)$$

де  $I_{на}$ ,  $I_p$  – величина номінального струму автоматичного вимикача і розрахункового струму електричного приймача (А).

$$I_{mp} \geq k_{mp} \times I_p \quad (3.19)$$

де  $I_{mp}$  – величина струму вставки теплового розмикача (А);

$k_{mp}$  – значення коефіцієнта надійності [25].

$$I_{emp} \geq k_{emp} \times I_{макс} \quad (3.20)$$

де  $I_{emp}$  – значення струму спрацьовування електромагнітного розмикача (А);

$k_{emp}$  – значення коефіцієнт надійності [5].

$I_{макс}$  – величина найбільшого струму електричного приймача (А).

Виконаємо вибір пускозахисного обладнання для групи №1 ЩС1 – електро-вентилятор Ц 4-70 ( $I_p = 1,52$  А;  $I_{макс} = 9,77$  А;  $I_{на} \geq 1,52$  А;  $I_{тр} \geq 1,25 \cdot 1,52 = 1,90$  А;  $I_{emp} \geq 1,5 \cdot 9,77 = 14,66$  А).

Вибираєм автоматичний вимикач серії ВА 51М-25 з такими параметрами:  $I_n = 25$  А;  $I_{тр} = 2,0$  А;  $K_I = 10$ ;  $I_{emp} = 20$  А. Аналогічно виконуємо розрахунок і вибір пускозахисного обладнання інших груп, а отримані результати заносимо в табл. 3.6.

Виконання перевірки проводів на узгодження з пускозахисним обладнанням. Під дією аварійних струмів на протязі деякого часу (коротке замикання, перевантаження) до спрацьовування захисного апарата виникає імовірність пошкодження проводки або устаткування перш ніж спрацює захисний апарат. Щоб виключити таку ситуацію, потрібно здійснити перевірку пускозахисного обладнання на узгодження з величиною довготривалого допустимого струму проводу. Для ліній захисту автоматичними вимикачами перетин проводу мають виконуватися наступні умови:

$$I_{тр}/I_{д доп} < 1,5; \quad I_{emp}/I_{д доп} < 4,5$$

де  $I_{тр}$  – значення струму теплового розмикача (А);

$I_{emp}$  – значення струму електромагнітного розмикача (А);

$I_{д доп}$  – величина довготривалого допустимого струм проводу (А).

Отримані дані перевірки приведені в табл. 3.7.

Таблиця 3.6 - Розрахунок і вибір пускозахисної апаратури

№ групи	$I_p, A$	$I_{max}, A$	Тип апарата	$I_n, A$	$I_{\Delta n}, A$	$K_t$	$I_{\Delta n}, A$	Пусковий апарат	$I_n, A$	$I_{\Delta n}, A$
<b>ЩС1 ПР 8501-1000-155</b>										
1	1,52	9,77	ВА 51М-25	25	2,0	10	20	-	-	-
2	102,88	102,88	ВА51-33	160	-	3	240	-	-	-
3	РЕЗЕРВ									
4										
<b>ЩС2 ПР 8501-1000-155</b>										
1	12,51	84,97	ВА 51М-31	100	16	10	160	-	-	-
2	12,51	84,97	ВА 51М-31	100	16	10	160	-	-	-
3	РЕЗЕРВ									
4										
<b>ШАУ1, ШАУ2</b>										
1	4,68	43,41	ВА 51-25	25	6,3	10	63	ПМЛ121002	10	5,0
<b>ЩС3 ПР 8501-1000-155</b>										
1	4,68	43,41	ВА 51-25	25	-	10	80	-	-	-
2	4,68	43,41	ВА 51-25	25	-	10	80	-	-	-
3	РЕЗЕРВ									
4										
<b>ЩС4 ПР 8501-1000-149</b>										
1	15,91	15,91	ВА 51М-31	100	-	3	30			
2	1,56	9,77	ВА 51М-25	25	2,0	10	20	ПМЛ121002	10	2,0
3	1,56	9,77	ВА 51М-25	25	2,0	10	20	ПМЛ121002	10	2,0
4	1,56	9,77	ВА 51М-25	25	2,0	10	20	ПМЛ121002	10	2,0
5	РЕЗЕРВ									
6										
<b>ЩС5 ПР 8501-1000-149</b>										
1	2,84	17,78	ВА 51М-25	25	4,0	7	28	ПМЛ121002	10	3,2
2	2,84	17,78	ВА 51М-25	25	4,0	7	28	ПМЛ121002	10	3,2
3	1,73	13,59	ВА 51М-25	25	2,5	10	25	ПМЛ121002	10	2,0
4	2,84	17,78	ВА 51М-25	25	4,0	7	28	ПМЛ121002	10	3,2
5	15,91	15,91	ВА 51М-31	100	-	3	30			
6	РЕЗЕРВ									
<b>ЩО1 ОПЗ УХЛ4</b>										
1	5,41	5,41	АЕ1000	25	6,3	10	63	-	-	-
2	4,86	4,86	АЕ1000	25	6,3	10	63	-	-	-
3	4,95	4,95	АЕ1000	25	6,3	10	63	-	-	-
<b>ЩВ1 ПР 8501-1000-091</b>										
1	104,10	112,65	ВА 51-31	100	-	3	300	-	-	-
2	21,27	97,48	ВА 51-31	100	-	7	150	-	-	-
3	7,96	48,09	ВА 51-31	100	-	7	70	-	-	-
4	16,47	19,65	ВА 51-31	100	-	3	60	-	-	-
5	20,93	37,60	ВА 51-31	100	-	3	75	-	-	-
6	5,08	5,08	ВА 51-31	100	-	3	30	-	-	-
7	РЕЗЕРВ									
8										
Ввід	140,64	170,01	ВА 51-39	630		3	1200			

