

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

<b>ПОГОДЖЕНО</b> Директор ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження	<b>ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ</b> Завідувач кафедри електротехніки, електромеханіки та електротехнологій
проф., д.т.н. _____ / <b>КАПЛУН В.В.</b> /	доц., к.т.н. _____ / <b>ОКУШКО О.В.</b> /
(підпис)	(підпис)
« _____ » _____ 2025 р.	« _____ » _____ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**НА ТЕМУ: „РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ  
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ  
МІКРОКЛІМАТУ В КОРІВНИКУ”**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

**Гарант освітньої програми**

\_\_\_\_\_ /**К.Т.Н., ДОЦЕНТ**\_\_\_\_\_  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Усенко С.М.**  
(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

\_\_\_\_\_ /**К.Т.Н., ДОЦЕНТ**\_\_\_\_\_  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Савченко В.В.**  
(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Жуков Д.С.**  
(ПІБ)

**Київ – 2025**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
електротехніки, електромеханіки та  
електротехнологій

К.Т.Н., доц. ОКУШКО О.В.  
(підпис)  
« \_\_\_\_\_ » 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ  
*Жукову Денису Сергійовичу***

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
Тема магістерської кваліфікаційної роботи: „**Розроблення та дослідження  
електротехнологічного обладнання для створення мікроклімату в  
корівнику**”

затверджена наказом ректора НУБіП України від 18.11.2024 № 2061”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 14. 11 . 2025

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

«Правила влаштування електроустановок»; «Правила технічної експлуатації  
електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації  
електроустановок споживачів».

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз обладнання для створення мікроклімату в корівнику .
2. Аналіз технологічного та електротехнічного обладнання корівника.
3. Розроблення автоматизованого електрообладнання для підтримання  
параметрів мікроклімату в корівнику та його дослідження.
4. Заходи з енергозбереження в корівнику.
5. Охорона праці.
6. Техніко-економічна оцінка інженерних рішень.

Дата видачі завдання 15.11.2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Савченко В.В.  
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Жуков Д.С.  
(підпис) (ПІБ)

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота: 85 с., 23 рис., 20 табл., 28 джерел.

**Об'єкт дослідження** – технологічні процеси на молочно-товарній фермі.

**Мета досліджень** – розроблення і обґрунтування параметрів системи електрообладнання для створення необхідного мікроклімату в корівнику, що забезпечує підвищення ефективності технологічних процесів та зменшення енергоємності продукції.

**Методи дослідження та апаратура:** моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПК у програмному середовищі “Mathcad”, амперметри, вольтметри.

Проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для приготування і роздавання кормів, прибирання гною, поїння тварин, підтримання необхідного мікроклімату та водопостачання ферми, а також електричного освітлення.

Розроблені заходи з енергозбереження на молочно-товарній фермі. Розглянуті питання охорони праці та протипожежної безпеки на фермі.

Розроблена система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату, проведений вибір електротехнічного обладнання і технічних засобів автоматизації. Розроблена принципіальна електрична схема, вибрані апарати захисту і керування. Досліджений вплив відхилення напруги на технологічну складову збитків у корівнику.

Ефективність прийнятих інженерних рішень підтверджують економічні розрахунки.

**Галузь застосування** – тваринництво.

**Ключові слова:** корівник, молочно-товарна ферма, мікроклімат, система електрообладнання, технологічне обладнання, автоматичне регулювання мікроклімату.

## Зміст

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....</b>	<b>6</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>7</b>
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІКРОКЛІМАТУ В СВИНАРНИКУ- ВІДГОВІВЕЛЬНИКУ.....</b>	<b>9</b>
1.1. Мікроклімат у корівнику.....	9
1.2. Технологічне обладнання для створення мікроклімату в корівнику.....	13
1.3. Характеристика молочно-товарної ферми .....	17
<b>РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ Технологічного ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОРІВНИКА.....</b>	<b>19</b>
2.1 Технологічне обладнання для корівника на 240 голів .....	19
2.2 Водопостачання корівника.....	22
2.3. Силове електрообладнання корівника .....	23
2.4. Апарати керування і захисту.....	23
2.5. Освітлення корівника .....	27
2.6 Розрахунок електричних навантажень .....	29
<b>РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ .....</b>	<b>31</b>
3.1. Регулювання мікроклімату корівника .....	31
3.2 Розрахунок вентиляції та опалення.....	33
3.3. Вибір вентилятора та електродвигуна .....	41
3.4 Розроблення та опис функціональної схеми автоматизації.....	44
3.5 Розроблення та опис принципіальної електричної схеми керування параметрів температури та вологості в корівнику .....	46
3.6 Вибір силового обладнання .....	48

3.7 Вибір апаратури ручного керування, сигналізації та щита керування .....	55
<b>РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В КОРІВНИКУ .....</b>	<b>56</b>
<b>РОЗДІЛ 5 ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНІЙ ФЕРМІ .....</b>	<b>62</b>
<b>РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>63</b>
6.1 Аналіз стану охорони праці на молочно-товарній фермі .....	63
6.2 Безпечність молочно-товарної ферми.....	63
6.3 Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу на молочно-товарній фермі .....	67
6.4 Розрахунок потреби та вибір захисних засобів.....	67
6.5 Заземлення та захисні заходи електробезпеки.....	67
6.6 Блискавкозахист будівель і споруд .....	73
6.7 Система протипожежного захисту .....	74
<b>РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В КОРІВНИКУ .....</b>	<b>76</b>
7.1 Розрахунок капітальних вкладень .....	76
7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	76
7.3. Показники порівняльної ефективності .....	80
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>82</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>83</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

$\omega$ – кутова швидкість;	$K$ –коефіцієнт теплопередачі;
$\omega_0$ – синхронна кутова швидкість;	$V$ – об'єм приміщення;
$s$ – ковзання двигуна;	$L_B$ – продуктивність вентилятора;
$K_3$ – коефіцієнт запасу;	$\lambda$ – коефіцієнт гідравлічного опору;
$\eta_{II}$ – ККД передачі;	$\xi$ – коефіцієнт місцевого опору;
$J$ – момент інерції;	$l$ – довжина труби;
$n$ – частота обертання;	$d$ – діаметр труби;
$P$ – потужність двигуна;	$v$ – швидкість;
$\mu$ – кратність моменту;	$g$ – прискорення вільного падіння
$v_t$ – швидкість нагрівання двигуна;	
$I$ – сила струму;	
$U$ – напруга;	
$M$ – момент;	
$R$ – активний опір;	
$x$ – реактивний опір;	
$S$ – повна потужність;	
$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності;	
$t$ – час;	
$T$ – температура;	
$G_{вл}$ – кількість вологи, яку виділяє одна тварина у вигляді пару;	
$d_{в}$ – вміст вологи у повітрі приміщення;	
$d_{н}$ – вміст вологи в зовнішньому повітрі;	
$\varphi$ – відносна вологість повітря;	
$Q$ – кількість тепла;	
$C$ – питома масова теплоємність повітря;	
$\gamma$ – густина повітря;	
$F$ – площа;	

## ВСТУП

В умовах інтенсивного розвитку сучасного тваринництва на промисловій основі важливим завданням є створення й підтримка у тваринницьких приміщеннях мікроклімату, що забезпечує оптимальні зоогігієнічні й санітарно-ветеринарні умови утримання тварин.

У комплексі заходів щодо збільшення виробництва продукції тваринництва, поліпшенню її якості й зниженню собівартості велике значення мають розробка й впровадження у виробництво прогресивної технології утримання тварин, розміщення їх у приміщеннях із належним санітарно-гігієнічним станом, які забезпечують нормальне протікання фізіологічних процесів, а також впровадження систем регулювання параметрів мікроклімату, що дозволяє створювати тваринам такі умови утримання, при яких вони могли б найкраще проявити потенційні можливості своєї продуктивності.

Крім того, показники мікроклімату дуже впливають на збереженість і довговічність будівельних конструкцій, термін служби тваринницьких приміщень і технологічного обладнання, розміщеного усередині приміщень. Від мікроклімату приміщень залежить також продуктивність праці людей, що працюють на фермах і комплексах.

Таким чином, підтримка оптимальних параметрів мікроклімату у тваринницьких й інших приміщеннях має велике значення для виробництва сільськогосподарської продукції.

*Мета досліджень* – розроблення і обґрунтування параметрів системи електрообладнання для створення необхідного мікроклімату в корівнику, що забезпечує підвищення ефективності технологічних процесів та зменшення енергоємності продукції.

*Об'єктом досліджень* є технологічні процеси на молочно-товарній фермі.

*Предмет досліджень* – структура автоматизованого електрообладнання для створення мікроклімату в корівнику та параметри відповідного електрообладнання.

*Методи дослідження та апаратура:* моделювання, методи математичної статистики тощо; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ПК у програмному середовищі “Mathcad”.

Теоретична цінність отриманих результатів полягає в обґрунтуванні структури та параметрів системи автоматизованого електрообладнання для підтримання оптимального мікроклімату в корівнику.

Практична цінність отриманих результатів полягає у розробці системи автоматизованого електрообладнання для створення оптимального мікроклімату в корівнику.

На захист магістерської роботи виносяться:

1. Система технологічного обладнання для молочно-товарної ферми.
2. Система автоматизованого електрообладнання для технологічних процесів молочно-товарної ферми.
3. Структура та параметри системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату.
4. Результати досліджень впливу відхилення напруги на технологічну складову збитків у корівнику.
5. Заходи з експлуатації електрообладнання, охорони праці, енергозбереження на молочно-товарній фермі.

У цій магістерській роботі проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для молочно-товарної ферми, розглянуті питання енергозбереження та охорони праці на фермі, обґрунтована структура та параметри системи підтримання параметрів мікроклімату для молочно-товарної ферми, проведені дослідження впливу відхилення напруги на технологічну складову збитків у корівнику, наведені техніко-економічні показники застосування розробленого автоматизованого електрообладнання на молочно-товарній фермі.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІКРОКЛІМАТУ В СВИНАРНИКУ-ВІДГОВІВЕЛЬНИКУ

#### 1.1. Мікроклімат у корівнику

Оптимальний мікроклімат у корівнику впливає на здоров'я тварин, максимальну конверсію корму, а отже продуктивність. Екстремальні показники температури та вологості повітря негативно впливають як на тварин, так і на персонал і власне будівлю.



Рис.1.1. Загальний вигляд корівника

Показниками мікроклімату в корівнику є:

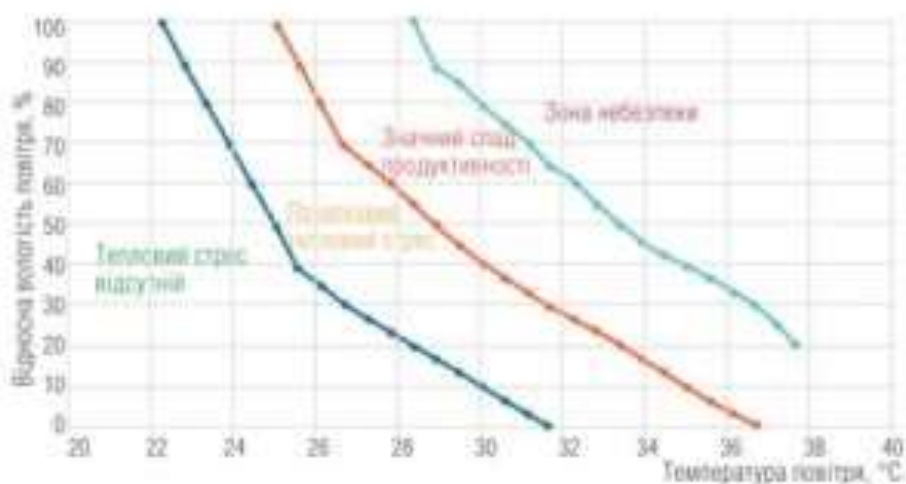
- температура повітря в приміщенні (оптимальна від +4 до +15 °С);
- вологість повітря (вона має бути в межах 50–75 %);
- швидкість руху повітря (щоб запобігти протягам узимку, швидкість не повинна перевищувати 0,2 м/с);
- концентрація шкідливих газів; вона зростає водночас із температурою;
- освітлення (для дійних корів — мінімум 120 лк, для телят — 80 лк);

- наявність пилу.

Наприклад, високий вміст шкідливих газів у повітрі призводить до зниження продуктивності тварин, а пил та надмірна вологість сприяють розвитку грибів та шкідливих мікроорганізмів у приміщенні. Наслідки відсутності контролю мікроклімату негативно впливають як на тварин, так і на працівників та саму будівлю (особливо в зимовий період).

Висока температура повітря в корівнику спричиняє тепловий стрес у тварин. Він, у першу чергу, негативно впливає на легені та кров. Однією з терморегуляційних функцій корови є потовиділення. При тепловому стресі воно значно підвищується, в організмі також спостерігається втрата бікарбонатів. Це призводить до зменшення рівня рН у рубці, а тому зростає ризик виникнення ацидозу рубця. Наслідками теплового стресу також можуть бути хвороби ратиць (лімініт, міжпальцевий дерматит тощо), статевих органів, через що погіршується відтворювальна здатність.

В тепловому стресі організм корови бореться за збереження життєздатності, а тому молочна продуктивність стає другорядною. Разом зі зниженням надоїв підвищується ризик виникнення маститів. Це найнесприятливіші наслідки теплового стресу, однак їх перелік на цьому не закінчується.



Джерело: презентація Юргена Кьоніга.  
X Міжнародний молочний конгрес, Київ, 2–3 березня 2017 р.

Рмс.1.2. Залежність теплового стресу в корів залежно від температури

Температура та вологість повітря між собою взаємопов'язані (див. рис. 1.2). Якщо вологість невисока, тварини легше переносять спеку. Оптимальна температура для дійної корови коливається в межах від +5 до +15°C. Тепловий стрес у високопродуктивних корів спостерігається при температурі вище +23 °C і 60% вологості повітря.

Одним із основних способів запобігти тепловому стресу є правильна конструкція приміщення. В ідеалі про мікроклімат у ньому слід думати ще на етапі проектування виробничого майданчика та власне корівника. Звісно, досягти бажаних цілей не завжди вдається, особливо в разі реконструкції старих приміщень. Та все ж потрібно по максимуму використати будівельні рішення, які в жаркий період не допустять надмірного нагрівання приміщень.

На рис. 1.3 відображено зміни температури в погано ізольованому корівнику. Вночі вона опускалася до +14 °C, а впродовж дня сягала майже +30 °C. Такі перепади температури негативно впливають на тварин.

Дах корівника – це найважливіша частина корівника. На неї потрібно звертати особливу увагу, адже саме через дах будівля найбільше нагрівається і водночас втрачає тепло. Тому ізоляція даху має велике значення. Під час будівництва слід одразу монтувати сендвіч-профіль або використовувати додаткове ізолювання (наприклад, ізоляційне обприскування).

Природна вентиляція. У багатьох українських господарствах вікна в корівниках зачинено або ж закрито плівкою. Рекомендують максимально використовувати природну вентиляцію. Треба робити бічні стіни корівника максимально відкритими (висота до звісу даху 4,20 – 5,00 м, довжина звісу даху – одна третина від висоти стіни). Одним із важливих моментів при проектуванні корівника є його розміщення з урахуванням рози вітрів. Оптимальним є північно-південний напрямок.

Наявність у корівниках природного освітлення не тільки економить енергоресурси, а й сприятливо діє на корів. З цією метою встановлюють світловий коньок. Його також використовують для забезпечення природної

вентиляції (відкриття — 2 см на один погонний метр ширини корівника; наприклад, 46 см при ширині корівника 23 м).



*Джерело: презентація Юргена Кеніга.  
X Міжнародний молочний конгрес, Київ, 2–3 березня 2017 р.*

Рис. 1.3. Добові зміни температури повітря в погано ізольованому приміщенні

На рис. 1.4. показано корівник, побудований з урахуванням усіх вимог, необхідних для створення комфортних умов для тварин: відкриті стіни, достатня висота будівлі, вентиляційно-світловий коньок.



Рис. 1.4. Корівник, побудований з урахуванням усіх вимог, необхідних для створення комфортних умов для тварин

## 1.2. Технологічне обладнання для створення мікроклімату в корівнику

Основне завдання механічної вентиляції — підвищити швидкість руху повітря навколо тіла тварини, щоб забезпечити охолоджувальний ефект. Підвищення швидкості руху повітря від 0,90 до 1,35 м/с еквівалентно зниженню температури в корівнику на 4–6°C. При цьому слід знижується відносна вологість повітря.

Існує кілька видів вентиляторів, за допомогою яких можна досягти необхідної швидкості повітря, зокрема стельові вентилятори (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Стельові вентилятори

Особливості цих вентиляторів:

- забезпечують рух повітря й охолодження;
- енергоефективно працюють при високій кількості по- дачі повітря;
- мають частотне регулювання;
- різні діаметри для будь-якого корівника;
- довговічні завдяки стійким до корозії матеріалам.

Стельові вентилятори зазвичай оснащуються частотними регуляторами. Щоб застосовувати подібні вентилятори, висота в коньку повинна бути не менше 5 метрів. Принцип дії стельового вентилятора передбачає хвилеподібний рух повітря, що створює ефект охолодження. Повітряний потік проходить через вентилятор і рухається вниз до підлоги корівника та горизонтально в усіх напрямках. Максимальний потік повітря досягається під крилами вентилятора й від нього розподіляється. Дуже важливо, що великі лопасті дають рівно- мірний

потік повітря. Ще одна перевага таких вентиляторів: відносно невеликі витрати енергії — 2,1–3,0 Вт на 1000 м<sup>3</sup>/год.

При плануванні розміщення таких вентиляторів враховуються особливості будівлі, тому що кожен має певну зону дії. Необхідно досягти щонайменше 0,9–1,3 м/с на визначеній площі корівника, щоб уникнути «сліпих зон». Крім того, що вентилятор потрібно встановити в правильному місці, він має бути ще й правильної форми — для достатнього ефекту. Завдяки конічній формі крил вентилятора швидкість повітря у всіх зонах буде однаковою.

Завдання VHV-вентиляторів таке ж, як і попередніх (див. рис.1.6).

Але їх більше використовують у низьких будівлях або з великою кількістю колон, що не дає змоги повісити інші види вентиляторів.



Рис. 1.6. VHV-вентилятор

Особливості VHV-вентиляторів:

- забезпечують рух повітря й охолодження;
- енергоефективна робота при високій кількості подачі повітря;
- бувають двох діаметрів;
- ефективні для низьких будівель;
- довговічні завдяки стійким до корозії матеріалам.

Осьові вентилятори можна використовувати в дуже низьких приміщеннях. При виборі вентиляторів слід звертати увагу на довготривалість експлуатації та матеріал, з якого вони виготовлені. Елементи цієї моделі (рис. 1.7) зроблено з

алюмінію та скловолокна, які стійкі до аміаку. Також є можливість частотного керування такими вентиляторами.



Рис. 1.7. Осьовий вентилятор

Особливості осьових вентиляторів:

- забезпечують рух повітря й охолодження;
- енергоефективна робота при високій кількості подачі повітря;
- бувають різних діаметрів;
- ефективні для низьких будівель;
- довговічні завдяки стійким до корозії матеріалам.

Якщо порівнювати стельові вентилятори з великими лопастями з осьовими, то останніх потрібно в три-чотири рази більше залежно від приміщення. І витрати енергії на охолодження ними кубічного метра повітря також будуть більші.