Таблиця 3.7 - Перевірка пускозахисної апаратури на узгодження

№ групи	Електроприймач	$I_{вст. А}$	$I_{д. доп. А}$	$\frac{I_{вст.}}{I_{д. доп.}}$	Доп.	Умова
	<b>ЩС1</b>					
1	Ц4-70	2,0	19	0,11	1,5	Виконується
2	СФОЦ 60	240	130	1,85	4,5	Виконується
	<b>ЩС2</b>					
1	МХУ 8	16	19	0,84	1,5	Виконується
2	МХУ 8	16	19	0,84	1,5	Виконується
	<b>ШАУ1, ШАУ2</b>					
1	УВУ 60/45	6,3	19	0,33	1,5	Виконується
	<b>ЩС3</b>					
1	ШАУ1	80	19	4,21	4,5	Виконується
2	ШАУ2	80	19	4,21	4,5	Виконується
	<b>ЩС4</b>					
1	Водонагрівач	30	19	1,58	4,5	Виконується
2	ТЕ 2	2,0	19	0,11	1,5	Виконується
3	ТЕ 2	2,0	19	0,11	1,5	Виконується
4	ТЕ 2	2,0	19	0,11	1,5	Виконується
	<b>ЩС5</b>					
1	ОПД 1М	4,0	19	0,21	1,5	Виконується
2	2К-20/18	4,0	19	0,21	1,5	Виконується
3	НМУ 6	2,5	19	0,13	1,5	Виконується
4	ОМ1	4,0	19	0,21	1,5	Виконується
5	Водонагрівач	30	19	1,58	4,5	Виконується
	<b>ЩО1</b>					
1	Освітлення	6,3	20	0,32	1,5	Виконується
2	Освітлення	6,3	20	0,32	1,5	Виконується
3	Освітлення	6,3	20	0,32	1,5	Виконується
	<b>ЩВ</b>					
1	ЩС1	300	130	2,31	4,5	Виконується
2	ЩС2	150	39	3,85	4,5	Виконується
3	ЩС3	70	19	3,68	4,5	Виконується
4	ЩС4	60	19	3,16	4,5	Виконується
5	ЩС5	75	23	3,26	4,5	Виконується
6	ЩО1	30	19	1,58	4,5	Виконується

### 3.4 Перевірка апаратури захисту на автоматичне спрацювання

Проведення розрахунку струму короткого замикання. Для того, щоб виконати перевірку захисного обладнання на термічну стійкість, на динамічну стійкість, на чутливість та селективність, потрібно знайти значення струмів короткого замикання.

Для однофазного короткого замикання виконаємо розрахунок струму для найвіддаленішого електричного приймача.

Розрахуємо струм при однофазному короткому замиканні за формулою:

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{U_n}{\frac{Z_T}{3} + Z_{Л}}, \quad (3.21)$$

де  $Z_T$  - опір трансформатора при струмі короткого замикання ( $ОМ$ );

$Z_{Л}$  - величина опору електромережі живлення ( $ОМ$ ).

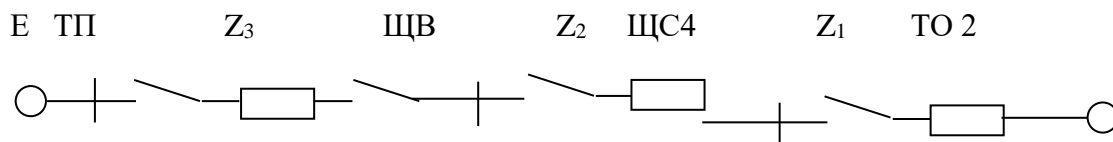
Найвіддаленішим електричним приймачем для розглянутого випадку є приймач №10 ТО 2 групи №4 ЩС4. Відстань від трансформаторної підстанції, що є джерелом електричної енергії, до електроприймача:

-  $l_1 = 7,0$  м, провід АПВ  $4,0 \times 2,5$  (відстань від резервуара ТО 2 до силового щита ЩС4);

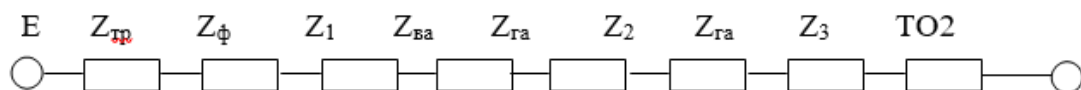
-  $l_2 = 24,0$  м, провід АПВ  $4,0 \times 2,5$  (відстань від силового щита ЩС4 до ввідного щита);

$l_3 = 100,0$  м, провід АС 120/19 (згідно завдання відстань від ввідного щита до трансформаторної підстанції приймаємо 0,1 км).

Вигляд еквівалентної однолінійної схеми електромережі.



Вигляд схеми заміщення.



В схемі присутні такі позначення:

$Z_{тр}$  – величина опору трансформатора трансформаторної підстанції струму однофазного короткого замикання (для ТМ100/10  $Z_{тр} = 0,225$   $ОМ$ , [25]);

$Z_{ф}$  – величина опору фідера (0,015  $ОМ$ , [25]);

$Z_{ва}$ ,  $Z_{га}$  – значення опори вхідного і групового автоматичних вимикачів (приймаємо 0,01  $ОМ$ ).

Опір мережі живлення обчислимо у вигляді суми опорів окремих ділянок мережі за формулою:

$$Z_{\text{Л}} = Z_{\text{ф}} + Z_1 + Z_{\text{ва}} + Z_{\text{га}} + Z_2 + Z_{\text{га}} + Z_3. \quad (3.22)$$

Значення опору ділянок електромережі можна знайти за формулою:

$$Z_{\text{ex}} = l \cdot \sqrt{(r_{\text{ф}} + r_0)^2 + (x_{\text{ф}} + x_0)^2}, \quad (3.23)$$

де  $l$  - значення довжини ділянки (км);

$r_{\text{ф}}, r_0$  - питомі активні опори фазного і нульового проводів (Ом/км);

$x_{\text{ф}}, x_0$  - питомі індуктивні опори фазного і нульового проводів (Ом/км).

$$Z_1 = 0,007 \cdot \sqrt{(13,2 + 13,2)^2 + (0,1 + 0,1)^2} = 0,18 \text{ Ом}.$$

$$Z_2 = 0,024 \cdot \sqrt{(13,2 + 13,2)^2 + (0,1 + 0,1)^2} = 0,63 \text{ Ом}.$$

$$Z_3 = 0,100 \cdot \sqrt{(0,276 + 0,276)^2 + (0,26 + 0,26)^2} = 0,076 \text{ Ом}.$$

$$Z_{\text{Л}} = 0,015 + 0,76 + 0,01 + 0,01 + 0,63 + 0,01 + 0,18 = 1,62 \text{ Ом}.$$

$$I_{\text{КЗ}} = \frac{220}{0,225 + 1,62} = 119,57 \text{ А}.$$

Проведення перевірки на спрацьовування найближчого до місця короткого замикання захисного апарата.