*Боково-шторна вентиляція.* Одним з її різновидів є термостіна (див. рис. 1.8). Це надувна стіна, в якій мембрани з плівки накачуються повітрям. Термостіна забезпечує найвищу ізоляцію взимку, а влітку повністю відкривається. Система широко використовується в холодних регіонах. Вона дає такий само ізоляційний ефект, як і цегляна стіна товщиною 24 см. Головна перевага, що влітку вона може повністю відкриватися. Керується центральним комп'ютером та метеостанцією. Термостіни в поєднанні зі світловим коньком та шахтами дають змогу контролювати рух повітря. З технічної точки зору всіма трьома компонентами клімату можна керувати з одного комп'ютера чи блоку керування, а також метеостанції. Залежно від зміни температури

відкриваються – закриваються штори і клапани в коньку, вмикаються – вимикаються вентилятори.



Рис. 1.8. Корівник із термостіною

Звичайна шторна вентиляція (рис. 1.9) найчастіше використовується в регіонах, де не буває великих морозів. Штора може мати три положення: вгорі, внизу, посередині. Положення «посередині» дає змогу провітрювати приміщення й водночас захищати корів від прямого сонячного проміння, бо якщо воно потрапляє в бокс, корова там просто не лягає.



Рис. 1.9. Корівник із боковими шторами

*Системи охолодження водою.* Рекомендуються системи високого тиску. Чим більше розпилення, тим краще охолоджується корова, і при цьому не

намокає. Установка складається з насоса, фільтраційної станції, трубопровода та форсунок із нержавіючої сталі. Система може поєднуватися з вентиляторами. Залежно від вологості повітря здатна знижувати температуру на 8 °С

### 1.3. Характеристика молочно-товарної ферми

Об'єктом дослідження є молочно-товарна ферма на 800 голів, до складу якої входить корівник на 240 голів.

Середня маса корови на фермі 500 кг. Рівень лактації 10 л.

Приміщення одноповерхове, прямокутної форми з розмірами на плані 90 x 21 м, (розмір стійлового приміщення 78 м x 21 м). Висота до низу виступаючих конструкцій 3,5 м. Каркас повний залізобетонний.

Фундаменти під капітальні внутрішні стіни стрічкові зі збірних бетонних блоків, а під колони - зі збірних залізобетонних башмаків за ГОСТ 24022-80. Стіни цегельні. Гідроізоляція стін із шару цементного розчину у співвідношенні 1:2, товщиною 20 мм. Цемент марки 400. Для захисту приміщення від поверхневих вод уздовж зовнішніх стін улаштовується асфальтове вимощення на щебеневій основі.

Покрівля з азбестоцементних листів з нахилом 15°:

азбоцементні листи ( $\delta = 0,01$  м,  $\lambda = 0,49$  Вт/м·°С);

пароізоляція (бітум) ( $\delta = 0,02$  м,  $\lambda = 0,27$ Вт/м·°С);

мати мінераловатні ( $\delta = 0,07$  м,  $\lambda = 0,07$  Вт/м·°С);

залізобетонні плити ( $\delta = 0,15$  м,  $\lambda = 1,98$ Вт/м·°С).

Підлога цементна й дерев'яна. Вікна - дерев'яні, з відстанню між стеклами 10 см (рами подвійні). Кількість вікон з розмірами 1,82 x 0,8 м - 19 шт.

Ворота - 4 шт. з розмірами 3,54 x 3,59 м .

Дверний блок Д1 - 5 шт. з розмірами 1,51 x 2,1 м .

Дверний блок Д3 - 1 шт. з розмірами 1,31 x 2,1 м .

Закладення в керамзитобетонних панелях оштукатурюються, внутрішні стіни й перегородки виконуються з розшивкою швів. Внутрішні стіни й стелі біляться вапном два рази з 5% гідрофобізуючим розчином із

кремнійорганічних продуктів. Вікна, двері й ворота дерев'яні. Фарбуються олійною фарбою.

Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря  $t_z = -31$  °С, зовнішня вентиляційна температура  $t_{z.v.} = -16$  °С, розрахункова температура усередині приміщення  $t_g = 10$  °С.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ КОРІВНИКА

#### 2.1 Технологічне обладнання для корівника на 240 голів

Корівник розрахований на 240 голів прив'язного утримання в стійлах розмірами 1,2 x2,0 м з використанням вигулів у літній період. Грубі й соковиті корми зберігаються під навісом на території ферми. Поточний запас комбікормів зберігається в фуражній корівника. Поїння здійснюється підігрітою водою до 8...12 °С.

Вибираємо обладнання для стійлового утримання ОСК - 25А. Обладнання стійлове ОСК - 25А призначене для групового відв'язування й індивідуального прив'язування корів при прив'язному їхньому утриманні, кріплення молокопроводів, вакуум-проводів, водопроводу. Обладнання монтують у стійлах перед годівницями [26].

Таблиця 2.1

#### Технічна характеристика ОСК - 25А

Показник	Значення
Число корів, що обслуговуються	25
Габаритні розміри обладнання, мм	30800×970×1570
Маса, кг	725
Число корів у секції	2
Число автопоїлок у секції	1
Загальне число автопоїлок	13
Висота розташування автопоїлок	390
Висота молоко- і вакуумпроводів, мм	1450
Час на групове відв'язування, з	15
Зусилля на важелі керування, Н	88

Як обладнання для поїння тварин вибираємо індивідуальну автопоїлку АП-1А, яка встановлюється з розрахунку одна поїлка на два стійла. Ця

автопоїлка призначена для поїння великої рогатої худоби при прив'язному утриманні тварин. Вони приєднуються до водогінної мережі усередині тваринницьких приміщень і працюють при температурі від  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  [19].

Для роздачі корму вибираємо стаціонарні кормороздавачі усередині годівниць ТВК - 80Б, які призначені для роздачі всіх видів кормів, крім рідких, у годівниці, розміщені в один ряд. Тягове зусилля на стрічку, транспортуючу корм, передається від приводної станції за допомогою ланцюга. Ланцюгово-стрічковий конвеєр складається із двох віток однакової довжини. Одна вітка несуча, виконана із прогумованої стрічки шириною 500 мм, друга холоста, являє собою ланцюг. Швидкість руху робочого органа становить 0,5 м/с. Корм, який поступає у прийомний бункер роздавальника переміщається стрічкою уздовж кормового жолобу по всій його довжині, після чого ланцюг зі стрічкою автоматично зупиняється. При цьому спрацьовує кінцевий вимикач під дією упору, встановленого на одному з контейнерів ланцюга. По закінченні годівлі кормовий жолоб очищається за рахунок руху стрічки у зворотному напрямі.

Таблиця 2.2

### Технічна характеристика одночашкової автопоїлки АП - 1А

Показник	Значення
Місткість чаші, $\text{дм}^3$	1,85
Робочий тиск на ввіді в поїлку, кПа	39... 196
Пропускна здатність клапанного механізму при робочому тиску, $\text{дм}^3/\text{з}$	0,08
Зусилля натискання на важіль при робочому тиску води, Н	2,5
Габаритні розміри, мм:	
довжина	265
ширина	262
висота	270
Маса, кг	0,75

Для доїння корів вибираємо доїльну установку з молокопроводом АДМ-8. Вона призначена для машинного доїння корів у стійлах при прив'язному утриманні, транспортування видосного молока в молочну, групового обліку

молока від кожних 50 корів, фільтрації, охолодження й збору його в ємності для зберігання. Поголів'я, що обслуговується, становить 200 корів. Продуктивність із розрахунку на 1 дояра – 26...29 корів у годину. Максимальна кількість корів, що обслуговуються одночасно – 12. Встановлена потужність 9,1 кВт. Загальна маса 3300 кг. Обслуговуючий персонал при роботі дояра із трьома апаратами - чотири чоловіки. Технологічний процес роботи установки включає такі основні операції: промивання доїльних апаратів і молокопроводу перед доїнням, підготовку корів до доїння, надягання доїльних стаканів на соски, доїння й зняття стаканів; промивання й дезінфекцію доїльних апаратів і молокопроводу після доїння.

У режимі доїння робота доїльного апарата заснована на відсмоктуванні молока під дією вакууму, який створюється в системі вакуумпроводів.

У режимі промивання миючий розчин відсмоктується з ванни пристрою промивання через доїльні апарати й далі через всю систему молочних трубопроводів всмоктується в молокозбірник, звідки перекачується в автомат, який керує процесом промивання. Одночасно миючий розчин через охолоджувач всмоктується в молокозбірник, забезпечуючи промивання його стінок й охолоджувача. Автомат промивання виконує такі операції: прополіскування водою апаратів, молочних ліній і доїльного обладнання й злив води в каналізацію; заповнення ванни миючим і дезінфікуючим розчином; проведення циркуляції промивання; прополіскування чистою водою.

Для видалення гною вибираємо скребковий гноєприбиральний транспортер ТСН-160А. Транспортер складається із самостійних горизонтального й похилого транспортерів і шафи керування. Горизонтальний транспортер складається із ланцюга з укріпленими на ньому шарнірно металевими шкребками, гвинтового натяжного пристрою, поворотних пристроїв і привода, що включає електродвигун, двоступінчастий редуктор з передаточним циклом 38,86 та пасову передачу. Горизонтальний транспортер укладається в бетонний лоток, внутрішня частина дна якого армується сталевую смугою 40x200 мм.

Похилий транспортер включає ланцюг зі шкребками, металевий жолоб з опорною стійкою, поворотного та натяжного пристрою, привод який

складається від електродвигуна та двоступінчастого редуктора з передаточним числом 27,85. Похилий транспортер встановлюється під кутом не більше  $30^\circ$  до горизонту. Потужність електродвигуна горизонтального транспортера - 4 кВт, похилого - 1,5 кВт.

## 2.2 Водопостачання корівника

На території ферми передбачається технологічне та протипожежне водопостачання з подачею води до місця гасіння пожежі з гідрантів, встановлених на водонапірній мережі.

Середньодобові витрати води,  $м^3/доб$ , визначаються за формулою:

$$Q_{доб.сер} = q \cdot n, \quad (2.1)$$

де  $q$  – добова норма споживання води однією твариною,  $q = 0,1 м^3/доб$  [3];  $n$  – число споживачів, які мають норму споживання води,  $n = 240 голів$ .

Тоді

$$Q_{доб.сер} = 0,1 \cdot 240 = 24 м^3/доб.$$

Визначимо максимальні годинні витрати води на фермі за формулою:

$$Q_{год.маx} = \frac{Q_{доб.сер}}{24} \cdot \alpha_{доб} \cdot \alpha_{год}, \quad (2.2)$$

де  $\alpha_{доб}$  – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання,  $\alpha_{доб} = 1,3$  [3];  $\alpha_{год}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності водопостачання,  $\alpha_{год} = 2,5$  [3].

Тоді 
$$Q_{год.маx} = \frac{24}{24} \cdot 1,3 \cdot 2,5 = 3,25 м^3/год.$$

За максимальними годинними витратами води  $Q_{год.маx} = 3,25 м^3/год$  і розрахунковому напорі  $H_p = 77,5 м$  вибраний заглибний насос 4ЭЦВ 6-6,3-85, який має номінальну подачу  $H_{нас} = 6,3 м^3/год$  та напір  $H_{нас} = 85 м$ .

Потужність електродвигуна для приводу насоса визначається за формулою:

$$P = \frac{Q_n \cdot \rho \cdot H_n \cdot k_3 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot \eta_n \cdot \eta_n}, \quad кВт; \quad (2.3)$$

де  $\rho$  - густина рідини, що подається,  $\text{кг/м}^3$ ;  $k_3$  – коефіцієнт запасу по потужності,  $k_3 = 1,15$  [13];  $\eta_n$  – коефіцієнт корисної дії насоса,  $\eta_n = 0,71$ ;  $\eta_m$  – коефіцієнт корисної дії передачі,  $\eta_m = 1,0$  [28].

Звідси потужність електродвигуна складає:

$$P = \frac{6,3 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 85 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,71 \cdot 1} = 2,3 \text{ кВт.}$$

Прийнятий електродвигун 7ПЭДВ – 2,8-140 потужність 2,8 кВт [5], частотою обертання вала 2850 об/хв, номінальним струмом –  $I_n = 6,9$  А, ККД -  $\eta_0 = 83$  %,  $\cos\varphi = 0,83$ .

Для керування електронасосним агрегатом застосовується комплектний пристрій “Каскад” 11-0-У2 з ящиком керування типу ЯГ5102-347Б1У2 з номінальним струмом силового кола  $I_n = 25$  А.

Для підігрівання води в зимовий період застосовується водонагрівач ВЭП-600. Водонагрівач з'єднують з поїлками так, щоб утворювався замкнений циркуляційний контур. Задана температура води підтримується автоматично двома терморегуляторами. Контактний термометр, встановлений у верхній частині водонагрівача, підтримує задану температуру води в баці вмиканням і вимиканням нагрівних елементів, а другий термометр – в самій віддаленій точці водонагрівної системи автонапування і керує відцентровим насосом.

### 2.3. Силове електрообладнання корівника

Силове електрообладнання наведене в таблиці 2.3.

### 2.4. Апарати керування і захисту

Відповідно до розрахункової схеми (див. рис. 2.1) вибраний силовий щит серії СП62 - 8/1, НПН - 60, чотири групи із запобіжниками ПН2 - 100, дві групи ПН2 - 250.

Схема розміщення силового обладнання показана на рис. 2.2.

## Силове обладнання корівника на 240 голів

Найменування	Кількість	Тип струмоприймача	$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	$\cos \varphi$	$\eta$
Похилий гноєприбиральний транспортер	1	АИР80В4БСУ2	1,5	3,6	0,83	0,77
Горизонтальний гноєприбиральний транспортер	2	АИР112МВ6БСУ2	4	9,1	0,81	0,82
Шнековий гноєприбиральний транспортер	1	АИР100Л6БСУ2	2,2	5,6	0,73	0,81
Транспортер кормороздавача	4	АИР112М4У2	5,5	11,5	0,85	0,855
Вентилятор ВЦ4-75-6,3	2	АИР132М6/4УХЛ1	6,7/7,5	15,9/15,1	0.76/0.9	84,5/84
Електрокалорифер СФОЦ-100/0.5	2	СФОЦ-100	90	45,6	—	—

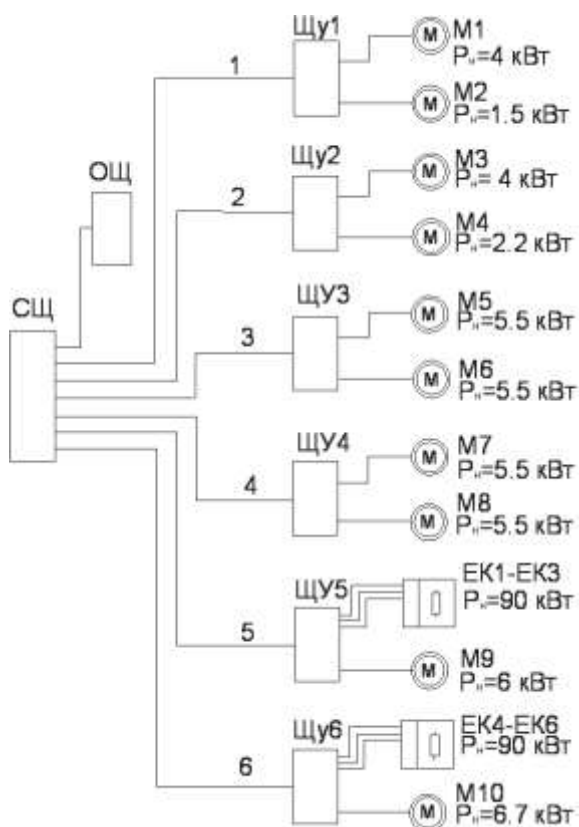


Рис. 2.1. Розрахункова схема електрообладнання

Автоматичний вимикач вибирають за умовами:

$$U_{на} \geq U_{мережі}; \quad (2.4)$$

$$I_{на} \geq I_{н.дв} \quad (I_{на} \geq \Sigma I_{н.дв})., \quad (2.5)$$

$$I_{н.т.р.} \geq I_p \cdot (I_{н.т.р.} \geq \Sigma I_p), \quad (2.6)$$

$$I_{спр.ем.р.} \geq K_3 \cdot K_{p.p.} \cdot K_{p.n.c.} \cdot K_i \cdot I_{дв.ном.},$$

$$I_{спр.ем.р.} \geq K_3 \cdot K_{p.p.} \cdot \left( \sum_1^{n-1} I_{дв.ном.} + K_{p.n.c.} \cdot K_{i.нб.} \cdot I_{дв.ном.нб.} \right) \quad (2.7)$$

де  $U_{на}$  – номінальна напруга автоматичного вимикача, В;  $I_{н.}$  – номінальний струм автоматичного вимикача, А;  $I_{н.т.р.}$  – номінальний струм теплового розчіплювача, А;  $I_{спр.ем.р.}$  – струм спрацювання електромагнітного розчіплювача, А;  $K_3$  – коефіцієнт запасу, який приймають рівним 1,1;  $K_{p.p.}$  – коефіцієнт, що враховує розкид струмів спрацювання електромагнітних розчіплювачів (визначається з технічної характеристики автомата);  $K_{p.n.c.}$  – коефіцієнт розкиду пускового струму двигуна,  $K_{p.n.c.}=1,2$ ;  $K_i$  – кратність пускового струму двигуна;  $K_{i.нб.}$  і  $I_{дв.ном.нб.}$  – відповідно номінальний струм і кратність пускового струму двигуна групи, який має найбільший пусковий струм.

Електромагнітні пускачі вибирають за умовами:

$$U_{н.ном.} \geq U_{м.}, \quad (2.8)$$

$$I_{н.п.} \geq I_{н.дв.}, \quad (2.9)$$

$$I_{н.т.р.} \geq I_{н.дв.}, \quad (2.10)$$

$$U_{кот.ном.} = U_{кер.}, \quad (2.11)$$

де  $I_{н.п.}$  – номінальний струм пускача, А;  $I_{н.т.р.}$  – номінальний струм теплового реле, А,  $U_{кот.ном.}$  – номінальна напруга котушки, В.

Вибір запобіжників для захисту групи споживачів виконують за умовою:

$$I_{вст.н.} \geq \frac{\sum_{n=1}^{n-1} I_n \cdot (n-1) + I_{н.б.} + K_{н.б.}}{\alpha}, \quad (2.12)$$

де:  $I_{вст.н.}$  – номінальний струм плавкої вставки, А;  $\Sigma I_{n(n-1)}$  – сума робочих струмів всіх двигунів за винятком того, у якого найбільший пусковий струм;  $I_{н.б.}$  – номінальний струм електродвигуна найбільшої потужності, А;  $K_{н.б.}$  – кратність

пускового струму електродвигуна найбільшої потужності  $\alpha$  - коефіцієнт, який залежить від пускового режиму електродвигунів, що захищають, (пуск легкий  $\alpha=2,5$ ,  $\alpha=1,6 - 2,0$ ) [13].

Таблиця 2.4

### Вибір пускозахисної апаратури силової мережі

Ділянка	$I_p$ , А	$I_{вст}$ , А	Апарат захисту	Марка пускача	Марка, переріз, число жил пров.	$I_{дон}$ , А
Гр.1 СЩ1-ЩУ1	12,7	31,5	ПН2-100	-	АПУНП(4×2.5)	16
ЩУ1-М1	9,1	10	АЕ 2046М	ПМЛ-1100	АПУНП (4×2.5)	16
ЩУ1-М2	3,6	10	АЕ 2046М	ПМЛ-1100	АПУНП (4×2.5)	16
Гр.2 СЩ-ЩУ2	14,7	31,5	ПН2-100	-	АПУНП (4×2.5)	16
ЩУ2-М3	9,1	10	АЕ 2046М	ПМЛ-1100	АПУНП (4×2.5)	16
ЩУ2-М4	5,6	10	АЕ 2046М	ПМЛ-1100	АПУНП (4×2.5)	16
Гр.3 СЩ-ЩУ3	23	40	ПН2-100	-	АПУНП (4×4)	32
ЩУ3-М5	11,5	12,5	АЕ2046М	ПМЛ2200	АПУНП (4×2.5)	16
ЩУ3-М6	11,5	12,5	АЕ2046М	ПМЛ2200	АПУНП (4×2.5)	16
Гр.4 СЩ-ЩУ4	23	40	ПН2-100	-	АПУНП (4×4)	32
ЩУ4-М7	11,5	12,5	АЕ 2046М	ПМЛ2200	АПУНП (4×2.5)	16
ЩУ4-М8	11,5	12,5	АЕ 2046М	ПМЛ2200	АПУНП (4×2.5)	16
Гр.5 СЩ-ЩУ5	51,3	200			АПУНП (4×50)	165
ЩУ5-ЕК1	45,6			ПМЛ4100	АПУНП (4×10)	60
ЩУ5-ЕК2	45,6	150	А3114	ПМЛ4100	АПУНП (4×10)	60
ЩУ5-ЕК3	45,6			ПМЛ4100	АПУНП (4×10)	60
ЩУ5-М9	11,6	12,5		ПМЛ2100	АПУНП (4×2.5)	16
Гр.6 СЩ-ЩУ6	51.3	200			АПУНП (4×50)	165
ЩУ6-ЕК4	45,6			ПМЛ4100	АПУНП (4×10)	60
ЩУ6-ЕК5	45,6	150	А3114	ПМЛ4100	АПУНП (4×10)	60
ЩУ6-ЕК6	45,6			ПМЛ4100	АПУНП (4×10)	60
ЩУ6-М10	11,6	12,5	АЕ 2046М	ПМЛ2100	АПУНП (4×2.5)	16

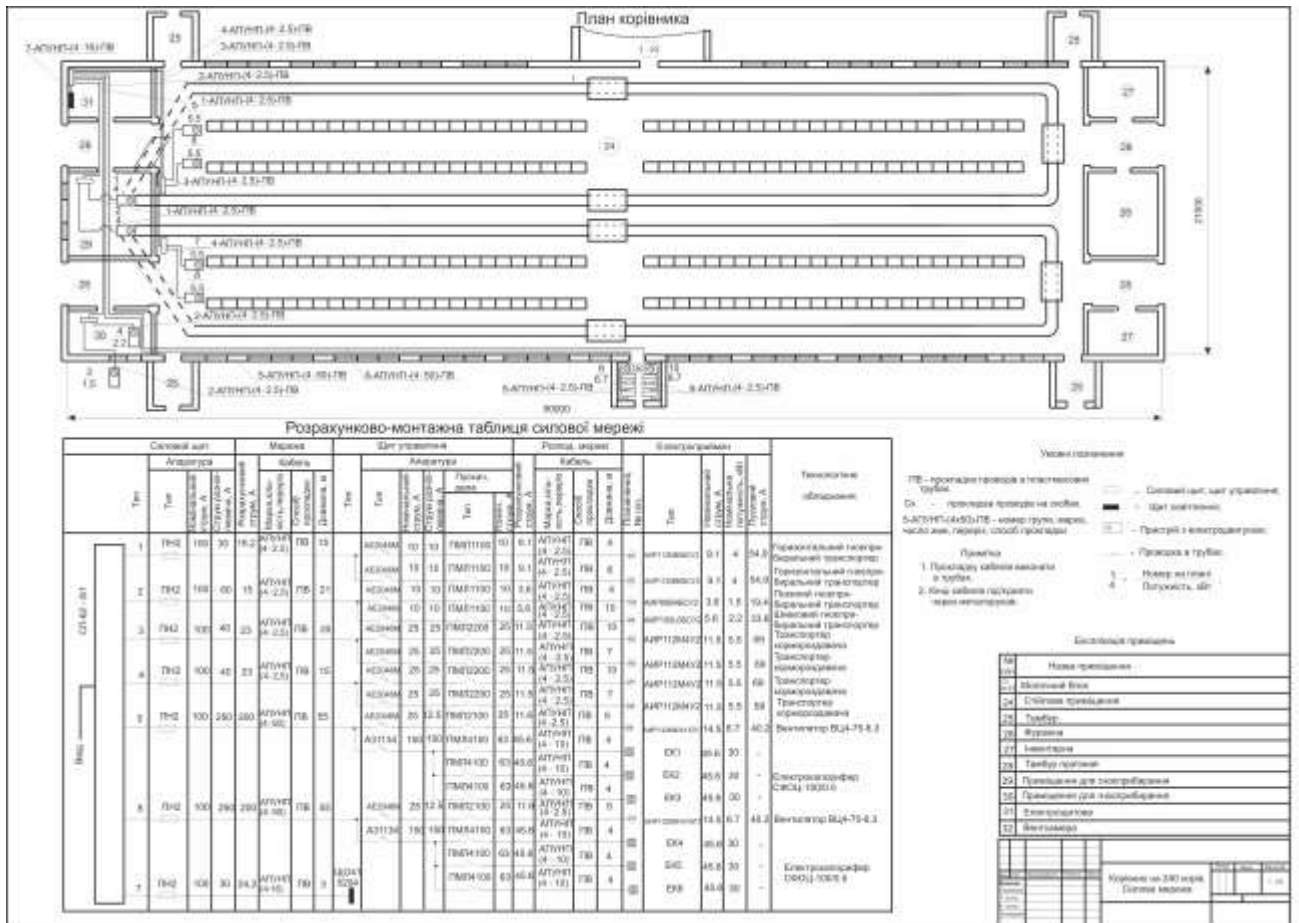


Рис. 2.2. План розміщення силового обладнання корівника на 240 голів.

### 2.5. Освітлення корівника

Систему освітлення прийнята загальна рівномірна. Вид освітлення - робоче.

Нормована освітленість стійлового приміщення при освітленні люмінесцентними лампами: при звичайній роботі - 75 лк, а при доїнні повинне забезпечуватися 150 лк на вимені корови [8].

Освітлення здійснюється світильниками ЛСП15 “Лада” 2×40.

Розрахунок перерізу проводів виконане за умови, що сумарна втрата напруги, починаючи від вводу до самої далекої лампи, не повинна перевищувати 5 %. Для цього прийняті втрати напруги в освітлювальній мережі  $\Delta U$  рівними 4 %.

Визначений переріз кабелів перевірений на нагрівання тривало допустимим струмом і механічною міцністю.

Значення розрахункового струму для кожної ділянки мережі визначений за формулою:

$$I_p = \frac{P_i}{m \cdot U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.13)$$

де  $P_i$  – розрахункове навантаження (включаючи втрати ПРА), Вт;  $U_\phi$  - фазна напруга мережі, В;  $\cos \varphi_{cp.zv.}$  – коефіцієнт потужності навантаження середньозважений;  $m$  - кількість фаз мережі.

Результати перевірки перерізу кабелю зведені в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5

### Перевірка перерізу проводів на допустиме нагрівання

Номер ділянки	$\cos \varphi_{c.v.}$	Марка приводу	$I_p, A$	$I_{доп}, A$
М1	0.96	АВВГ (2× 2.5)	10.4	21
С-О	0.96	АВВГ (4× 6)	21.2	29
1група	0.95	АВВГ (4× 4)	10.4	21
2група	0.95	АВВГ (4× 4)	6.9	24
3група	1	АВВГ (4×4)	4.5	24
4група	0.954	АВВГ (4×2.5)	2.2	17
5група	0.98	АВВГ (2× 2.5)	10.4	21
6група	0.97	АВВГ (2× 2.5)	9.8	21
7група	0.98	АВВГ (2× 2.5)	8.3	21
8група	0.95	АВВГ (2× 2.5)	5.3	21
9група	0.95	АВВГ (2× 2.5)	3.5	21

План електричного освітлення показано на рис. 2.3.

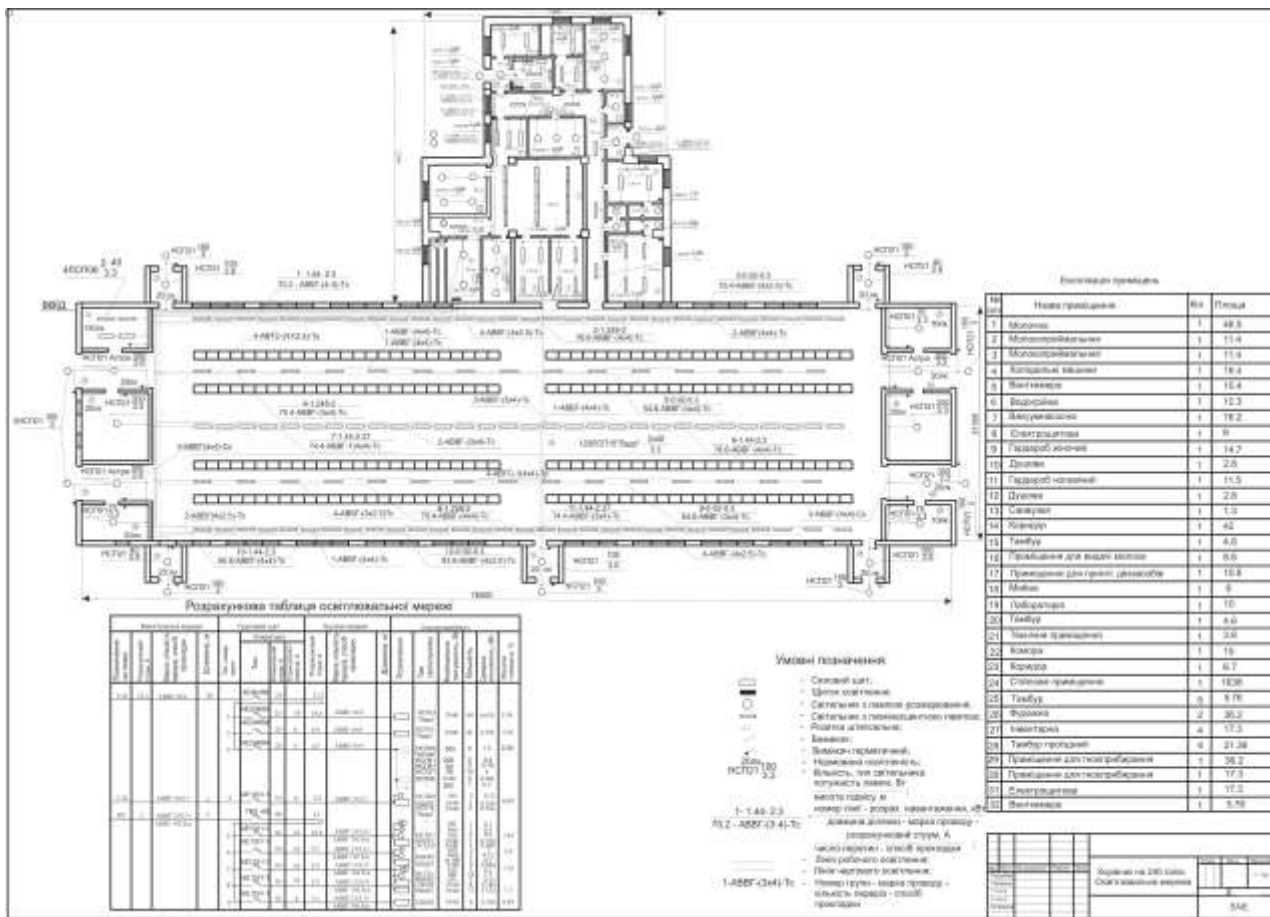


Рис. 2.3. План електричного освітлення корівника 240 голів

## 2.6 Розрахунок електричних навантажень

Коротку характеристику об'єктів енергопостачання наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

### Характеристика об'єктів енергопостачання

Найменування об'єкта	Категорія за надійністю енергопостачання	Встановлена потужність електроприймачів, кВт	Коефіцієнт потужності споживача	Розрахункове навантаження, кВт	Розрахункове навантаження, кВАр	Розрахункове навантаження на вводі, кВ·А
1. Корівник 240	2	240	0.92	178.8	76	193.6
2. Корівник №4	2	15	0.75	7	4.4	10.7
3. Корівник №3	2	10	0.75	4	3.5	5.3
4. Корівник №2	2	20	0.75	8	6.2	9.4
5. Корівник №1	2	20	0.75	8	7.1	6.7
6. Корівник №6	2	120	0.92	89.4	38	96.8

Відповідно до технічних умов на електропостачання корівника на 240 голів з молочним блоком як джерелом електропостачання прийнята підстанція КТП2×250 кВА з трансформаторами ТМ-250.

Корівник з молочним блоком відносяться до електроприймачів другої категорії за надійністю електропостачання, що не допускають перерви в електропостачанні більше 0.5 години [6]. Згідно цього для живлення передбачаємо дві низьковольтних лінії з установкою ВРУ на ввіді в будинок.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ

#### 3.1. Регулювання мікроклімату корівника

Мікроклімат тваринницьких приміщень складається із сукупності факторів, основними з яких є повітряне середовище, освітленість, ультрафіолетове опромінення, рівень шуму, фізичні й механічні показники конструкції будинку й пола. Ступінь впливу кожного з факторів мікроклімату на тварин різний та по-різному проявляється вплив факторів у їхніх сполученнях.

Один з найбільш важливих факторів мікроклімату – повітряне середовище. Вона характеризується фізичними, хімічними й електричними параметрами. Сукупність впливу цих параметрів значно впливає на фізіологічні процеси, продуктивність і стійкість тварин до захворювань.

Основним фізичним параметром повітряного середовища приміщення є температура. Вона найбільшою мірою впливає на стан здоров'я й продуктивність тварин. Від вибору її розрахункової величини залежить потужність системи опалення, ступінь теплоізоляції будинку і їхня вартість.

Відомо, що температура тіла тварин, у тому числі й корів, залишається майже незмінною при значних коливаннях температури зовнішнього середовища. Така відносна сталість температури тіла досягається регулюванням теплообміну із зовнішнім середовищем. Процес теплорегуляції здійснюється так.

При зниженні температури в приміщенні нижче певного рівня частина корму, призначеного для одержання продукції, іде на підтримку тепла в організмі. При цьому обмінні процеси в організмі підсилюються. При підвищенні температури повітря до рівня, близького до температури тіла й вище, зменшується віддача тепла організмом у навколишнє середовище, що сприяє нагромадженню його в організмі. Обмінні процеси сповільнюються, у тварин знижується апетит, зменшується опірність організму коливанням

зовнішнього середовища й може відбутися тепловий удар. У цих умовах знижується споживання корму, що веде до зниження продуктивності.

Тому існують деякі границі температурної зони у тварин, у межах якої процеси тепловіддачі й теплопродукції мають мінімальне значення, тобто тварини витрачають на одиницю продукції найменша кількість корму. У молочних корів при температурі вище  $+23^{\circ}\text{C}$  віддача молока знижується, внаслідок чого зменшується надій молока на 250-300 кг у рік.

На продуктивність тварин впливає й вологість повітря всередині приміщень, яку необхідно розглядати в поєднанні з температурою. Висока вологість повітря (вище 85 %) сприяє розвитку шкірних грибків, що викликає сильну сверблячку й занепокоєння тварини. Якщо температура низька, а вологість висока, то організм сильно переохолоджується, підсилюється тепловіддача. Відомо, що це призводить не тільки до простудних захворювань, але й зниженню молочної продуктивності корів на 8-12 %, а жирності молока на 0,3 %. При підвищенні температури понад  $24^{\circ}\text{C}$  висока відносна вологість призводить до падіння продуктивності. Чим вище вологість при одній і тій же температурі, тим нижче продуктивність. Сухе повітря шкідливе. Це призводить до посилення спраги, погіршенню засвоєння корму й порушенню обміну речовин.

Слід зазначити, що висока відносна вологість повітря приміщень не тільки впливає на стан і продуктивність тварин, але й впливає на теплотехнічні якості й терміни служби конструкцій будинку й технологічного обладнання. Так, електродвигуни, електромагнітні пускачі, пускові кнопки в корівниках служать усього 2-3 роки замість 10-15 років при нормальних умовах навколишнього середовища [20].

Вплив на тварин температурно-вологісного режиму приміщень особливо сильно проявляється при русі повітря. Рухливість повітря може підсилювати або послабляти вплив як температури, так і вологості. Так, вплив холодних струменів повітря на шкірний покрив тварин різко збільшує тепловіддачу організмом тварин і підсилюється дія апарата терморегуляції. Відповідно до сучасних технологічних схем систем мікроклімату сільськогосподарських приміщень для зимового й перехідного періодів року передбачається

припливна вентиляція в поєднанні з підігрівом припливного повітря при нестатку теплоти.

### 3.2 Розрахунок вентиляції та опалення

Годинну кількість припливного повітря ( $\text{м}^3/\text{год}$ ), необхідну для зниження концентрації вуглекислоти, обчислюють за формулою :

$$Q_{CO_2} = \frac{k_1 c n}{(c_1 - c_2)}, \quad (3.1)$$

де  $k_1$  – коефіцієнт, який враховує виділення вуглекислоти мікроорганізмами і підстилкою, приймається рівни 1,2%;  $c$  – кількість  $\text{CO}_2$ , який виділяється однією твариною, л/год,  $c = 142$  л/год;  $n$  - кількість тварин у приміщенні,  $n = 240$  голів;  $c_1$  – гранично припустима концентрація  $\text{CO}_2$  у повітрі приміщення, л/м<sup>3</sup>,  $c_1 = 2,5$  л/м<sup>3</sup>;  $c_2$  – концентрація  $\text{CO}_2$  у зовнішньому повітрі, л/м<sup>3</sup>, для сільської місцевості  $c_2 = 0,3 \dots 0,4$  л/м<sup>3</sup>, приймаємо  $c_2 = 0,3$  л/м<sup>3</sup>.

Підставляючи ці значення у формулу (3.1) отримаємо:

$$Q_{CO_2} = \frac{1,2 \cdot 142 \cdot 240}{2,5 - 0,3} = 18589 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Кількість припливного повітря ( $\text{м}^3/\text{год}$ ), необхідна для видалення водяних парів, розраховується за формулою :

$$Q_w = \frac{W}{(d_e - d_n) \rho}, \quad (3.2)$$

$W$  - маса вологи, що виділяється в приміщенні, г/год;  $d_e$  й  $d_n$  - вологовміст внутрішнього й зовнішнього повітря, г/кг сухого повітря;  $\rho$  - густина повітря при температурі приміщення, кг/м<sup>3</sup>.

Сумарні вологовиділення (г/год) у приміщенні для тварин підраховують за формулою :

$$W = W_m + W_{\text{вип}}, \quad (3.3)$$

де  $W_m$  – волога, яка виділяється тваринами, г/год;  $W_{\text{вип}}$  – волога, яка випаровується з мокрих поверхонь приміщення, г/год.

$$W_m = n w k_t \quad (3.4)$$

де  $n$  - кількість тварин;  $w$  - виділення водяних парів однією твариною, г/год,  $w = 455$  г/год;  $k_t$  - коефіцієнт, що враховує зміну кількості виділюваних твариною водяних парів залежно від температури повітря всередині приміщення,  $k_t = 1$  [1].

$$W_m = 240 \cdot 455 \cdot 1 = 109200 \text{ г/ год.}$$

$$W_{\text{вип}} = \xi W_m, \quad (3.5)$$

де  $\xi$  - коефіцієнт, рівний для корівників (0,1...0,25) [1], приймаємо  $\xi = 0,1$ .

$$W_{\text{вип.}} = 0,1 \cdot 109200 = 10920 \text{ г/год.}$$

За формулою (3.58) маємо:  $W = 109200 + 10920 = 120120$  г/год.