Перевірку будемо виконувати за наступною умовою:

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} > I_{\text{К.ХВ.}}, \quad (3.24)$$

де  $I_{\text{КЗ}}^{(1)}$  - значення струму однофазного короткого замикання (А);

$I_{\text{К.ХВ.}}$  - найменший допустимий струм спрацьовування захисного апарата, що знаходиться найближче до точки короткого замикання (А).

Значення струму для захисного апарата з тепловим розмикачем:

$$I_{\text{кхв}} = k_{\text{н}} \cdot I_{\text{в}} \quad (3.25)$$

де  $k_{\text{н}}$  – значення коефіцієнта надійності;

$I_{\text{в}}$  – значення струму вставки захисного апарата (А).

Для теплового розмикача беремо значення приймаємо  $k_{\text{н}}$  рівним 3.

$$I_{\text{кхв}} = 3 \cdot 2,0 = 6 \text{ А} \Rightarrow 6 < 119,57 \text{ А.}$$

Бачимо, що умова виконується - розрахунок виконано правильно.

### 3.5 Система автоматичного керування вакуумним насосом

Процес доїння корів є самим трудомістким і важливим у молочному тваринництві. Недотримання будь яких правил доїння викликає зниження продуктивності тварин, супроводжується різними захворюваннями вимені корів [29].

Машинне доїння корів на даний час є основним способом цього технологічного процесу, оскільки дозволяє підвищити продуктивність роботи доярок, зменшити кількість обслуговуючого персоналу та покращити якість молока.

Ефективна робота доїльних апаратів в багатьох випадках залежить від використання вакуумних установок, що забезпечують доїльні апарати постійним вакуумом (рис. 3.1).

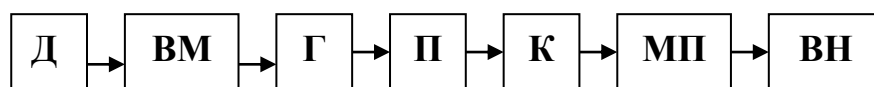


Рисунок 3.1 - Система автоматичного керування вакуумним насосом:

Д – датчик тиску; ВМ – вимірювальний міст; Г – генератор імпульсів;

П – підсилювач; К – ключ; МП – магнітний пускач; ВН – вакуумний насос

Приведена на рис. 3.1 структурна схема має в своєму складі датчик тиску Д (рис. 3.2), що складається з конденсатора змінної ємності, з'єднаного з вакуумним бачком гнучким шлангом, включеного в одне із пліч вимірювального моста ВМ. Якщо тиск у вакуумному бачку знижується нижче встановленого значення, то підвищується ємність конденсатора і змінюється баланс вимірю-

вального моста, починає функціонувати генератор імпульсів Г. Його імпульси підсилюються за допомогою підсилювача П і поступають на ключ К, який відключає магнітний пускач МП – в результаті зупиняється привід вакуумного насоса. В процесі використання вакууму з вакуумного бачка, буде підвищуватися у ньому тиск, зменшуватися ємність конденсатора, припинить роботу генератор імпульсів, а магнітний пускач ввімкне привід вакуумного насоса.

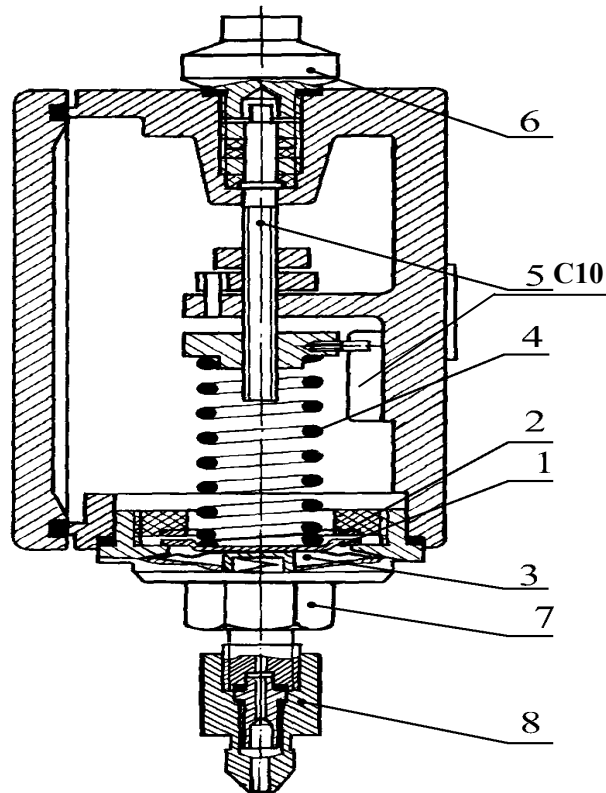


Рисунок 3.2 – Датчик тиску

Датчик тиску представляє в загальному випадку пружну систему, що має в своєму складі гофровану мембрану і підмембранну порожнину 3, рухоми тарілку 1, нерухоме кільце 2, впresоване в ізоляційну підставу й ізольоване від тарілки прокладкою зі слюди, спіральну пружину стиску 4, шпindelь 5, заглушку-ключа б для підведення тиску штуцера 7 і ніпель 8 (рис. 3.2).

Середовище контрольованого тиску попадає в підмембранну порожнину 3 і спричиняє прогин мембрани і переміщення вниз тарілки 1 відносно нерухомого кільця, яке впresоване в ізоляційну шайбу. Це викликає зміну відстані між тарілкою та рухомим кільцем. Система має в своєму складі змінний конденсатор С10, ємність якого збільшується при зниженні

тиску, а при збільшенні тиску - зменшується.