Вологовміст внутрішнього й зовнішнього повітря знаходять за H-d діаграмою:  $d_e = 5,5$  г/кг сухого повітря,  $d_n = 0,3$  г/кг сухого повітря.

Густина повітря при температурі приміщення  $t_e = 10$  °С:

$$\rho = \frac{346}{273+t}, \quad (3.6)$$

$$\rho = \frac{346}{273+10} = 1,22 \text{ кг/м}^3$$

Підставляючи знайдені значення у формулу (2.18), знаходимо :

$$Q_w = \frac{120120}{(5,5 - 0,5)1,22} = 19692 \text{ м}^3/\text{ год.}$$

Таким чином за максимальну подачу повітря (повітрообмін) приймається повітрообмін, необхідний для видалення надлишкової вологи  $L_B = 19692 \text{ м}^3 / \text{ год.}$

Перевірка надлишку тепла  $\Phi_{нт} = |\Phi_{огр} - \Phi_m|$ ,

Вільна теплота, яка виділяється тваринами, визначається за формулою:

$$\Phi_m = ngk_t,$$

де  $g$ - тепловиділення однією твариною,  $g = 799$  Вт [3];  $k_t = 1$ .

$$Q_m = 240 \cdot 793 \cdot 1 = 190320 \text{ Вт}$$

Тоді  $Q_{нт} = |164372,45 - 190320| = 25948 \text{ Вт.}$

Повітрообмін за надлишковою теплотою визначається за формулою:

$$Q_{\phi} = \frac{3,6 \Phi_{nm}}{C_0(t_e - t_n) \cdot \rho}, \quad (3.7)$$

де  $C_p$ - питома ізобарна теплоємність повітря,  $C = 1$  кДж/кг·с.

$$Q_{\phi} = \frac{3,6 \cdot 25948}{1 \cdot (10 + 31) \cdot 1,22} = 1867,5 \text{ Вт}$$

Необхідний повітрообмін  $L$  (м<sup>3</sup>/год) для тваринницьких приміщень приймається за найбільшою із двох величин:  $Q_{CO_2}$  або  $Q_W$ , тому за розрахунковий приймаємо повітрообмін за вологовиділенням -  $Q_W$ .

Правильність розрахунку перевіряють за кратності повітрообміну:

$$K = \frac{Q}{V_{II}}, \quad (3.8)$$

де:  $Q$  - розрахунковий повітрообмін, м<sup>3</sup>/ год.;  $V_{II}$  – об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

$$V_n = 90 \cdot 21 \cdot 3,8 + 90 \cdot (21 \text{tg} 15) / 2 = 7435 \text{ м}^3.$$

$$Q = 19692 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За формулою (2.23)  $K = \frac{19692}{7435} = 3$ , що відповідає нормам для

тваринницьких приміщень у холодний період року ( $K=3\dots 5$ ).

Отже, розрахунок зроблено вірно.

Площа перерізу (м<sup>2</sup>) всіх витяжних шахт при природній тязі:

$$F = \frac{Q}{(3600 v_{н.ш.})}, \quad (3.9)$$

де  $v_{п.ш.}$  – швидкість руху повітря у витяжній шахті, м/с;  $Q$  – розрахунковий повітрообмін, м<sup>3</sup>/ ч.;

$$v_{н.ш.} = 2,2 \sqrt{\frac{h(t_{вн} - t_{зов.})}{273}}, \quad (3.10)$$

де  $h$  – висота витяжної шахти, м.;  $t_{вн}$  – розрахункова температура всередині приміщення, °С;  $t_{зов.}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

Для забезпечення надійної вентиляції приміщення значення  $h$  повинне бути 3...10 [7]. Приймаємо  $h = 4$  м.,  $t_{вн.} = 10$  °С,  $t_{зов.} = -31$  °С [7].

$$v_{н.ш.} = 2,2 \sqrt{\frac{5 \cdot (10 + 16)}{273}} = 1,52 \text{ м / с.}$$

За формулою (4.9) знаходимо площу перерізу всіх витяжних шахт :

$$F = \frac{22377}{3600 \cdot 1,52} = 4,09 \text{ м}^2.$$

Кількість витяжних шахт :

$$n = \frac{F}{f}, \quad (3.11)$$

де:  $f$  – площа живого перерізу однієї шахти,  $\text{м}^2$ .

Вибираємо витяжні шахти квадратного перерізу зі стороною 700 мм.  $f=0,49 \text{ м}^2$  [7].

$$n = \frac{4,09}{0,49},$$

Приймаємо 8 витяжних шахт.

Приймаємо опалення повітряне, суміщене з вентиляцією.

Теплову потужність (Вт) системи опалення й вентиляції визначають за рівнянням теплового балансу:

$$\Phi_{\text{оп.}} = \Phi_{\text{огр.}} + \Phi_{\text{п.}} + \Phi_{\text{вип.}} + \Phi_{\text{інф.}} - \Phi_{\text{т.}} \quad (3.12)$$

де  $\Phi_{\text{огр.}}$ ,  $\Phi_{\text{в.}}$ ,  $\Phi_{\text{исп.}}$ ,  $\Phi_{\text{інф.}}$  – теплові потоки, що втрачаються приміщенням відповідно через зовнішні огороження, на нагрівання припливного повітря, випаровування в приміщенні, на інфільтрацію повітря, Вт;  $\Phi_{\text{т.}}$  – тепловий потік, що надходить у приміщення від тварин, Вт.

Потік теплоти, що втрачаються приміщенням відповідно через зовнішні огороження:

$$\Phi_{\text{огр.}} = \Phi + \Phi_{\text{доб.}}, \quad (3.13)$$

де:  $\Phi$  – основні втрати теплоти через окремі огороження, Вт.;  $\Phi_{\text{доб.}}$  – додаткові втрати теплоти, Вт.

$$\Phi = \left( \frac{F}{R_o} \right) (t_e - t_z) n, \quad (3.14)$$

де:  $R_o$  – загальний опір теплопередачі огороження,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .;  $F$  – площа поверхні огороження,  $\text{м}^2$ ;  $t_e$  і  $t_z$  – розрахункові температури внутрішнього й зовнішнього повітря,  $\text{°C}$ ;  $n$  – коефіцієнт, що залежить від положення зовнішнього огороження стосовно зовнішнього повітря.

$$R_O = R_{\hat{a}} + \left( \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) + R_{\zeta} \quad (3.15)$$

де  $R_B$  – термічний опір теплосприймання внутрішньої поверхні огороження,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;  $\delta_i / \lambda_i$  – сума термічних опорів теплопровідності окремих шарів т-шарного огороження товщиною  $\delta_i$  (м), виконаних із матеріалів з теплопровідністю  $\lambda_i$  ( $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ );  $R_{\zeta}$  – термічний опір тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ .

Втрати теплоти через підлогу: підлога бетонна  $\lambda_{\delta} = 1,8 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  [7]. Підлога не утеплена, так як  $\lambda_{\delta} > \lambda_{y.n.}$ , ( $1,8 > 1,16$ ) [7].

Розділивши площу підлоги на двометрові зони, паралельні зовнішній стіні, одержимо три зони шириною по два метра і одну шириною 11 м. Втратами теплоти через внутрішні торцеві стіни знехтуємо.

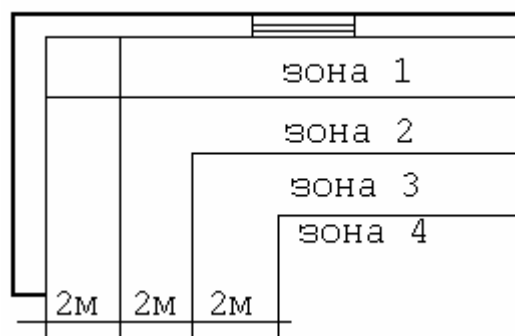


Рис. 2.1. Розбивка підлоги на зони

Площі зон :  $F1 = 396 \text{ м}^2$ .  $F2 = 348 \text{ м}^2$ .  $F3 = 316 \text{ м}^2$ .  $F4 = 594 \text{ м}^2$ .

Опір теплопередачі для кожної зони не утеплених підлог :

$$R_{O1} = 2,15 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, R_{O2} = 4,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, R_{O3} = 8,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}, \\ R_{O4} = 14,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

За формулою (2.29):

$$\hat{O} = 1 \times \left[ \frac{396}{2,15} + \frac{348}{4,3} + \frac{316}{8,6} + \frac{594}{14,2} \right] \times (10 + 31) = 12373,8 \text{ Вт}.$$

Втрати теплоти через зовнішні стіни : матеріал стін – силікатна цегла  $\delta=0,64 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,81 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ,  $R_B = 0,115 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ,  $R_{\zeta} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$  [7].

За формулою (2.30):

$$R_o = 0,115 + \left( \frac{0,64}{0,81} \right) + 0,043 = 0,948 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Площа стін без врахування площ дверей і вікон :

$$F = (90 \cdot 3,8 + 21 \cdot 3,8) \cdot 2 - (3,54 \cdot 3,59) \cdot 4 - (1,51 \cdot 2,1) \cdot 5 - (1,31 \cdot 2,1) = 790 \text{ м}.$$

За формулою (2.29):

$$\Phi_c = \left( \frac{790}{0,948} \right) \cdot (10 + 31) = 34167,5 \text{ Вт}.$$

Втрати теплоти через двері.

$$\text{Ворота ВР1: } F = (3,54 \cdot 3,59) \cdot 4 = 50,8 \text{ м}^2, R_o = 0,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} [7].$$

За формулою (3.55):

$$\Phi_e = \left( \frac{50,8}{0,43} \right) \cdot (10 + 31) = 4847 \text{ Вт}.$$

$$\text{Дверний блок Д1: } F = (1,51 \times 2,1) \times 5 = 15,86 \text{ м}^2, R_o = 0,43 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} [7].$$

$$\Phi_e = \left( \frac{15,86}{0,43} \right) \cdot (10 + 31) = 1512 \text{ Вт}.$$

$$\text{Дверний блок Д3 : } F = (1,31 \times 2,1) \times 1 = 2,75 \text{ м}^2, R_o = 0,215 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} [7].$$

$$\Phi_e = \left( \frac{2,75}{0,215} \right) \cdot (10 + 31) = 524,4 \text{ Вт}.$$

$$\hat{O}_a = 4847 + 1512 + 524,4 = 6883,4 \text{ Вт}.$$

Втрати теплоти через вікна:

$$F = (1,82 \times 0,8) \times 19 = 27,7 \text{ м}^2, R_o = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт} [7].$$

За формулою (2.13)

$$\Phi_m = \left( \frac{27,7}{0,38} \right) \cdot (10 + 31) = 2984,8 \text{ Вт}.$$

Втрати теплоти через перекриття: перекриття складається із залізобетонних плит  $\delta = 0,08 \text{ м}$ ,  $\lambda = 1,98 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$  [7]; бітумного покриття  $\delta = 0,008 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,27 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$  [1]; утеплювача з мінеральної вати  $\delta = 0,08 \text{ м}$ ,  $\lambda = 0,07 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$  [1];  $R_B = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ ,  $R_3 = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  [7].

$$\text{Площа перекриття : } F = (12 \times 90) \times 2 = 2160 \text{ м}^2.$$

За формулою (2.30):

$$R_O = 0,115 + \left[ \frac{0,01}{0,49} + \frac{0,02}{0,27} + \frac{0,07}{0,07} + \frac{0,15}{1,98} \right] + 0,043 = 1,328 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

За формулою (2.13) :

$$\Phi_n = \left( \frac{2160}{1,328} \right) \cdot (10 + 31) = 66687 \text{ Вт}.$$

Загальні втрати через огороження:

$$\Phi_{\text{ОГР}} = \Phi_{\text{ПД}} + \Phi_{\text{С}} + \Phi_{\text{Д}} + \Phi_{\text{О}} + \Phi_{\text{П}} = 12373,8 + 34167,5 + 6883,4 + 2984,8 + 66687 = 123096,5 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати:

1. Додаткові втрати через двері при їхньому короткочасному відкриванні становлять 80% від основних втрат через двері [7]. Ворота В1 і дверний блок ДЗ не є дверима для тамбурів.

$$\Phi_{\text{ДОД.}} = 0,8 \cdot 1512 = 1209,6 \text{ Вт}.$$

2. Додаткові втрати через стіни, вікна й двері, звернені на північ, схід, північний схід і північний захід становлять 10% від основних втрат через ці огороження, на південний схід і захід - 5%.

Північ: За формулою (2.13) :

$$\Phi_{\text{доод.пн}} = \left( \frac{54,4}{0,948} \right) \cdot (10 + 31) \cdot 0,1 = 235,3 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{\text{доод.с}} = \left( \frac{25,4}{0,43} \right) \cdot (10 + 31) = 242,4 \text{ Вт}.$$

$$\Phi_{\text{ДОД.}} = 235,3 + 242,4 = 477,7 \text{ Вт}.$$

Схід: За формулою (2.29) :

$$\Phi_{\text{доод.сх}} = \left( \frac{317,9}{0,948} \right) \cdot (10 + 31) \cdot 0,1 = 1374,9 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{\text{доод.с}} = \left( \frac{9,5}{0,43} \right) \cdot (10 + 31) \cdot 0,1 = 90,7 \text{ Вт}.$$

$$\Phi_{\text{доод.о}} = \left( \frac{14,56}{0,38} \right) \cdot (10 + 31) \cdot 0,1 = 157 \text{ Вт}.$$

$$\Phi_{\text{ДОД.}} = 1374,9 + 90,7 + 157 = 1622,6 \text{ Вт}.$$

Південь: За формулою (2.29) :

$$\Phi_{\text{доб.но}} = \left( \frac{54,4}{0,948} \right) \cdot (10 + 31) \cdot 0,05 = 117,65 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{\text{доб.в}} = \left( \frac{25,4}{0,43} \right) \cdot (10 + 31) \cdot 0,05 = 121,2 \text{ Вт.}$$

$$\Phi_{\text{ДОД.}} = 117,65 + 121,2 = 238,6 \text{ Вт.}$$

Захід: За формулою (2.29):

$$\Phi_{\text{доб.зх}} = \left( \frac{322,56}{0,948} \right) (10 + 31) \cdot 0,05 = 697,5 \text{ Вт}$$

$$\Phi_{\text{доб.в}} = \left( \frac{6,34}{0,43} \right) (10 + 31) \cdot 0,05 = 30,24 \text{ Вт.}$$

$$\Phi_{\text{доб.о}} = \left( \frac{13,1}{0,38} \right) (10 + 31) \cdot 0,05 = 70,7 \text{ Вт.}$$

$$\Phi_{\text{ДОД.}} = 697,5 + 30,24 + 70,7 = 798,5 \text{ Вт.}$$

3. Додаткові втрати на інфільтрацію зовнішнього повітря, яке інфільтрується через притвори вікон, дверей і воріт для тваринницьких приміщень приймаємо рівними 30 % основних втрат через всі огороження.

$$\Phi_{\text{ИНФ.}} = 0,3\Phi, \quad (3.16)$$

$$\Phi_{\text{ИНФ.}} = 0,3 \cdot 123096,5 = 36928,95 \text{ Вт.}$$

Знаходимо загальні додаткові втрати:

$$\Phi_{\text{ДОД.}} = 1209,6 + 477,7 + 1622,6 + 238,6 + 798,5 + 36928,95 = 41275,95 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати через огороження :

$$\Phi_{\text{ОГР}} = \Phi_{\text{ОГР}} + \Phi_{\text{ДОД.}} = 123096,5 + 41275,95 = 164372,45 \text{ Вт.}$$

Теплота, що витрачає на нагрівання припливного повітря, визначається за формулою :

$$\Phi_n = 0,278 Q \rho c (t_e - t_n), \quad (3.17)$$

де:  $Q$  - розрахунковий повітрообмін приміщення, м<sup>3</sup>/ год.;  $\rho$  - густина повітря при розрахунковій температурі  $t_B$  всередині приміщення, кг / м<sup>3</sup>.;  $c$  - питома теплоємність повітря, кДж / кг · °С;  $t_B = t_k$  - розрахункова температура усередині приміщення після калорифера, °С;  $t_{\text{зов.}}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

$$\Phi_n = 0,278 \cdot 22377 \cdot 1,22 \cdot 1 \cdot (10 + 31) = 311164,7 \text{ Вт.}$$

Витрата теплоти на випаровування вологи:

$$\Phi_{\text{вип}} = 0,692 W_{\text{вип}}, \quad (3.18)$$

$$\Phi_{\text{вип.}} = 0,692 \cdot 27300 = 18891,6 \text{ Вт.}$$

Визначення вільної теплоти, яка виділяється тваринами:

$$\Phi_m = n q k_t, \quad (3.19)$$

де:  $n$  – кількість тварин ;  $q$  – потік вільної теплоти, яка виділилася однією твариною, Вт;  $k_t$  – коефіцієнт, що враховує зміну кількості виділеної тваринами теплоти залежно від температури повітря усередині приміщення.

$$n = 240, \quad q = 793 \text{ Вт} [28], \quad k_t = 1 [12].$$

$$\Phi_{m.} = 240 \cdot 793 \cdot 1 = 190320 \text{ Вт.}$$

Підставляючи знайдені значення у формулу, знаходимо :

$$\hat{O}_{\text{ндо}} = 123096,5 + 190320 + 18891,6 - 190320 = 178917 \text{ Вт}$$

Для цього приміщення вибираємо два електрокалорифери СФОЦ - 100/0,5. Потужність одного електрокалорифера 90 кВт. Подача вентилятора 1,25...2,5 м<sup>3</sup>/с [5], що буде забезпечувати необхідний повітрообмін.

### 3.3. Вибір вентилятора та електродвигуна

Знаходимо розрахунковий повний тиск, що повинен розвивати вентилятор:

$$p_B = 1,1[\sum (Rl + Z) + p_{\text{д.вих}} + p_K], \quad (3.20)$$

де 1,1 – запас тиску на непередбачені опори,  $\sum (Rl + Z)$  - втрати тиску на тертя в місцевих опорах у найбільш протяжливий гілці вентиляційної мережі, Па,  $Z = \sum \zeta p_{\text{д}}$  – втрата тиску в місцевих опорах ділянки повітропроводу, Па,  $\zeta$  - сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці [7],  $p_{\text{д}} = \frac{v^2 \rho}{2}$  - динамічний тиск потоку повітря, Па,  $v$  - швидкість руху повітря в трубопроводі, м/с,  $\rho$  - густина повітря, кг·м<sup>3</sup>,  $p_{\text{д.вих}}$  - динамічний тиск на виході з мережі, Па,  $p_K$  – опір калориферів, Па,  $l$  - довжина ділянки повітропроводу, м.

За допомогою номограми [7] визначаємо наступні показники найбільш протяжної гілки вентиляційної мережі (ділянки 1, 2 й 5), покажемо на прикладі ділянки №1:

питома втрата тиску на тертя:  $R_l = 3,5$  Па/м;

динамічний тиск потоку повітря:  $P_{dl} = 135$  Па (при  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>).

Фактична густина припливного повітря, температура якого 4 °С,  $\rho = 1,245$  кг/м<sup>3</sup>. Тому

$$p_{dl} = 135 \cdot \frac{1,245}{1,2} = 140 \text{ Па}$$

Обчислимо значення  $Rl$ :

$$R_l \cdot l_1 = 3,6 \cdot 6 = 21,6 \text{ Па}$$

Визначимо коефіцієнти місцевих опорів [7].

Ділянка 1: вхід у жалюзійну решітку з поворотом потоку -  $\zeta = 2$ ;

дифузор у вентилятора -  $\zeta = 0,15$ ;

відвід 90° круглого перерізу ( $R/d = 2$ ) -  $\zeta = 0,15$ ;

$$\Sigma\zeta = 2,3.$$

Ділянка 3: раптове звуження перерізу ( $\frac{F_2}{F_1} = 0,96$ ) -  $\zeta = 0,1$ ;

$$\Sigma\zeta = 0,1$$

Ділянка 4: відвід 90° круглого перерізу ( $R/d = 2$ ) -  $\zeta = 0,15$ ;

15 вихідних отворів ( $v_0/v_1 = 6/8 = 0,75$ ) -

$$\zeta = 1,25 \cdot 15 = 18,75;$$

$$\Sigma\zeta = 18,19.$$

Визначимо втрату тиску в місцевих опорах ділянки повітропроводу за формулою:

$$Z = \Sigma\zeta p_{dl}, \quad (3.21)$$

$$Z_l = 2,3 \cdot 140 = 322 \text{ Па}$$

Визначимо сумарні втрати тиску  $Rl+Z$  на ділянках і для всієї розрахованої гілки вентиляційної мережі ( $\Sigma(Rl+Z)$ ).

Розрахункові дані заносимо в таблицю 4.1.

Обчислимо динамічний тиск на виході з мережі для швидкості  $v=6$  м/с.

$$p_{d.vix} = 6^2 \cdot \frac{1,22}{2} = 21,96 \text{ Па.}$$

Опір калорифера СФОЦ-100/05  $p_k=120$  Па [7].

## Розрахунок системи вентиляції

№ ділянки.	$Q$ , м <sup>3</sup> /год	$l$ , м	$\nu$ , м/с	$d$ , мм	$R$ , Па/м	$R \cdot l$ , Па	$\Sigma \zeta$	$P_{\partial}$ , Па	$Z$ , Па	$R \cdot l + Z$ , Па
1	11189	6	15	510	3.5	21	2,3	140	322	343
3	5595	10	12	460	2.4	24	0,1	88	0	24
4	5595	30.5	8	490	2.6	79.3	18.9	40	756	835.3
									$\Sigma(R \cdot l + Z) =$	1202.3

За формулою (4.20) знаходимо повний тиск, який повинен розвивати вентилятор:

$$p_B = 1.1 \cdot [1202,3 + 21,96 + 120] = 1478.7 \text{ Па.}$$

Виходячи із  $Q_e = 11189 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $p_e = 1478,7 \text{ Па}$ , вибираємо вентилятор ВЦ4-75-6,3,  $\eta_e = 0,84$  [14].

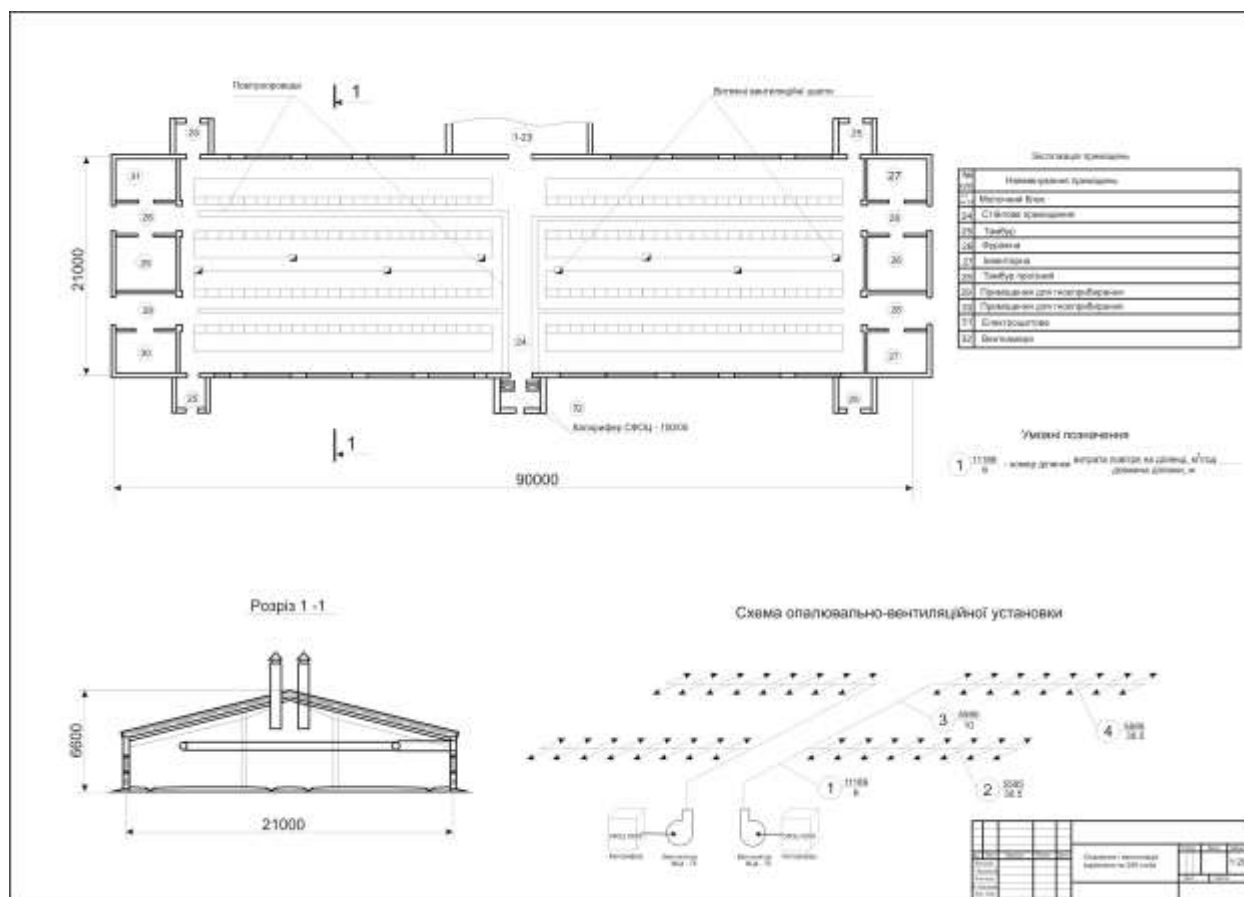


Рис. 3.1. Опалення та вентиляції корівника на 240 голів

Потужність двигуна вентилятора, кВт:

$$P_B = \frac{K_3 Q_6 P_6}{3.6 \cdot 10^{-6} \eta_6 \eta_n}, \quad (3.22)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт запасу,  $K_3 = 1,1$ ;  $\eta_n$  – ККД передачі, для клинопасової передачі  $\eta_n = 0,95$ .

$$P_B = \frac{1,1 \cdot 11700 \cdot 1475}{3.6 \cdot 10^{-6} \cdot 0.84 \cdot 0.95} = 6,6 \text{ кВт.}$$

Вибираємо двигун АИР132М6/4УХЛ1 з потужністю на вищій швидкості 7,5 кВт.

Схема опалення та вентиляції корівника представлена на рис. 4.1.

### 3.4 Розроблення та опис функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації містить функціональні вузли контролю, регулювання й керування (рис. 3.2).

Регулювання температури повітря в приміщенні відбувається за так.

При досягненні температури повітря в приміщенні  $8^{\circ}\text{C}$  у роботу включається 3 канал регулювання. Вузол регулювання температури включає датчик температури ТЕ (поз. 1-а), встановлений у приміщенні. Сигнал з датчика температури надходить на безшкальний регулюючий пристрій ТС (поз 1-б), розташований на щиті керування. Цим пристроєм є регулятор температури. Регулювання температури здійснюється в автоматичному й ручному режимах. Для цього на щиті керування встановлений перемикач NS (поз.- 1-в). При автоматичному режимі роботи сигнал з терморегулятора через перемикач NS діє на виконавчий механізм NS (поз. 1-г), яким є магнітний пускач. Виконавчий механізм керує роботою регульовального органа – 1-я секція електрокалорифера. У ручному режимі для включення й відключення регульовального органа служить кнопка Н.

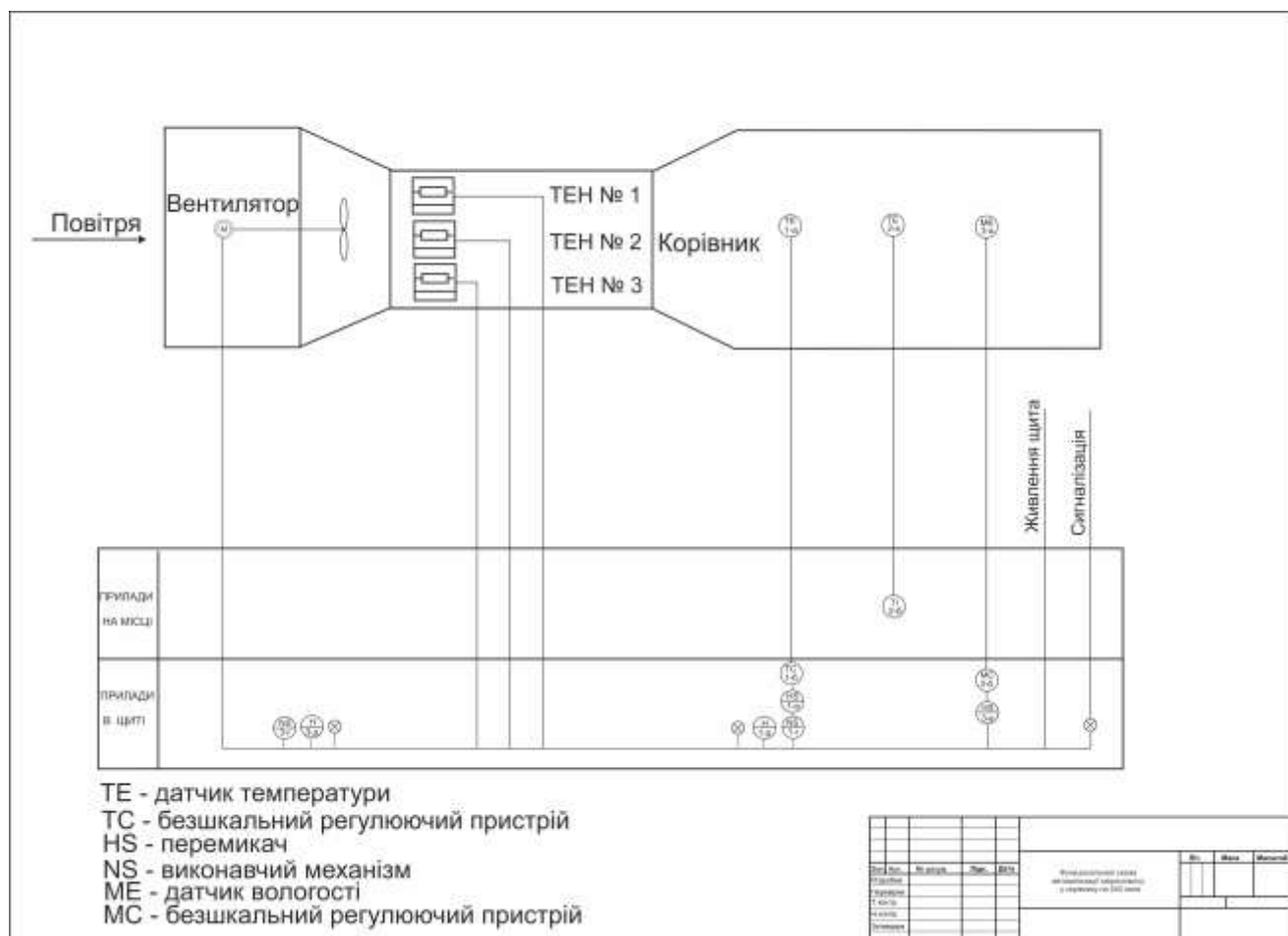


Рис. 3.2. Функціональна схема автоматизації мікроклімату у корівнику на 240 голів

Якщо температура повітря в приміщенні стане нижче  $2^{\circ}\text{C}$ , у роботу включається 4 канал регулювання. Регулювання відбувається аналогічно попередньому колу регулювання. У роботі будуть брати участь дві секції електрокалорифера.

Регулювання вологості відбувається теж двома каналами. Перший працює, коли відносна вологість починає перевищувати значення 70 %, а другий – при відносній вологості понад 85 %. Сигнал з датчика вологості ME (поз. 3-а) надходить на безшкальний регулюючий пристрій MC (поз. 3 б), яким є регулятор вологості. Далі процес регулювання відбувається так, як і при регулюванні температури, тільки регулювальним органом є вентилятор з електродвигуном, що працює або на першій або на другій швидкості. При регулюванні вологості по першому каналу працює 1-ша швидкість, по другому – 2-га швидкість вентилятора.

При включенні й відключенні роботи регулювальних органів свідчать

сигнальні лампи, встановлені на щиті керування.

Контроль температури здійснюється ртутним термометром, що встановлюється за місцем.

### 3.5 Розроблення та опис принципіальної електричної схеми керування параметрів температури та вологості в корівнику

Принципіальна електрична схема керування представлена на рис. 4.3.

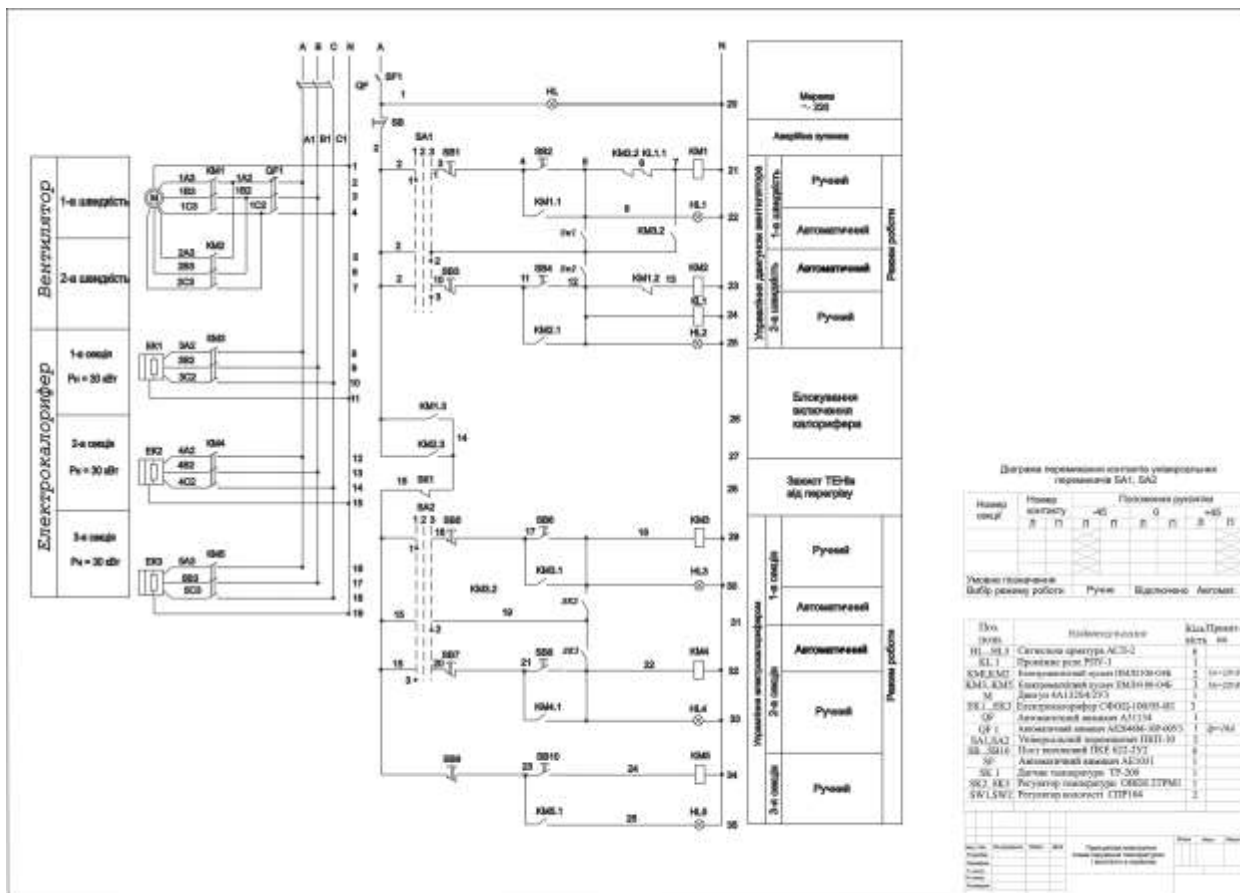


Рис. 3.3. Принципіальна електрична схема керування температурою і вологістю в корівнику

Напряга в силове коло подається при вмиканні автоматичного вимикача *QF*. Двошвидкісний електродвигун привода вентилятора захищається від аварійних режимів автоматичними вимикачами *QF1* і *QF2*. Калорифер включається при замиканні контактів електромагнітних пускачів *KM3*, *KM4* і *KM5*.

Напряга в схему керування подається при вмиканні вимикача *SF*, при

цьому загоряється сигнальна лампа *HL*.

Аварійна зупинка установки здійснюється за допомогою кнопки *SB* «Аварійна зупинка».

Схема передбачає два режими роботи – ручний й автоматичний. У ручному режимі перемикачі *SA1* та *SA2* встановлюються в положення «1». При цьому керування вентилятором здійснюється натисканням кнопок *SB1...SB4*. При натискання кнопки *SB2* спрацьовує магнітний пускач *KM1*. Електродвигун вентилятора починає працювати на першій швидкості.

Для запобігання подачі напруги відразу на обидві обмотки електродвигуна в схемі передбачене блокування за допомогою контактів *KM1.2* і *KM2.2*

Контакти *KM1.3* і *KM2.3* призначені для того, щоб не допустити вмикання нагрівача при відключеному електродвигуні вентилятора або при його аварійній зупинці.

Керування калорифером у ручному режимі здійснюється за допомогою кнопок *SB5...SB10*. Передбачається відключення калорифера контактом *SK1* датчика температури 2ТРМ1 [20] при підвищенні температури на нагрівальних елементах вище 190 °С.

В автоматичному режимі перемикачі *SA1* й *SA2* ставляться в режим «3». При цьому залежно від вологості усередині приміщення вентилятор буде працювати на першій або другій швидкості. При цьому будуть замкнені контакти датчика вологості *SW1* або *SW2*. Перша й друга секція електрокалорифера в автоматичному режимі включається в роботу при замикання контактів *SK2* й *SK3* терморегуляторів. Третя секція електрокалорифера працює тільки в ручному режимі.

Блокування контактом *KM5.2* передбачене для того, щоб не допустити роботу вентилятора на другій швидкості в холодний період, коли включені всі три секції калорифера, тим самим воно запобігає переохолодженню приміщення. Для контролю за роботою станції керування використовується сигнальна арматура *HLL.. HL5*.