Пояснення роботи принципової схеми. До системи автоматичного керування вакуумним насосом входить конденсатор змінної ємності, який має в своєму складі датчик тиску С10, 2-каскадний підсилювач на транзисторах VT1 і VT2, складений за схемою з прямим зв'язком між каскадами, каскад на транзисторі VT3, який функціонує в режимі ключа та вихідний каскад на транзисторі VT4 з включеною обмоткою реле К1 у колекторне коло. Міст включено між входом і виходом підсилювача, а його плечами є змінна ємність конденсатора С10, конденсатор С5 та обмотки трансформатора Т 3–4 і 5–6 з однаковим числом витків.

Якщо сила залежності від значення тиску контрольованого середовища на поверхні мембрани є меншою за сили стиску пружини, то значення ємності конденсатора С9 буде найменшим і величина напруги зворотного зв'язку з виходу підсилювача на його вході за фазою рівна вхідній. Отримуємо позитивний зворотний зв'язок і виникає автоколивальний процес. У коло база-емітер транзистора VT3 поступає частина напруги з обмотки 7–8 трансформатора Т і він переходить в режим насичення. Колектор транзистора отримує майже нульовий потенціал, оскільки значення опору резистора R8 є дуже малим для відкриття транзистора VT4. Обмотка реле KV1 є знеструмленою, оскільки транзистор VT4 закритий. Ємність конденсатора С9 буде найбільшою, коли сила P1 перевищує силу P2 - отримуємо негативний зворотний зв'язок. Транзистор VT3 закриється, а потенціал на його колекторі стане приблизно  $-10\text{ В}$  і транзистор VT4 відкриється. Спрацьовує реле KV1, обмотка якого є навантаженням кінцевого каскаду, а його контакти замикають відповідні кола системи автоматики.

Конструктивно система автоматичного керування виконана у вигляді металевого ящика, на лицьовій стінці якого знаходяться кнопки ручного керування SB1, SB2 та перемикач для вибору режимів роботи: «*Ручний – Автоматичний*». На протилежній стінці розміщена друкована плата регулятора, датчик тиску, магнітні пускачі, автомати F1, F2 та теплове реле РТ1. При допомозі гнучкого шланга датчик тиску підключено до вакуумного бачка.

### 3.6 Дослідження оцінки надійності системи керування

*Надійність* представляє собою властивість об'єкта, що може зберігати в часі у встановлених межах величини всіх параметрів, що відображають можливість здійснювати задані функції в необхідних умовах і режимах використання, технічного нагляду, ремонту, утримання і транспортування [30].

Надійність становить складну комплексну властивістю і залежності від функції об'єкта та сукупності фактів його застосування утворюється з поєднання таких ознак як безвідмовність, довговічність, ремонтна здатність та збереження.

Інтенсивність відмов  $\lambda_0(t)$  складається із суми величин інтенсивності відмов всіх елементів, з яких складається досліджуваний об'єкт:

$$\lambda_0(t) = \lambda_1(t) + \lambda_2(t) + \dots + \lambda_n(t) \quad (3.26)$$

Якщо об'єкт складається із декількох груп подібних елементів, то найдоцільніше кожної із цих груп розрахувати інтенсивність відмов:

$$\lambda_0(t) = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^l n_i \lambda_i(t), \quad (3.27)$$

де  $k$  – кількість груп елементів;

$l$  – кількість елементів у групі.

За довідковими даними можна визначити інтенсивність відмов кожного із елементів.

Показник надійності автоматичних систем керування залежить від конкретних умов експлуатації. Такі умови можна приблизно врахувати за значенням експлуатаційного коефіцієнта  $a$ :

$$\lambda_e(t) = a \cdot \lambda_0(t) \quad (3.28)$$

де  $\lambda_e(t)$  – значення інтенсивності відмов об'єкта з урахуванням конкретних умов експлуатації;

$a$  – величина експлуатаційного коефіцієнта.

Експериментальним шляхом визначають орієнтовну ймовірність роботи без відмов експлуатованих об'єктів:

$$P(t) \approx \frac{N_0 - n(t)}{N_{cp}} \quad (3.29)$$

де  $N_0$  – кількість справно діючих об'єктів на початковій стадії експлуатації;

$n(t)$  – кількість об'єктів, що отримали відмову при експлуатації;

$N_{cp}$  – середня кількість справно діючих елементів за час  $t$ .

Експонентний закон розподілу представляє собою найбільш практичне значення для систем автоматизації і згідно цього закону розподілу для етапу нормальної експлуатації буде наступним:

$$P(t) = e^{-\lambda_e(t)t} \quad (3.30)$$

У всіх випадках згідно правил та вимог державних стандартів імовірність безвідмовної роботи сільськогосподарської техніки повинна становити не менше, ніж 0,8.

Значення напрацювання до відмови можна розрахувати за даними контрольованої експлуатації у вигляді середнього значення часу роботи об'єкта між відмовами за формулою:

$$T_0 \approx \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}, \quad (3.31)$$

де  $t_i$  - величина часу функціонування об'єкта між наступними відмовами.

Для аналітичного знаходження параметра  $T_0$  виходять з розрахунку напрацювання до відмови:

$$T_0 = \int_0^{\infty} P(t) dt \quad (3.32)$$

Під час нормального функціонування вважають, що  $\lambda(t) = const$ . Тоді напрацювання до відмови можна визначити за таким виразом:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_e(t)} \quad (3.33)$$

Використовуючи принципову схему і нормовані дані відмов, формуємо таблицю для елементів системи з інтенсивністю відмов (табл. 3.8).