### 3.6 Вибір силового обладнання

Установка для створення мікроклімату у корівнику складається з електрокалорифера СФОЦ-100/0,5-И1, відцентрового вентилятора ВЦ4-75-6,3, шафи керування, датчиків температури й вологості та системи розподільних повітропроводів. Для привода вентилятора використовується двошвидкісний двигун, щоб змінювати подачу повітря й тим самим регулювати вологість усередині приміщення.

Електричні калорифери все частіше застосовуються для створення оптимального мікроклімату у тваринницьких приміщеннях. Зручності в експлуатації, забезпечення зоотехнічних вимог у частині регулювання температури й повітрообміну, можливість повної автоматизації – основні переваги, якими володіють електричні калорифери. Велике значення має й те, що електричні калорифери в порівнянні з іншими типами повітронагрівачів володіють більше високим ККД, вони більш компактні, зручні в обслуговуванні, постійно готові до роботи та, нарешті теплопродуктивність можна регулювати в широких межах і відносно простими способами. Вибрано електрокалорифер типу СФОЦ. Це пояснюється їх добрим теплотехнічними показниками, проста і зручна конструкція, раціональною електричною схемою, наявністю широкої уніфікованої шкали модифікацій за потужністю. Опалювальні електрокалорифери серії СФОЦ із трубчастими ребреними нагрівачами (потужністю від 25 до 259 кВт) призначені для нагрівання повітря до температури 50 °С у системах повітряного опалення, вентиляції.

При розрахунках системи опалення був вибраний електрокалорифер СФОЦ 1000/0.5 –И1.

Повітронагрівальна установка складається з електрокалорифера, перехідного патрубку, м'якої вставки, відцентрового вентилятора й рами. Електрокалорифер серії СФОЦ має кожух і трубчасті нагрівальні елементи. Кожух являє собою збірну конструкцію з листової сталі. Для збільшення поверхні нагрівання трубки нагрівача мають ребра з алюмінію.

### Технічні характеристики електрокалорифера

Найменування показників калорифера СФОЦ- 100/0,5-и1									
Загальна потужність, кВт	Потужність кожної секції, кВт	Номинальна потужність електроподвигуна, кВт	Число робочих нагрівників в одній секції, шт	Число робочих нагрівників, шт.	Подача повітря, м <sup>3</sup> /с	Максимально допустима температура нагрівників, °С	Перепад температури повітря, °С	Опір калорифера за повітрям, Н/м <sup>2</sup>	Маса, кг
97,5	30	7,5	12	36	1,25-2,5	150	50	20.6	190

Задана температура вихідного повітря підтримується автоматично двома контактами термометра, датчиками, які встановлені на виході повітря з калорифера.

Електрокалорифер СФОЦ призначений для роботи від трифазної мережі напругою 380 В. Нагрівачі кожної секції з'єднані в зірку, а при напрузі 220 В – у трикутник.

Вентилятори виконані за одним аеродинамічним принципом та за однією схемою, мають геометричні розміри й відносяться до одного типу. Вентилятори одного типу, але різних розмірів (номерів) складають серію. При розрахунках вентиляції вибраний вентилятор ВЦ4-75-6,3 (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

### Технічні характеристики відцентрового вентилятора ВЦ4-75-6,3

Тип вентилятора	Діаметр робочого колеса, D/D <sub>н</sub>	Подача, тис. м <sup>3</sup> /год від до	Повний тиск, Н/м <sup>3</sup> від до	Частота обертання, об/хв від до	Потужність, кВт від до	Маса, кг	ККД, %
ВЦ4-75-6,3	1,05	7,55–11,7	615–1475	930–1440	2.8–10	144,3	0,84

Для привода вентилятора вибраний електродвигун АИР132М6/4УХЛ1. Паспортні дані представимо у і таблиці 3.4.

## Паспортні дані двигуна АИР132М6/4УХЛ1

$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	$\eta$ , %	$\cos\varphi$	$\frac{I_{\text{пуск}}}{I_n}$	$\frac{M_{\text{пуск}}}{M_n}$	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_n}$	$\frac{M_{\text{мін}}}{M_n}$
6,7/7,5	15,9/15,1	84,5/84	0,76/0,9	6,0	1,9/1,5	2,6/2,2	1,3/1,0

Вибір автоматичного вимикача QF1 проводимо за умовами:

Автоматичний вимикач вибираємо за умовами:

$$U_{\text{на}} \geq U_{\text{мережі}}; \quad (3.23)$$

$$I_{\text{на}} \geq I_{\text{н.дв.}}, \quad (3.24)$$

$$I_{\text{н.т.р.}} \geq I_{\text{р.}}, \quad (3.25)$$

$$I_{\text{ср.ем.р.}} \geq K_z \cdot K_{\text{р.р.}} \cdot K_{\text{р.н.с.}} \cdot K_i \cdot I_{\text{дв.ном.}}, \quad (3.26)$$

де  $U_{\text{на}}$  номінальна напруга автоматичного вимикача, В;  $I_n$  - номінальний струм автоматичного вимикача, А;  $I_{\text{н.т.р.}}$  - номінальний струм теплового розчіплювача, А;  $I_{\text{ср.ем.р.}}$  - струм спрацювання електромагнітного розчіплювача, А;  $K_z$  - коефіцієнт запасу, який приймають рівним 1,1;  $K_{\text{р.р.}}$  - коефіцієнт, що враховує розкид струмів спрацювання електромагнітних розчіплювачів (визначається з технічної характеристики автомата);  $K_{\text{р.н.с.}}$  - коефіцієнт розкиду пускового струму двигуна,  $K_{\text{р.н.с.}}=1,2$ ;  $K_i$  - кратність пускового струму двигуна;  $K_{i.\text{нб.}}$  і  $I_{\text{дв.ном.нб.}}$  - відповідно номінальний струм і кратність пускового струму двигуна групи, який має найбільший пусковий струм.

Вибираємо автоматичний вимикач із комбінованим розчіплювачем АЕ2046М-10Р-00У3 [5], де  $I_{\text{н.авт}} = 63$  А,  $I_{\text{н.т.р.}} = 16$  А.

$$1,25 \cdot I_{\text{макс}} = 1,25 \cdot 12,5 \cdot 7,5 = 117,2 \text{ А.}$$

Струм спрацювання електромагнітного розчіплювача:

$$I_{\text{ср.ем.р.}} = 12 \cdot I_{\text{н.р.}} = 12 \cdot 16 = 192 \text{ А.}$$

Виконуємо перевірку вибраного автоматичного вимикача:

$$I_{\text{ср.ем.р.}} \geq 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 6 \cdot 15,9 = 157,41 \text{ А.}$$

$$192 \geq 157,41 \text{ А. Умови виконуються.}$$

Електромагнітні пускачі КМ1 та КМ2 вибирають за умовами:

$$U_{n.ном.} \geq U_{м.}, \quad (3.27)$$

$$I_{н.п.} \geq I_{н.дв.}, \quad (3.28)$$

$$I_{н.т.р.} \geq I_{н.дв.}, \quad (3.29)$$

$$U_{кот.ном.} = U_{кер.}, \quad (3.30)$$

де  $I_{н.п.}$  – номінальний струм пускача, А;  $I_{н.т.р.}$  – номінальний струм теплового реле, А,  $U_{кот.ном.}$  – номінальна напруга котушки, В.

Вибираємо електромагнітні пускачі ПМЛ-2100-О4Б [5].

Вибір автоматичного вимикача QF виконуємо за умовами (4.1-4.4).

Число секцій електрокалорифера – 3. Число паралельних елементів у секції – 4.

Силу струму одного елемента визначаємо за формулою:

$$I_e = \frac{P}{3 \cdot n \cdot k \cdot U_\phi}, \quad (3.31)$$

де  $P$  – потужність електрокалорифера, кВт;  $n$  – число секцій;  $k$  – число паралельних елементів у секції;  $U_\phi$  – фазна напруга, В.

За формулою (4.9) одержимо:

$$I_э = \frac{90000}{3 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 220} = 11,4 \text{ А.}$$

Струм секції при роботі чотирьох елементів:

$$I_c = I_э \cdot k, \quad (3.32)$$

$$I_c = 11,4 \cdot 4 = 45,6 \text{ А.}$$

За значенням струму  $I_c$  вибираємо електромагнітні пускачі марки КМ3, КМ4, КМ5. Вибираємо електромагнітні пускачі марки ПМЛ-4100-О4Б [5],  $I_n = 63 \text{ А.}$

Розрахунок автоматичного вимикача QF виконуємо за умовою, що виключено всі три секції електрокалорифера та електродвигун працює на вищій швидкості.

Робочий струм установки:

$$I_{р.вуст} = I_{нагр.ел.} + I_{р.двиг.}, \quad (3.33)$$

де:  $I_{нагр.ел.}$  – струм нагрівальних елементів трьох секцій, А;  $I_{р.двиг.}$  – струм електродвигуна на вищій швидкості, А.

За формулою (4.8) одержимо:

$$I_{p.вуст} = 45,6 \cdot 3 + 11,6 = 148,4 \text{ А.}$$

За умовами (5.1-5.4) вибираємо автоматичний вимикач АЕ2066М-10Р-00УЗ [1],  $I_{н.авт.} = 160\text{А}$ ,  $I_{н.т.р} = 160\text{А}$ .

Для перемикання режимів у схемі керування застосовується універсальний перемикач ПКП-10.

Для контролю температури й вологості вибираємо вимірювач-регулятор двоканальний ОВЕН 2ТРМ1, що має:

ДВА ВХОДИ ДЛЯ ВИМІРУ температури або іншої фізичної величини (тиску, вологості, витрати, рівня й т.п.)

ДВА НЕЗАЛЕЖНИХ КАНАЛИ РЕГУЛЮВАННЯ вимірюваних величин за двопозиційним законом або аналоговому П-закону.

РЕГУЛЮВАННЯ Й ОДНОЧАСНА РЕЄСТРАЦІЯ вимірюваної величини при установці ЦАП 4...20 мА в якості другого вихідного пристрою.

ОДНОКАНАЛЬНЕ ТРИПОЗИЦІЙНЕ РЕГУЛЮВАННЯ (із двома різними вставками).

ОБЧИСЛЕННЯ Й ІНДИКАЦІЯ КВАДРАТНОГО КОРЕНЯ з вимірюваних величини (наприклад, для регулювання миттєвої витрати).

ОБЧИСЛЕННЯ РІЗНИЦІ двох вимірюваних величин та її індикація (наприклад, для підтримки вологості психрометричним методом).

ПРОГРАМУВАННЯ кнопками на лицьовій панелі приладу.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАДАНИХ ПАРАМЕТРІВ при відключенні живлення.

Технічні характеристики: номінальна напруга живлення - 220 В 50 Гц, (-15...+10 %); вихідна напруга джерела живлення перетворювачів, що нормують, - 22...30 В; макс. допустимий струм джерела живлення - 50 мА; кількість входів для підключення датчиків - 2; межа припустимої основної погрішності виміру вхідн. параметра (без обліку погрішності датчика) -  $\pm 0,5\%$ ; кількість вихідних пристроїв - 2; габаритні розміри (мм) і ступінь захисту корпусу: щитовий Щ1 96x96x70, IP54\* щитовий Щ2N 96x48x100, IP54\* настінний Н 130x105x65, IP44 DIN-рейковий Д 72x88x54, IP20\*

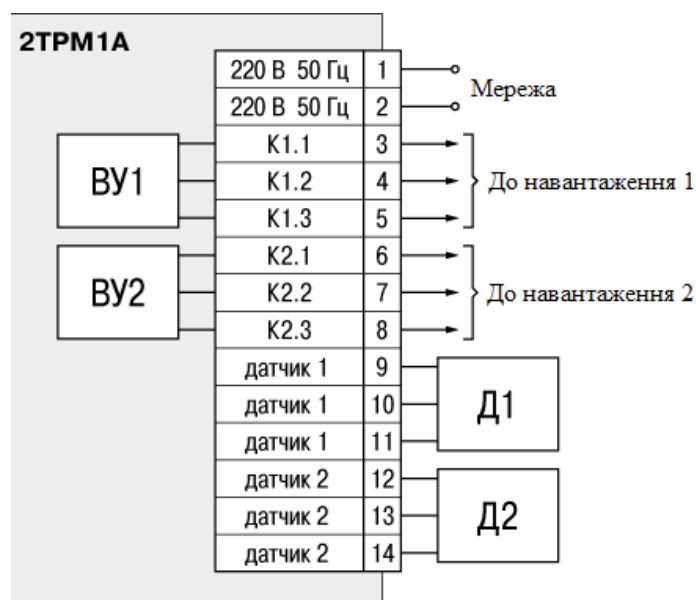


Рис. 3.4. Схема підключення приладу:

Д1, Д2 - вимірювальні датчики; ВУ1, ВУ2 - вихідні пристрої

Режими роботи логічних пристроїв (ЛУ1, ЛУ2):

Кожний ЛУ може працювати в одному із трьох режимів: двопозиційний регулятор, якщо ВУ - ключового типу (модифікації 2TRM1X+X.X.P/ДО/С); аналоговий П-регулятор, якщо ВУ - ЦАП з вихідним сигналом 4...20 мА (модиф. 2TRM1X+X.X.И); вимірник-реєстратор, якщо ВУ - ЦАП з вихідним сигналом 4...20 мА (модиф. 2TRM1X+X.X.И).

Вихідні пристрої (ВУ1, ВУ2)

В 2TRM1 встановлюються 2 ВУ в одному зі сполучень: 2 однакових ключових ВУ (е/м реле, транзисторні або симісторні оптопари); 2 цифроаналогові перетворювачі вихідного сигналу ЛУ в струм 4...20 мА з живленням від зовнішнього джерела; ВУ1 - ключового типу, ВУ2 - ЦАП 4...20 мА.

Встановлюємо датчик температури повітря ОВЕН дТС3014\_Pt1000.B2.50/2, [22]

Функціональна схема приладу представлена на рис. 3.5.

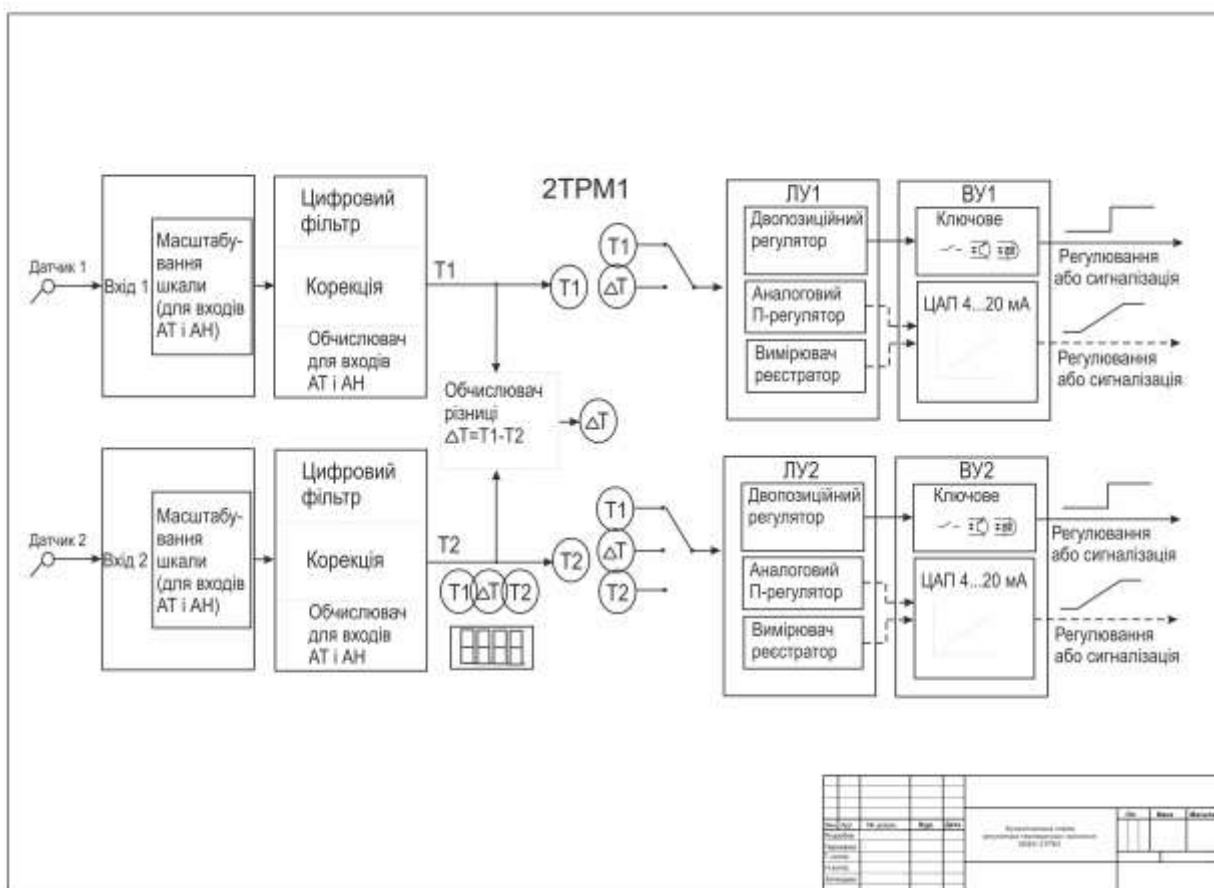


Рис. 3.5. Функціональна схема регулятора температури і вологості ОВЕН 2TRM1

Технічні характеристики: температура середовища  $-50...+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ , погрішність  $(0,3+0,005|t|)\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сенсор Pt1000 PCA1.2010.10L, матеріал захисної гільзи 12X18N10T, матеріал кабелю силіконовий кабель AWG24x2, схема з'єднання двопровідна, ступінь захисту IP67

Вологість у корівнику контролюється двопозиційним регулятором вологості СПР-104 [13].

Установлюємо датчик вологості серії VC, стійкий до аміаку.



Рис.3.6. Датчик вологості

Таблиця 3.5

**Технічні характеристики датчика вологості серії VC:**

Споживана потужність	0...10V, 2x0...1V - <5mA 0...1V <1mA
Мінімальна швидкість повітря	2x4...20mA - >1,5м/с 4...20mA, 2x0...10V - >1м/с 0...10V, 2x0,1V - >0,5м/с
Нагрівання Pt 100 (1м/с, 2mA, 20°C)	0,1K
Матеріал	високоякісна сталь
Електромагнітні характеристики	вироблені перешкоди - EN 55011 кл. В завадостійкість - EN 50082-2

Таблиця 3.6

**Технічні характеристики регулятора СПР-104**

Діапазон регульованої вологості, %	Діапазон температур, °C	Погрішність шкали, %
39...90	-5...+35	±3

Датчик підключається екранованим проводом довжиною до 200 метрів.

### 3.7 Вибір апаратури ручного керування, сигналізації та щита керування

Для керування вентилятором і калорифером вибираємо кнопкові пости ПКЕ 622-2У2 (SB1-SB10). Для реалізації світлової сигналізації вибираємо сигнальну арматуру типу АСЛ-2 [21]. Для керування температурою й вологістю в приміщенні в автоматичному й ручному режимах приймаємо універсальний перемикач ПКУ-3 [21].

Вибір щита керування виконується з урахуванням, що він повинен бути встановлений у вентиляційному приміщенні, у безпосередній близькості від основного технологічного обладнання. При цьому апаратура усередині щита повинна бути захищена від пилу, вологи й механічних ушкоджень, а обслуговуючий персонал від дотику до відкритих струмоведучих частин апаратів і зборорок затискачів. З врахуванням цих та інших факторів приймаємо щит типу ЩШ-ПЗД 2200×600 ×600 [16].

## РОЗДІЛ 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В КОРІВНИКУ

Багатьма дослідженнями визначено оптимальний тепловий режим у приміщеннях для утримання сільськогосподарських тварин [42]. Температура в приміщенні є найважливішим фактором мікроклімату, який суттєво впливає на продуктивність тварин. Для тварин існує оптимальна температура повітря, при якій спостерігається мінімальна витрата кормів на одиницю їх продуктивності [43].

При відхиленнях температури від оптимальної як в бік зниження, так і в бік підвищення продуктивність тварин знижується, а питома витрата кормів зростає. Зниження температури повітря в корівнику до +5 °С призводить до зменшення удою на 30 %.

Значних збитків завдає відключення електроенергії при роботі вентиляційних установок. Через 1,5 години після відключення вентиляції небезпечні концентрації шкідливих газів викликають отруєння тварин. При цьому взимку основний негативний вплив робить концентрація газів, а влітку – підвищення температури.

Параметри мікроклімату в тваринницьких приміщеннях забезпечуються комплектами нагрівального та вентиляційного обладнання.

Зміна показників якості електроенергії призведе до зміни продуктивності електронагрівальних і вентиляційних установок, тому задані теплові умови не будуть витримані, будуть мати місце зниження продуктивності тварин, зростання захворюваності і загибель молодняка.

Зниження напруги в мережах призводить також до зменшення потужності електронагрівальних установок, світлового потоку джерел, до можливого вимикання газорозрядних ламп, що призводить до зниження продуктивності тварин, а, отже, і до нераціонального використання електроенергії.

Відхилення показників якості електроенергії впливає на продуктивність водонасосних установок. Дослідами встановлено, що при порушенні

водопостачання знижується споживання кормів і продуктивність тварин. Так, скорочення кількості води на 40 % знижує удій на 16 % [44].

Своєчасне виконання процесу прибирання гною та посліду також впливатиме на параметри мікроклімату в приміщенні (особливо за газовим складом), звідси – негативний вплив відхилень показників якості електроенергії на продуктивність тварин.

Зниження ПЯЕ (особливо перерви в електропостачанні) значно впливають на процеси доїння та первинної обробки молока. При пропуску доїнь, збільшенні інтервалу між ними, переході на ручне доїння знижуються удої молока, зменшується його жирність. У повному об'ємі удої відновлюються тільки через 7-8 днів. При тривалих перервах можливе вибраковування корів. До зниження удоїв приводять також стреси тварин при відключеннях електроенергії, що виникають в процесі доїння. При припиненні первинної обробки (охолоджуванні) молока воно скисає: скисання молока при температурі 25 °С починається через 6 годин [44].

Зміни технічних характеристик електроустановок при відхиленні показників якості електроенергії від номінальних значень викликають варіацію факторів зовнішнього середовища, що формуються електроприймачами. Такими факторами зовнішнього середовища, що мають безпосередню дію на організм тварин, є освітленість, температура і вологість повітря в тваринницьких приміщеннях, температура питної води, освітленість в приміщеннях, електрообігрівання. Біологічні дослідження, проведені різними авторами, показали, що від зовнішніх факторів залежать зміни їх фізіологічного стану тварин і рослин. Погіршення зоотехнічних та агротехнічних показників виробництва, сформульоване у вартісному виразі, складає технологічну складову збитку.

Технологічна складова збитку при відхиленні показників якості електроенергії містить дві компоненти: від зниження продуктивності тварин і від перевитрати кормів:

$$Z_{c.z.prod} = Z_{prod} + Z_{корм.} \quad (4.1)$$

де  $Z_{\text{прод}}$  - збиток від зниження продуктивності тварин або врожайності рослин;  
 $Z_{\text{корм}}$  - збиток від зміни витрати кормів тваринами при відхиленні показників якості електроенергії на затискачах технологічного устаткування.

Обидві компоненти технологічної складової збитку визначаються за величиною недоотриманої продукції, зміною коефіцієнта збереження і зміною витрати кормів тваринами. Збиток від зниження продуктивності тварин при відхиленні показників якості електроенергії на затискачах технологічного устаткування визначаються за формулою:

$$Z_{\text{с.з.прод}} = C \cdot \Delta P, \quad (4.2)$$

де  $C$  - закупівельна ціна одиниці продукції (м'яса, молока, овочів тощо);  $\Delta P$  - об'єм фактично недоотриманої продукції;

а збиток від перевитрати кормів при порушенні технологічного режиму визначається аналогічним чином:

$$Z_{\text{корм}} = C_k \cdot \Delta K, \quad (4.3)$$

де  $C_k$  - ціна 1 ц кормової одиниці, грн/ц;  $\Delta K$  - перевитрата кормів тваринами при порушенні технологічного процесу вирощування і відгодівлі тварин при відхиленні показника якості електроенергії, ц к.о.

При визначенні технологічної складової збитку необхідно знати для конкретних технологічних виробництв аналітичний вираз залежностей продуктивності тварин або урожайності сільськогосподарських культур від показників якості електроенергії. З цією метою у ВІЕСГ С.П. Кучером були проаналізовані і узагальнені результати біологічних досліджень, а також отримані усереднені криві, що характеризують зміну зоотехнічних показників виробництва від зовнішніх факторів, які апроксимовані поліномами вигляду:

$$P(\Phi) = a_0 \Phi^2 + a_1 \Phi + a_2, \quad (4.4)$$

де  $\Phi$  – зовнішній фактор, залежний від якості роботи електрифікованого технологічного устаткування.

Зміна зоотехнічного показника пов'язана із зміною зовнішніх факторів залежністю:

$$\Delta P(\Phi) = a_0 (\Delta \Phi)^2. \quad (4.5)$$

Значення коефіцієнта  $a_0$  для деяких технологічних процесів наведено в таблиці 4.6.

Встановивши залежність зовнішнього фактору від показника якості електроенергії, можна отримати аналітичні залежності зміни продуктивності тварин при відхиленні відповідного показника якості електроенергії від номінального значення та визначити відповідні технологічні втрати.

Основним фактором, що впливає на продуктивність молодняка тварин, птиці і рослин є мікроклімат в приміщеннях.

У тваринницьких приміщеннях для створення необхідного мікроклімату застосовуються вентиляційні установки. Залежність температури повітря від продуктивності вентиляторів описується рівнянням:

$$\theta_e = \theta_z + \frac{q_m n}{C_v Q + q_0 V}, \quad (4.6)$$

де  $q_m$  – кількість вільної теплоти, що виділяється однією твариною чи птицею середньої для даного приміщення маси, кДж/год;  $n$  – кількість тварин або птиці у приміщенні, голів;  $C_v$  – питома об'ємна теплоємність повітря, кДж/(м<sup>3</sup>·град);  $Q$  – продуктивність, м<sup>3</sup>/год;  $q_0$  – теплова характеристика приміщення, кДж/м<sup>3</sup>·град·год;  $V$  – об'єм будівлі, м<sup>3</sup>.

Оскільки при зміні показників якості електроенергії продуктивність вентилятора змінюється в невеликих межах, то можна вважати, що

$$\Delta\theta_e = \frac{\partial\theta_e}{\partial Q} \Delta Q. \quad (4.7)$$

Тоді

$$\Delta\theta_e = -\frac{C_v q_m n}{(C_v Q_n + q_0 V)^2} \Delta Q, \quad (4.8)$$

або

$$\Delta\theta_e = -\frac{C_v Q_n q_m n}{(C_v Q_n + q_0 V)^2} (1 - Q^*). \quad (4.9)$$

На основі отриманих аналітичних залежностей можна зробити висновок, що для установок штучного мікроклімату при відхилення показників якості електроенергії від номінальних значень має місце співвідношення:

$$\Delta\Phi = b\Delta Q_n = bQ_n(1 - Q_*). \quad (4.10)$$

Значення коефіцієнта  $b$  для деяких сільськогосподарських приміщень, обладнаних установками для створення штучного мікроклімату, наведене в таблиці 4.6.

Тоді залежність зміни продуктивності тварин з урахуванням (4.5) прийме вигляд:

$$\Delta\Pi = a_0 b^2 Q_n^2 (1 - Q_*)^2, \quad (4.11)$$

або

$$\Delta\Pi = a(1 - Q_*)^2. \quad (4.12)$$

Значення коефіцієнта  $a$  для визначення технологічної складової збитку при відхиленні показників якості електроенергії від номінального значення наведене в таблиці 4.6.

Таблиця 4.1

**Значення коефіцієнтів для розрахунку технологічної складової збитку при відхиленні показників якості електроенергії від номінального значення**

Технологічна характеристика виробництва	Коефіцієнт $a_0$	Виробничий об'єкт з установками штучного мікроклімату	Коефіцієнт $b$	Коефіцієнт $a$
Молочна продуктивність корів	-0,03	Корівник на 240 голів	1,4	-50,18
Споживання кормів	0,7	Корівник	0,9	484,2

Користуючись залежностями зміни продуктивності робочої машини при відхиленні показника якості електроенергії і формулою (4.12), отримані залежності зміни продуктивності сільськогосподарських тварин та споживання кормів при відхиленні напруги в установках штучного мікроклімату, які показані на рис. 4.1 та 4.2.

Встановлено, що при зниженні напруги на 20 % на затискачах електродвигунів установок штучного мікроклімату молочна продуктивність корів зменшується на 0,5 %, при зростанні споживання кормів на 4,8 %. При підвищенні напруги технологічні збитки менші, ніж при її зниженні. Існуюче відхилення частоти струму в мережі не спричиняє істотних технологічних збитків (вони не перевищують 0,2 %).

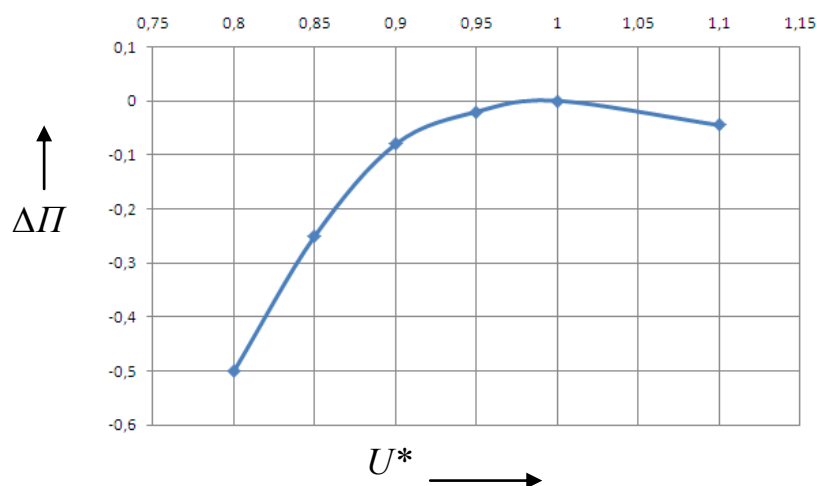


Рис. 4.1. Зміна продуктивності корів ( $\Delta P$ ) при відхиленні напруги в установках штучного мікроклімату

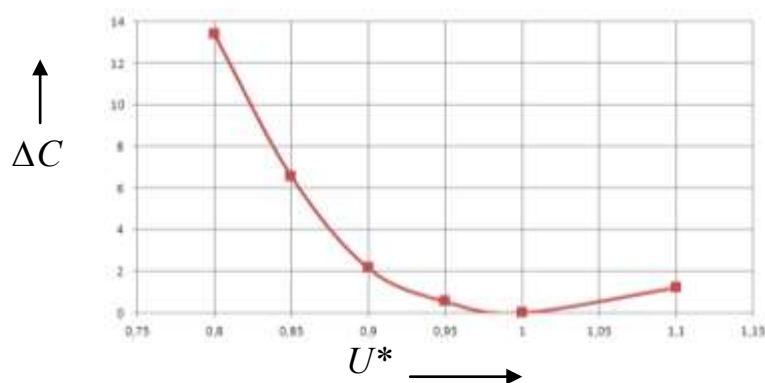


Рис. 4.2. Зміна споживання кормів ( $\Delta C$ ) коровами при відхиленні напруги в установках штучного мікроклімату:

## РОЗДІЛ 5

### ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МОЛОЧНО-ТОВАРНІЙ ФЕРМІ

Для економії електричної енергії на молочно-товарній фермі доцільно проводити комплекс заходів зі зменшення споживання реактивної потужності електроприймачами, який можна здійснити без та із застосуванням компенсаторів реактивної потужності.

Цей спосіб передбачає: забезпечення номінального завантаження електродвигунів, зменшення тривалості їх роботи на холостому ході за рахунок впорядкування технологічних процесів та використання обмежувачів холостого ходу і застосування синхронних двигунів замість асинхронних, де це можливо за умовами технологічного процесу.

Встановлення конденсаторних установок є найефективнішим способом зниження втрат електроенергії в електромережах .

Важливою умовою раціонального використання електроенергії є автоматизація виробничих процесів. Вимикання системи автоматичного керування і перехід установки в ручний режим керування призводить до перевитрат електроенергії.

Перевитрати енергії в освітлювальних установках найчастіше бувають при неправильному розрахунку потрібної потужності ламп або монтажу світильників без розрахунку; заміні перегорілих ламп розжарювання лампами більшої потужності через відсутність потрібних; підвищеній напрузі у мережі, яка крім скорочення строку служби ламп розжарювання призводить до підвищення споживаної потужності; Для ртутних ламп підвищення напруги призводить до зростання реактивної потужності.

Уникнути цих перевитрат електроенергії можна постійним контролем рівня напруги в мережі та застосуванням автоматичних пристроїв.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 6.1 Аналіз стану охорони праці на молочно-товарній фермі

Заходи з охорони праці на молочно-товарній фермі проводяться на основі річного плану номенклатурних заходів з охорони праці. Ведеться паспорт санітарно – технічного стану і наявності засобів охорони праці, журнал інструктажу з техніки безпеки. На робочих місцях знаходяться плакати та інструкції з техніки безпеки.

Безпосереднє управління розробкою і проведенням заходів з безпеки праці, а також контроль за дотриманням трудового законодавства в господарстві є обов'язками інженера з охорони праці і головних спеціалістів.

#### 6.2 Безпечність молочно-товарної ферми

##### 6.2.1 Визначення класів виробничих зон і категорії приміщень

Класи виробничих зон і категорії приміщень представлені у таблиці 7.1. Із неї випливає, що деякі приміщення ферми за умов навколишнього середовища відносяться до сирих і особливо сирих приміщень з хімічно – активним середовищем, у яких відносна вологість перевищує 75 %. В повітрі знаходяться пари аміаку, які здійснюють руйнівну дію на ізоляцію проводів. Для видалення з приміщень аміаку і вологи передбачена припливно-витяжна вентиляція.

##### 6.2.2 Визначення потенційно – небезпечних частин електроустановок

У корівнику при експлуатації електрообладнання повинні дотримуватись такі умови і вимоги:

1. марка і переріз нульового проводу в лінії 380/220 В, яка живить корівник вибирається такого ж перерізу, як і фазних проводів;

2. з метою захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом металічні частини установок, які можуть бути під напругою внаслідок порушення ізоляції, заземляються і зануляються;

3. з метою забезпечення електробезпеки корів передбачається установка обладнання для вирівнювання електричних потенціалів у стійловому приміщенні. Обладнання для вирівнювання електричних потенціалів складається з повздовжніх металічних провідників діаметром 6 мм, які закладаються у кожному ряді розміщення тварин під передніми ногами;

4. Для того щоб у нульовому провіднику під час нормальної роботи обладнання не були струми й спадання напруги, що викликало б довгостроково існуючий на занулених частинах потенціал щодо землі, освітлювальне навантаження варто рівномірно розподілити за фазними проводами і за можливістю включати триполюсними вимикачами.

5. Вимикачі й запобіжники доцільно розташовувати в сусідніх із сирими сухих приміщеннях, а кнопки керування потрібно встановлювати на робочих місцях. Ці кнопки, а так само й інше обладнання необхідно вибирати придатними для сирих приміщень. Відповідне виконання електроустаткування умовам середовища важливо з погляду безпеки: рідше ушкоджується ізоляція.

Контур заземлення корівника представлено на рис. 7.1.

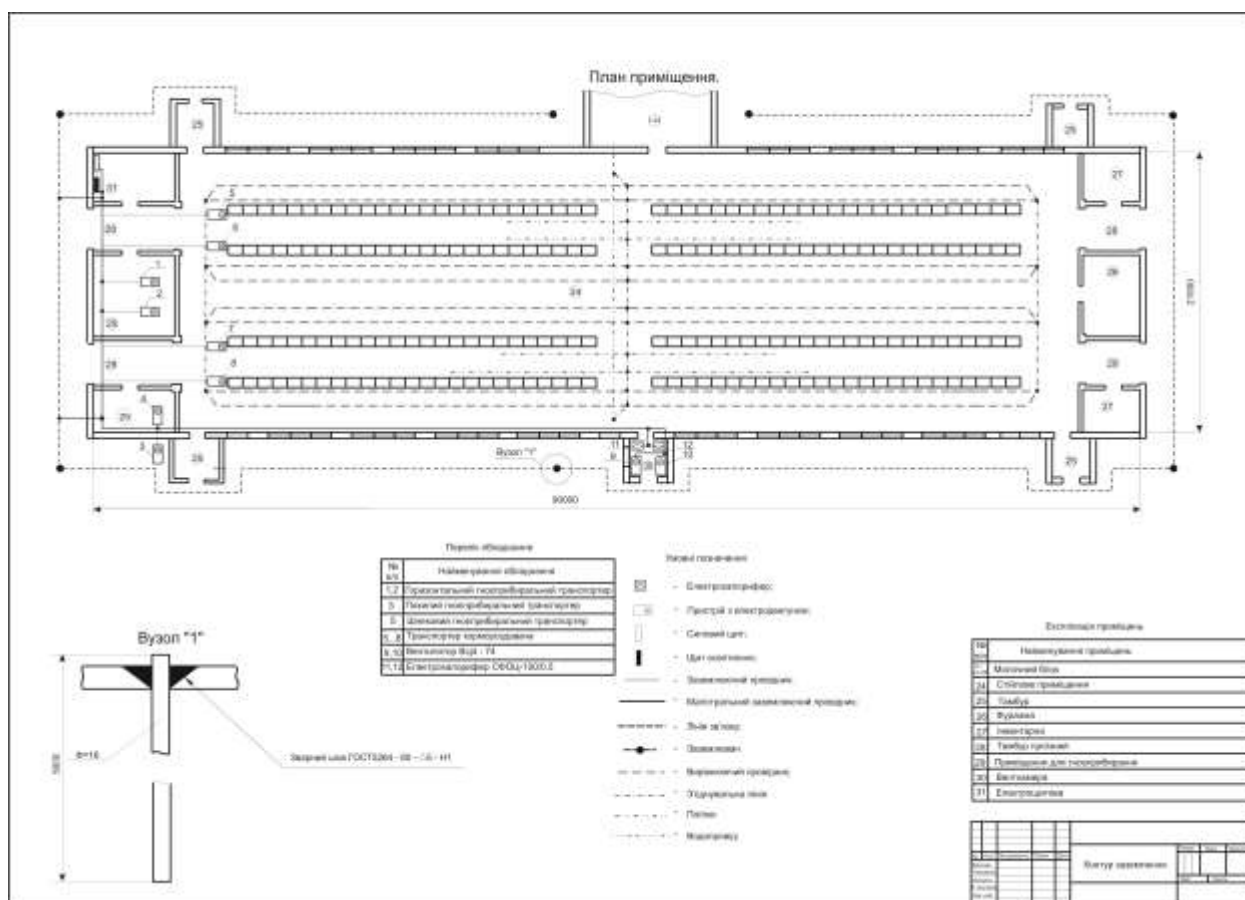


Рис. 6.1. Контур заземлення корівника на 240 голів.