Таблиця 3.8 - Нормована інтенсивність відмов елементів

<i>Найменування елемента</i>	<i>В, шт.</i>	<i>Інтенсив- ність відмов 10<sup>-6</sup></i>
Магнітний пускач	2	1,1
Перемикач	1	3,2
Автоматичний вимикач	2	1,5
Конденсатор	1	0,1
Реле тиску	1	3,2
Кнопка	2	6,4
Теплове реле	2	1,6
<i>Всього:</i>		<i>17,1</i>

Загальна інтенсивність відмов буде рівною:

$$\lambda(t) = 17,10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Якщо врахувати умови експлуатації, то отримаємо наступне значення:

$$\lambda_e(t) = 1 \cdot 17,10 \cdot 10^{-6} = 17,10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Отже, час напрацювання установки до відмови рівний:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_e(t)} = \frac{1}{17,10 \cdot 10^{-6}} = 58479,5 \text{ год}$$

Час безвідмовної роботи установки, що працює протягом 3 годин у день та 12 місяців у році, буде становити:

$$T = T_0/t_m = 58479.5 / 1095 = 53.40 \text{ років}$$

Отже, значення імовірності безвідмовної роботи буде рівне:

$$P(t) = e^{-\lambda_0(t)t_p} = e^{-17,10 \cdot 10^{-6} \cdot 1095} = 0,98$$

Отримане значення імовірності безвідмовної роботи більше нормованого значення (0,8).

### 3.7 Висновки до розділу 3

1. Розглянуто питання розробка системи електропостачання об'єкта, зокрема, для визначення розрахункового навантаження молочного блоку було побудовано графік навантажень.

2. Виконано вибір електричних проводів освітлювальних і внутрішніх силових мереж за довгостроковим допустимим струмом та за допустимою втратою напруги.

3. Проведено розрахунок і вибору пускозахисного обладнання і для захисту електромереж від струму короткого замикання та перевантажень вибрано автоматичні повітряні вимикачі серії ВА.

4. Виконано перевірку обладнання захисту на автоматичне спрацьовування, для чого був проведений розрахунок струмів короткого замикання.

5. Виконано розробку системи автоматичного керування вакуумним насосом у вигляді металевого ящика з кнопками ручного керування та перемикачем вибору режимів роботи.

6. Виконано дослідження оцінки надійності системи керування і отримане значення імовірності безвідмовної роботи становить більше нормованого значення.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Вихідні дані: молочний блок сільськогосподарського підприємства тваринницької ферми ТОВ "Агрофірма "МЕДОБОРИ" розташований в селі Кам'янки Тернопільського району Тернопільської області..

Кліматичний сезонний коефіцієнт складає 1,4. Ґрунт являє собою чорнозем. Питомий електричний опір ґрунту складає 200 Ом·м. Молочний блок розташований у IV районі по вітрі. Швидкісний напір вітру складає 34,3 Н/м<sup>2</sup>, 15 м/с. Район по ожеледиці IV, товщина стінки ожеледиці складає 15 мм. Середньорічна тривалість грозовиць складає 40 ... 60 годин.

### 4.1 Класифікація приміщень за умовами безпеки

Класифікація приміщень молочного блоку за умовами навколишнього середовища приведена в табл. 4.1, за небезпекою ураження електричним струмом - у табл. 4.2 [31]. Ознак пожежо- і вибухонебезпеки в молочному блоці немає.

Таблиця 4.1 - Класи приміщень за умовами середовища

Найменування приміщення	Стан навколишнього середовища		Клас приміщення
	Температура, °С	Відносна вологість, %	
Вентиляційна камера	20	60	Сухе
Компресорна	16	70	Вологе
Вакуум-насосна	16	70	Вологе
Електрощитові	20	60	Нормальне
Приміщення для збереження і ремонту устаткування	20	60	Нормальне
Коридор	20	60	Нормальне
Молочна	20	85	Вологе
Приміщення для миючих засобів	20	85	Вологе
Лабораторія	20	60	Нормальне
Санвузол	16	70	Вологе
Мийна кімната	20	85	Вологе
Лабораторія для штучного запліднення	20	60	Нормальне
Тамбур	20	60	Нормальне
Кімната персоналу	20	60	Нормальне

Таблиця 4.2 - Класи приміщень за небезпекою ураження електричним струмом

Найменування приміщення	Параметри, що визначають небезпеку поразки					Клас приміщення по ПУЕ
	t, °C	Відн. вол., %	Стан підлоги	Одночасний дотик	Агресивне середовище	
Вентиляційна камера	20	60	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Компресорна	16	70	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Вакуум-насосна	16	70	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Електрощитова	20	60	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Приміщення для збереження і ремонту устаткування	20	60	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Коридор	20	60	Волога		Нема	Особливо небезпечне
Молочна	20	85	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Приміщення для миючих засобів	20	85	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Лабораторія	20	60	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Санвузол	16	70	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Мийна кімната	20	85	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Лабораторія для штучного запліднення	20	60	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне
Тамбур	20	60	Волога		Нема	Особливо небезпечне
Кімната персоналу	20	60	Волога	Можливий	Нема	Особливо небезпечне

## 4.2 Аналіз потенційних небезпек

Аналіз потенційних небезпек, що виникають внаслідок впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, і засоби попередження їх небезпечного впливу приведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Потенційні небезпеки і засоби їх попередження

Технологічні операції, устаткування, інструмент	Вид небезпеки	Джерела небезпеки	Вимоги безпеки		Вимоги виробничої санітарії	Особи, що здійснюють контроль над дотриманням ТБ
			До персоналу	До устаткування		
Сепарація молока	Попадання руками в обертіві частини	Привід сепаратора	Інструктаж з ТБ. Застебнутий і заправлений одяг	Захисні кожухи, контраст частин, що рухаються	E = 100 лк, t = 23 °С, φ = 60-75%	Бригадир
Компресори, вакуумні насоси, вентилятори	Попадання руками в обертіві частини	Привід механізмів	Інструктаж з ТБ. Обмеження доступу людей	Захисні кожухи, контраст частин, що рухаються	t = 23 °С, φ = 60-75%	Бригадир
Пастеризація молока	Можливість опіку	Водонагрівач, паропроводи, пастеризатор	Інструктаж з ТБ	Теплоізоляція, попереджуючі надписи	E = 100 лк, t = 23 °С, φ = 60-75%	Бригадир
Ремонт і ТО технологічного устаткування	Поразка електричним струмом, попадання руками в обертіві частини	Будь-яке технологічне устаткування	Інструктаж з ТБ, відповідна кваліфікація ремонтного персоналу, група допуску III і вище	Можливість повного відключення установок, наявність пристроїв захисного відключення	—	Бригадир

### 4.3 Розрахунок заземлення трансформаторної підстанції

На підстанції споживання для загального заземлюючого пристрою з врахуванням усіх повторних заземлень при кількості відвідних ліній не менше 2-х, допустима величина опору складає для напруги 380/220 В [32]:

$$R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом.}$$

Так як питомий опір  $\rho = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м} > 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , то допустимий опір заземлення може бути збільшений в  $\rho/100$  разів, тобто

$$R_{\text{доп}}' = R_{\text{доп}} \cdot \rho/100, \quad (4.1)$$

$$R_{\text{доп}} = 4 \cdot 200/100 = 8 \text{ Ом}$$

Питомий електричний опір ґрунту:

$$\rho = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Кліматичний сезонний коефіцієнт:

$$K_c = 1.4$$

Тоді:

$$\rho' = K_c \cdot \rho, \quad (4.2)$$

$$\rho' = 1.4 \cdot 200 = 280 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Визначимо опір розтіканню електричному струму одиночного заземлювача. Для стержня на глибині  $h = 0.6 \text{ м}$ , довжиною  $5 \text{ м}$ , діаметром  $d = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ :

$$R_g = \frac{\rho'}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot t + 3 \cdot l}{4 \cdot t + l} \right) \quad (4.3)$$

де  $\rho'$  – приведений питомий опір ґрунту,  $\text{Ом}\cdot\text{м}$ ;

$l$  – довжина стержня,  $\text{м}$ ;

$d$  – діаметр стержня,  $\text{м}$ ;

$t$  – глибина центра стержня,  $\text{м}$ .

$$t = l/2 + h \quad (4.4)$$

$$t = 5 / 2 + 0.6 = 3.1$$

$$R_g = \frac{280}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,016} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 3,1 + 3 \cdot 5}{4 \cdot 3,1 + 5} \right) = 59,4$$

Визначимо необхідну кількість вертикальних заземлювачів:

$$n_T = R_B / R_{\text{доп}}, \quad (4.5)$$

де  $n_T$  - теоретична кількість стержнів.

$$n_T = 59,4 / 8 = 7,425 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_T = 7 \text{ шт.}$

Дійсна кількість стержнів:

$$n_d = n_T / k, \quad (4.6)$$

де  $k$  – коефіцієнт взаємного екранування.

Для  $a / l = 2$  при кількості  $n = 8$ :  $k = 0,71$  при розміщенні електродів по контуру.

$$n_d = 7 / 0,71 = 9,86 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n_d = 10 \text{ шт.}$

Тоді опір групи електродів  $R_o$  буде рівний:

$$R_o = R_b / n_d \quad (4.7)$$

$$R_o = 59,4 / 10 = 5,94 \text{ Ом}$$

Визначимо довжину з'єднувальної смуги для електродів, розміщених по контуру:

$$L_n = a \cdot n, \quad (4.8)$$

де  $a$  – відстань між електродами,  $м$ ;

$n$  – дійсна кількість електродів,  $шт.$

Приймаємо  $a = 10 \text{ м.}$

$$L_n = 10 \cdot 10 = 100 \text{ м.}$$

Розрахуємо опір одиночної з'єднувальної смуги за формулою:

$$R_e = \frac{\rho'}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_n}{b \cdot h}, \quad (4.9)$$

де  $b$  - ширина смуги,  $м$ .

Приймаємо  $b = 0.04 \text{ м}$  (рис. 4.1).

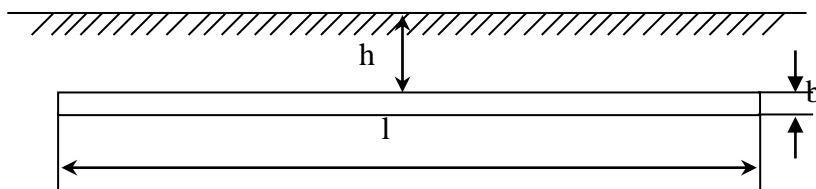


Рисунок 4.1 - Одиночна з'єднувальна смуга

$$R_e = \frac{280}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \cdot \ln \frac{2 \cdot 100^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,6} = 6,13 \text{ Ом}$$

Визначимо опір заземлюючого пристрою за формулою:

$$R_{зп} = \frac{R_o \cdot R_n}{(R_o + R_n) \cdot K_z}, \quad (4.10)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт взаємного впливу вертикальних електродів і з'єднувальної смуги.

Для  $a/l = 2$  при числі стержнів  $n = 10$  при розміщенні електродів по контуру приймаємо  $K_z = 0.4$ .

$$R_{зп} = \frac{5,94 \cdot 6,13}{(5,94 + 6,13) \cdot 0,4} = 7,54 \text{ Ом.}$$

Умова  $R_{зп} \leq R_{доп} \leq 8 \text{ Ом}$  виконується. Отже, заземлюючий пристрій розрахований вірно.

Витрата матеріалів для спорудження заземлювача складе: число стержнів – 10 шт., довжина стержня – 5 м, діаметр стержнів – 16 мм.

Довжина всіх стержнів:

$$L_{заг. ст} = n \cdot l_{ст} ,$$

$$L_{заг. ст} = 10 \cdot 5 = 50 \text{ м.}$$

Довжина з'єднувальної смуги – 100 м, стрижень від трансформаторної підстанції до смуги – 1 м.

#### 4.4 Розрахунок громозахисту молочного блоку

Молочний блок відноситься до II категорії пристроїв громозахисту, зона Б. Будинки і споруди, віднесені по будові громозахисту до II категорії, захищаються від прямих ударів блискавки і від заносу високих потенціалів через підземні металеві комунікації [33].

Очікувана кількість поразок у рік будинку або споруди, не обладнаної громозахистом, визначається за формулою:

$$N = [(S + 6 \cdot h) \cdot (L + 6 \cdot h) - 7,7 \cdot h^2] \cdot n \cdot 10^{-6} \quad (4.11)$$

де  $L$  і  $S$  - відповідно довжина і ширина молочного блоку, м;

$h$  – найбільша висота молочного блоку, м;

$n$  – середньорічне число ударів блискавок у  $1 \text{ км}^2$  земній поверхні в районі розташування молочного блоку.

$$N = [(24 + 6 \cdot 5) \cdot (12 + 6 \cdot 5) - 7,7 \cdot 5^2] \cdot 4 \cdot 10^{-6} = 0.0083$$

Молочні блоки відносяться до III категорії об'єктів по громозахисту, тобто проєктований об'єкт підлягає захистові від усіх видів впливу грозового розряду.

Для об'єктів III категорії, що мають дах, громозахист доцільно виконувати у виді сталеві сітки з дроту  $d = 6 \text{ мм}$ .

Вузли сітки повинні бути звареними. Струмопроводи прокладаються не рідше  $25 \text{ м}$  (рис. 4.2).

Опір розтіканню струму заземлювачів не більший  $10 \text{ Ом}$ .

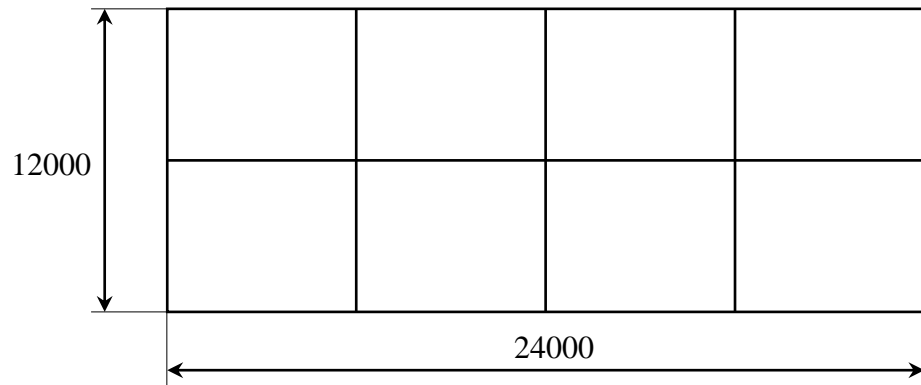


Рисунок 4.2 - Схема громозахисту молочною блоку

Заземлюючі спуски проводяться паралельно фундаменту (рис. 4.3).

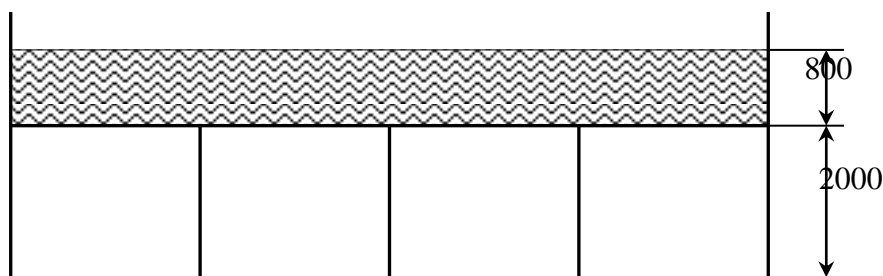


Рисунок 4.3 - Заземлювач громозахисту

Матеріал заземлювача: кутник  $40 \times 40 \times 4 \text{ мм}$ , смуга  $4 \times 40 \text{ мм}$

Розрахуємо витрату матеріалу.

Кутник:  $L = 5 \cdot 2 \cdot 2 = 20 \text{ м}$

Смуга:  $L = 24 \cdot 2 = 48 \text{ м}$

Дріт:  $L = 24 \cdot 3 + 12 \cdot 5 + 3.5 \cdot 4 = 146 \text{ м}$

#### 4.5 Інструкція з техніки безпеки при роботі в молочному блоці

До роботи в установках допускається тільки спеціально навчений персонал з I кваліфікаційною групою допуску по техніці безпеки.

Перед початком роботи з ручними електричними машинами й електричним інструментом варто робити [34]:

- перевірку чіткості роботи вимикача,
- перевірку роботи на холостому ходу.

Ручні електричні машини й електричний інструмент, що мають дефекти, видавати для роботи забороняється.

При користуванні ручними електричними машинами й електричним інструментом їх кабелі повинні по можливості підвішуватися.

При припиненні подачі напруги під час роботи з електричними машинами й електричним інструментом або перегріву в роботі електричний інструмент від'єднується від мережі.

Для контролю над схоронністю і справністю ручних електричних машин і електричного інструмента вони повинні піддаватися періодичній перевірці в терміни, встановлені державними стандартами.

Особам, що користуються ручним електричними інструментами забороняється:

- передавати електричні машини й електроінструмент навіть на Короткочасне користування іншим особам;
- розбирати електричні машини й електроінструмент або самостійно робити будь-який або ремонт (як самого інструмента, так і приводів, штепсельних з'єднань і т.п.);
- триматися за кабель ручних електричних машин і електроінструмента або доторкатися ріжучого обертового інструмента;
- залишати електричні машини й електроінструмент без нагляду включеними в мережу.

За порушення вимог інструктажу з експлуатації електроустановок персонал несе дисциплінарну відповідальність.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційну роботу виконаний у відповідності до закріплення знань за загальними і спеціальними предметами. Кваліфікаційна робота розроблений, виходячи з умов конкретного господарства, і пов'язана з його запитами і потребами.

У кваліфікаційній роботі передбачені і зроблені розрахунки електроосвітлення і силового устаткування, автоматизації водопостачання, вентиляції, а також виконано вибір трансформаторної підстанції.

В процесі роботи над кваліфікаційною роботою було виконано:

- характеристику об'єкта господарювання;
- здійснено виконано вибір електрифікованого технологічного устаткування;
- проведено розрахунок та вибір електроустановок систем вентиляції і опалення;
- розраховані та вибрані електроустановки систем електричного освітлення;
- розроблено систему електропостачання об'єкта;
- виконано розрахунок та вибір електропроводок внутрішніх силових і освітлювальних мереж;
- проведено розрахунок і вибір пускозахисних апаратів.
- проведено перевірку розрахованої і вибраної пускозахисної апаратури на автоматичне спрацьовування;
- розроблено систему автоматичного керування вакуумним насосом доїльних апаратів
- розраховано оцінку надійності.

Кваліфікаційна робота є відображенням конкретних задач, поставлених 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. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ : Агросвіта, 2012. 432 с.
3. Мазуренко О.В. Шляхи підвищення ефективності виробництва продукції тваринництва. Економіка АПК. 2011. № 5. С. 41–46.
4. Воробйов Г. Розумна ферма. The Ukrainian Farmer. 2011. С. 92–93.
5. Руснак П.П., Чередниченко О.О. Активізація інноваційної діяльності в агропромисловому виробництві. Економіка АПК. 2007. № 3 (149). С. 10–15.
- Головня О. М., Чемерис Ю. С. Сучасні тренди інноваційності ринку сільськогосподарської техніки в умовах глобального середовища. Економіка та суспільство. 2024. Вип. 66. Режим доступу: <https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4545/4488>
6. Пуцентейло П. П. Аналіз сучасного розвитку галузі тваринництва України. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Київ : ДЕТУТ, 2015. Вип. 31. С. 268–276
7. Смоляр В. Технічне забезпечення сучасних тваринницьких ферм. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. / ДНУ «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого». Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2021. Вип. 28(42). С. 138–149
8. Функціонування ринку молока та молочної продукції: теорія, зарубіжний досвід і вітчизняна практика : монографія. Шуст О.А., Варченко О.М., Гончарук І.В. та ін. ; за ред. О.А. Шуст. Біла Церква : ПрАТ «Білоцерківська книжкова фабрика», 2021. 296 с. 3.
9. ГЕА-Україна. Режим доступу: <https://www.gea.com/ua/ukraine/>
10. Луценко М.М., Іванишин В.В., Смоляр В.І. Перспективні технології виробництва молока: [Монограф.]. К.: Видав. центр «Академія», 2006. 192 с.

11. Синявіна Ю. В., Бутенко Т.А. Перспективи розвитку галузі тваринництва в умовах цифровізації. Економічний аналіз. 2021. Т. 31. № 1. С. 178 –185.
12. Канівець Х. О., Коробченко А. О., Проценко С. В., Роботинський А. М, Левченко М. В. Тенденції розвитку галузі тваринництва в умовах цифрової трансформації. Таврійський науковий вісник. 2021. № 121. С. 133–139
13. Компанія DeLaval. Режим доступу: <https://traktorist.ua/brands/delaval>
14. <https://propozitsiya.com/ua/zasobi-pidvishchennya-yakosti-molokapid-chas-doyinnya-koriv>
15. <https://propozitsiya.com/ua/zasobi-pidvishchennya-yakosti-molokapid-chas-doyinnya-koriv>
16. Інноваційні технології виробництва і переробки продукції тваринництв: курс лекцій з вивчення дисципліни для здобувачів III рівня вищої освіти «доктори філософії» спеціальності 204 «ТВППТ» денної та заочної форми навчання / М.О. Шалімов – Одеса: ОДАУ, 2020. – 181 с.
17. <http://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8090-seleksiyna-robotu-u-skotarstvi.html>
18. Патица Н. І. Конкурентоспроможність та позиціонування України на світовому ринку молочної продукції. Економіка АПК. 2019. № 5. С. 77–86.
19. Чагаровський В. П. Про значення молочної галузі для продовольчої безпеки країни. Внутрішня торгівля. Імпорт. Експорт. URL: <https://infagro.com.ua/ua/2022/05/14/vadim-chagarovskiy-golova-smpuznachennya-molochnoyi-galuzi-dlya-prodovolchoyi-bezpeki-krayini-molochna-pererobka-pid-chas-viyniderzhavna-dopomoga/>
20. Палій А.П. Дослідження процесу очищення доїльних установок різного типу після доїння / Науково – технічний бюлетень 112. – Харків, 2014. – С. 109–114.
21. Матвійчук В.А. Електротехнології в АПК: навчальний посібник/ В.А. Матвійчук, О. Є. Рубаненко, І. П. Стаднійчук. ВНАУ – Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. – 272 с.

22. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К. : Аграрна освіта, 2016. – 557 с.
23. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві / О. С. Марченко та ін. ; за ред. О. С. Марченко. Київ : Урожай, 2012. 155 с.
24. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В.Ф. Яковлев, Ю.М. Куценко, М.Л. Лисиченко, М.П. Кунденко, Ю.М. Федюшкою - Х.: ТОВ «Планета-прінт», 2016. – 332с.
20. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Технічні норми. – Чинні з 28.02.2019. – К.: 2018. – 133с.
25. Електричні машини: навчальний посібник. // О.А. Буняк, І.М. Сисак, С.М. Бабюк, Б.Я. Оробчук, Я.М. Осадца, В.П Коваль. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., – 2023. О – 324 с.
26. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: [підручник для студ. вищ. навч. закладів] / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Ларіненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк: за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
27. Електричні мережі та системи: підручник [для студентів електроенергет. спец. ВНЗ, аспірантів, викл. і спеціалістів відповід. профілю] / М. С. Сегеда ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — 3-тє вид, переробл. та доповн. — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 540 с.
28. Оробчук Б., Гоцуляк Ю. Підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів. Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2016 р.
29. Россоха В. В., Петриченко О. А. Розвиток ринку молока та молокопродукції в Україні. Економіка АПК. 2018. № 8. С. 43-54.
30. Нормування показників надійності технічних засобів : навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 160 с.

31. 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
32. Бондаренко О.В., Іоргачов Д.В.. Дослідження опорів заземлювальних пристроїв у неоднорідній землі // Методичне керівництво до лабораторної та навчально-дослідницької роботи студентів. – Одеса, 2003
33. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., –156 с.  
Отримано з <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>
34. Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Охорона праці і промислова безпека: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2010. - 425 с.
35. Оробчук Б.Я., Буняк О.А., Бабюк С.М., Сисак І.М., Вакуленко О.О. Методичні вказівки щодо виконання та оформлення дипломної роботи. Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017 р.