## Класи виробничих зон і категорії приміщень

За навколишнім середовищем	За ступеню раження електрострумом	За блискавкозахистом	Клас приміщення за пожежонебезпечкою	Клас приміщення за вибухонебезпечкою	Клас за ступенем вогнестійкості	За ступенем займання матеріалу	Найменування приміщень
Сухе опалене	Без підв. небезпеки	III	II - II	B - IIa	II	Важко згор.	Адмінспоруда з санітарним пропускником
Особливо сире з хімічно акт. середов.	Особ. неб	III	II - II	B - IIa	II	Важко зг.	Корівникна 240 голів
	Особ. неб	III	II - II	B - IIa	II	Важко зг.	Будівля приймання худоби
Сухе	Без підв.	III	II - II	B - IIa	II	Важко зг.	Хлів сіна на 240 голів
Сире	З підв.неб	III	II - II	B - IIa	II	Важко зг.	Вагове з перехідним коридором
Сухе опалене	Без підв. небезп.	III	II - II	B - IIa	II	Важко зг.	Дезинфекційна площадка з обігрівом



### **6.2.3 Визначення шкідливих і небезпечних факторів виробництва**

Шкідливі і небезпечні фактори виробництва на молочно-товарній фермі представлені у таблиці 7.2.

### **6.3 Заходи щодо забезпечення належних умов праці персоналу на молочно-товарній фермі**

На фермі передбачається куточок з охорони праці. Для обслуговуючого персоналу передбачені побутові приміщення. Весь персонал ферми оснащений спецодягом.

Для безпечної роботи обслуговуючого персоналу передбачено заземлення електроустановок.

Передбачено відключення пошкоджених ділянок автоматичними вимикачами при пошкодженні ізоляції.

Для запобігання травм і нещасних випадків всі обертові деталі і вузли механізмів огорожують захисними кожухами і сіточними огороженнями.

В кімнатах для відпочинку і на робочих місцях передбачаються аптечки для надання першої допомоги.

### **6.4 Розрахунок потреби та вибір захисних засобів**

Передбачається забезпечення обслуговуючого персоналу від ураження електричним необхідними засобами захисту відповідно до вимог ПТЕ і ПБЕЕС. У таблиці 7.3 наведені результати розрахунків захисних засобів.

### **6.5 Заземлення та захисні заходи електробезпеки**

Розрахункові дані для Київської області: питомий опір першого шару ґрунту  $\rho_1 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; ипитомий опір другого шару ґрунту  $\rho_2 = 80 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; глибина залягання першого шару  $h_1 = 4 \text{ м}$ .

Еквівалентний опір ґрунту визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{екв.}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot \ell}{\rho_1(t_1 + k \cdot \ell - h_1) + \rho_2(h_1 - t_1)}, \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (6.1)$$

де  $k$  – коефіцієнт, при  $\rho_1 > \rho_2$   $k = 1$ ;

$\ell$  - довжина стержнів,  $\ell = 6$  м;

$t_1$  – висота заглиблення,  $t_1 = 0,8$  м.

$$\rho_{\text{екв.}} = \frac{250 \cdot 80 \cdot 1 \cdot 6}{250(0,8 + 1 \cdot 6 - 4) + 80(4 - 0,8)} = 337,35 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Таблиця 6.3

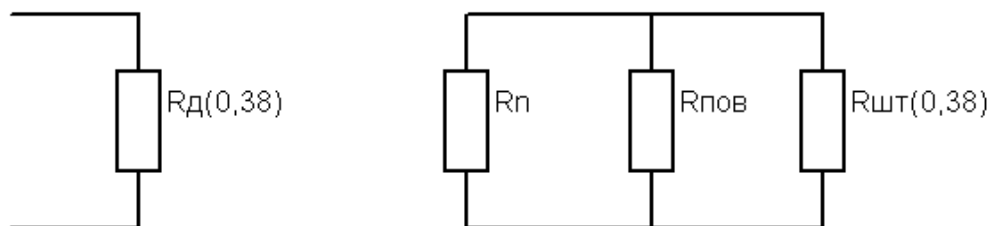
### Розрахунок необхідної кількості захисних засобів для молочно-товарної ферми

Найменування	Марка, тип	Од.вимірюв.	Кількість
Вказівник напруги	ВНН-1	шт.	4
Діелектричні рукавички		пар	4
Комплект інструментів	МН-64	комплект	4
Заземлення переносні для ВА-10кВ	ШЗП-1	комплект	2
Плакати і знаки безпеки		комплект	6
Діелектричні боти		пар	4
Діелектричний ковбик		шт.	6
Респіратор	У-2К	шт.	4
Очки захисні	033-9	шт.	4
Пояс захисний	ПО-1	шт.	4
Універсальні кігті лази		пар	4
Шоломи захисні		шт.	4

Оскільки еквівалентний опір ґрунту більший 100 Ом, то допустимий опір допускається збільшувати в  $\rho/100$  раз. Приймаємо

$$R_d = 4 \cdot 3,37 = 13,48 \text{ Ом}.$$

Схема заміщення заземлюючого пристрою наведена на рисунку 7.2



6.2. Схема заміщення лінії 0,38 кВ

Опір природного заземлювача визначаємо за формулою:

$$R_{\text{пр.}} = 0,5 \frac{\rho_{\text{еф.}}}{\sqrt{S}}, \text{ Ом} \quad (6.2)$$

де  $S$  – площа фундаменту,  $S = 50 \text{ м}^2$

$$\rho_{\text{еф.}} = \rho_1 \left( 1 - e^{-\alpha \frac{h_1}{\sqrt{S}}} \right) + \rho_2 \left( 1 - e^{-\frac{\beta \sqrt{S}}{h_1}} \right), \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (6.3)$$

де  $\alpha, \beta$  – відповідно при  $\rho_1 > \rho_2$ ;  $\beta = 0,1, \alpha = 3,6$ .

$$\rho_{\text{еф.}} = 250 \left( 1 - e^{-3,6 \frac{3,5}{\sqrt{50}}} \right) + 80 \left( 1 - e^{-\frac{0,1 \sqrt{50}}{3,5}} \right) = 425,52 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_{\text{пр.}} = 0,5 \frac{425,52}{\sqrt{50}} = 30,1, \text{ Ом.}$$

Опір повторних заземлень ліній, які відходять від ТП, розраховуємо відповідно до схеми повітряних ліній (рис. 7.3).

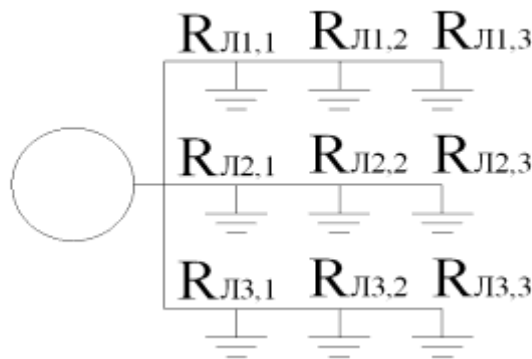


Рис. 6.3. Схема повітряних ліній молочно-товарної ферми

$$R_{\text{л1.1}} = R_{\text{л1.2}} = R_{\text{л1.3}} = R_{\text{л2.1}} = R_{\text{л2.2}} = R_{\text{л2.3}} = R_{\text{л3.1}} = R_{\text{л3.2}} = R_{\text{л3.3}} = 30 \frac{\rho_{\text{екв}}}{100} = 101,1 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{л1}} = R_{\text{л2}} = R_{\text{л3}} = 10 \cdot \frac{\rho_{\text{екв}}}{100} = 33,7 \text{ Ом.}$$

Загальний опір повторного заземлення визначаємо по всіх лініях, які відходять від ТП:

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_{\text{л1}}} + \frac{1}{R_{\text{л2}}} + \frac{1}{R_{\text{л3}}}, \text{ Ом} \quad (6.4)$$

$$R_{л1} = \frac{101,1}{3} = 33,7 \text{ Ом}; R_{л2} = \frac{101,1}{3} = 33,7 \text{ Ом}; R_{л3} = \frac{101,1}{3} = 33,7 \text{ Ом}.$$

$$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{33,7} + \frac{1}{33,7} + \frac{1}{33,7} = 0,09, \text{ Ом}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{0,09} = 11,11 \text{ Ом}.$$

Сумарний опір природного і повторного заземлення визначаємо за формулою:

$$R_{\Sigma \text{екв}} = \frac{R_{\text{пр}} \cdot R_{\Sigma}}{R_{\text{пр}} + R_{\Sigma}}, \text{ Ом}. \quad (6.5)$$

$$R_{\Sigma \text{екв}} = \frac{30,1 \cdot 11,11}{30,1 + 11,11} = 8,11 \text{ Ом}.$$

Отже, умова  $R_{\Sigma \text{екв}} < R_{\text{д}}$  виконується:  $8,11 \text{ Ом} < 13,48 \text{ Ом}$ .

Виходячи із вимог мережі 10 кВ, знаходимо допустимий опір за формулою:

$$R_{\text{доп}(10)} = \frac{125}{I_{3.3}} \leq 10 \text{ Ом} \quad (6.6)$$

де  $I_{3.3}$  – розрахунковий струм замикання на землю, А;

$$I_{3.3} = \frac{U_{\text{ном.}} (35L_{\text{кл}} + L_{\text{пл}})}{350}, \text{ А} \quad (6.7)$$

де  $L_{\text{кл}}$  – довжина кабельної лінії,  $L_{\text{кл}} = 7,4 \text{ км}$ ;

$L_{\text{пл}}$  – довжина повітряної лінії,  $L_{\text{пл}} = 70 \text{ км}$ .

$$I_{3.3} = \frac{10(35 \cdot 7,4 + 70)}{350} = 9,4 \text{ А}.$$

$$R_{\text{доп}(10)} = \frac{125}{9,4} = 9,99 \approx 13,3 \text{ Ом}.$$

Визначаємо опір штучного заземлювача за формулою:

$$R_{\text{шт}(10)} = \frac{R_{\text{доп}(10)} \cdot R_{\text{пр}}}{R_{\text{пр}} - R_{\text{доп}(10)}}, \text{ Ом} \quad (6.8)$$

$$R_{шт(10)} = \frac{13,3 \cdot 30,1}{30,1 - 13,3} = 23,83 \text{ Ом}$$

Порівнявши опір штучних заземлювачів ліній 0,38 кВ і 10 кВ, приймаємо до розрахунку менший із них  $R_{шт.} = 23,83 \text{ Ом}$ . Стержні заземлюючого пристрою виконуємо сталевим прутком діаметром 12 мм, довжиною 6 м, які забивають в землю на дно попередньо викопаної траншеї глибиною  $t = 0,8 \text{ м}$ . За допомогою зварювання з'єднують верхні кінці стержнів сталеву половою перерізом по периметру заземлюючого пристрою. Заземлюючі провідники з'єднуються із контуром заземлення за допомогою зварювання та виводяться на поверхню.

Розраховуємо заземлюючі пристрої підстанції.

Опір струму розтікання вертикального стержня визначаємо за формулою:

$$R_{ст.} = \frac{\rho_{екв.} \cdot k_c}{2\pi \cdot \ell} \left( \ln \frac{2\ell}{d} + 0,5 \ln \frac{4h + \ell}{4h - \ell} \right), \text{ Ом} \quad (6.9)$$

$k_c$  – коефіцієнт сезонності, що враховує збільшення опору від пори року,  $k_c = 1,5$ ;

$d$  – діаметр стержня,  $d = 0,012 \text{ м}$ ;

$\ell$  – довжина стержня,  $\ell = 6 \text{ м}$ ;

$h$  – відстань від поверхні землі до середини стержня, м.

$$h = 0,8 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 3,8 \text{ м.}$$

$$R_{ст.} = \frac{337,35 \cdot 1,5}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \left( \ln \frac{2 \cdot 6}{0,012} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 3,8 + 6}{4 \cdot 3,8 - 6} \right) = 98,44 \text{ Ом.}$$

Провідність вертикального стержня визначаємо за формулою:

$$g_{в.} = \frac{1}{R_{ст.}}, \text{ См} \quad (6.10)$$

$$g_{в.} = \frac{1}{98,44} = 0,01 \text{ См.}$$

Кількість вертикальних стержнів визначаємо за формулою:

$$n_{в.} = \frac{R_{шт.}}{R_{ст.}}, \text{ шт} \quad (6.11)$$

$$n_{\text{в.}} = \frac{98,44}{23,83} = 4,13 \text{ шт}$$

Приймаємо чотири стержні  $n_{\text{в.}} = 4$  шт.

Опір горизонтальних стержнів визначаємо за формулою:

$$R_{\Gamma} = \frac{\kappa_{\text{с.г.}} \cdot \rho_{\text{екв.г.}} \cdot \lg \frac{2 \cdot \ell_{\Gamma}^2}{\text{в} \cdot t}}{2 \cdot \pi \cdot \ell_{\Gamma}}, \text{ Ом} \quad (6.12)$$

де  $\text{в}$  – ширина смуги зв'язку,  $\text{в} = 0,04$  м;

$\ell_{\Gamma}$  – довжина смуги зв'язку,  $\ell_{\Gamma} = 40$  м;

$\rho_{\text{екв.г.}}$  – знаходимо за допомогою методу інтерполяції за допомогою графіків.

$$X = \frac{1,8 - 1,72}{5 - 3} (3,5 - 3) + 1,72 = 1,74; \quad X = \frac{1,74 - 1,48}{2 - 1} (1,6 - 1) + 1,48 = 1,636;$$

$$\frac{\rho_{\text{екв.г.}}}{\rho_2} = 1,636.$$

$$\rho_{\text{екв.г.}} = 1,636 \cdot 80 = 130,88 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$R_{\Gamma} = \frac{2 \cdot 130,88}{2 \cdot 3,14 \cdot 40} \cdot \ln \frac{2 \cdot 40^2}{0,04 \cdot 0,8} = 41,97 \text{ Ом}$$

Провідність горизонтального заземлювача визначаємо за формулою:

$$g_{\Gamma} = \frac{1}{R_{\Gamma}} = \frac{1}{41,97} = 0,024 \text{ См} \quad (6.13)$$

Опір штучного заземлення визначаємо за формулою:

$$R_{\text{шт}} = \frac{1}{\eta(n_{\text{в.}} \cdot g_{\text{в.}} + g_{\Gamma})}, \text{ Ом} \quad (6.14)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт використання заземлення.

Коефіцієнт використання заземлення для заземлювача у вигляді гребінки визначаємо за формулою:

$$\eta = \text{в}_1 \cdot n_{\text{в.}}^{-\sqrt{\text{в}}}, \quad (6.15)$$

$$B_1 = 0,88 \left( \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{0,0645} = 0,88 \cdot 1,6^{0,0645} = 0,91$$

$$\sqrt{B} = 0,242 \left( \frac{\rho_1}{\rho_2} \right)^{-0,083} = 0,242 \cdot 1,6^{-0,083} = 0,232$$

$$\eta = 0,91 \cdot 4^{-0,232} = 0,66.$$

$$R_{шт} = \frac{1}{0,66 \cdot (4 \cdot 0,01 + 0,024)} = 23,67 \text{ Ом.}$$

Оскільки  $23,67 \text{ Ом} < 23,83 \text{ Ом}$ , то розраховане заземлення на ТП задовольняє умові розрахунку.

### 6.6 Блискавкозахист будівель і споруд

На території молочно-товарної ферми блискавкозахист передбачається встановлювати на корівників. Виконаємо розрахунок блискавкозахисту для корівника. На цій споруді улаштований блискавкозахист категорії III із зоною захисту Б, що має ступінь надійності 35 % і вище.

Блискавкозахист здійснюється за допомогою одиночного тросового блискавковідводу – пристрою, утвореного горизонтальним тросом, закріпленим на двох опорах, на кожній з яких прокладається струмовідвід, що приєднується до окремого заземлювача.

З урахуванням стріли провисання тросу перерізом  $30\text{-}50 \text{ мм}^2$  при відомій висоті  $h_{оп.}$  і довжині прольоту  $a < 120 \text{ м}$  висота тросу  $h = h_{оп.} - 2$ .

Розміри зони захисту одиночного тросового блискавковідводу типу Б:

$$h_o = 0,92 \cdot h, \text{ м} \quad (6.16)$$

$$де h = h_{оп.} - 2 = 10 - 2 = 8 \text{ м.}$$

$$h_o = 0,92 \cdot 8 = 7,36 \text{ м.}$$

Межі зони захисту на рівні землі визначаємо за формулою:

$$r_o = 1,7 \cdot h, \text{ м} \quad (6.17)$$

$$r_o = 1,7 \cdot 8 = 13,6 \text{ м.}$$

Межі зони захисту на рівні  $h_x$  визначаємо за формулою:

$$r_x = 1,7 \left( h - \frac{h_x}{0.92} \right), \text{ м} \quad (6.18)$$

де  $h_x$  – висота споруди,  $h_x = 5,1$  м.

$$r_x = 1,7 \left( 8 - \frac{5,1}{0.92} \right) = 4,18 \text{ м.}$$

Блискавковідвід складається з блискавкоприймача, струмовідводу і заземлювача.

Опори тросових блискавковідводів виконуємо із кутникової сталі товщиною 8 мм.

## 6.7 Система протипожежного захисту

Протипожежна профілактика поділяється на організаційну і технічну.

На молочно-товарній фермі передбачені такі організаційні заходи:

- створення добровільної пожежної дружини;
- проведення масової роз'яснювальної роботи серед робітників ферми.

До технічних засобів відносять:

- застосування електрообладнання, апаратури керування і захисту відповідно до умов оточуючого середовища;
- передбачають блискавкозахист будівель;
- передбачають протипожежну ємність для ліквідації пожежі;
- біля входів у виробничі приміщення встановлюють пожежні щитки, укомплектовані інвентарем.

Пожежі в електроустановках, що знаходяться під напругою необхідно гасити ручними або перевізними вуглекислотними вогнегасниками. Застосування пінних вогнегасників заборонено, так як піна і піноутворювачі розчини проводять електричний струм.

При гасінні пожежі струменем води збризк повинен бути надійно заземленим гнучким багатожильним мідним проводом перерізом не менше 10 мм<sup>2</sup>.

Таблиця 6.4

**Пристрої і засоби пожежогасіння на молочно-товарній фермі**

Назви пристроїв і засобів пожежогасіння	Тип, марка	Місце встановлення	Кількість	Характеристик а пристрою пожежогасіння
Вогнегасник вуглекислотний	ОУ-5	В приміщені	4	5 л
Вогнегасник хім.-пін.	ОХП-10	На щиті	4	10 л
Відро		На щиті	4	
Лом		На щиті		
Сокира		На щиті		
Бугор		На щиті		
Лопата		На щиті		
Ящик з піском		Біля щита		1 м <sup>3</sup>

## РОЗДІЛ 7

### ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В КОРІВНИКУ

#### 7.1 Розрахунок капітальних вкладень

Розрахунок капітальних вкладень проводиться за формулою:

$$K_B = OЦ + M + H_B + T_B, \quad (7.1)$$

де ОЦ - оптова ціна виробу, грн.;

M - витрати на монтажні роботи, грн.;

H<sub>B</sub> - накладні витрати, грн.;

T<sub>B</sub> – транспортні витрати, грн.

Вартість монтажних робіт приймається рівною 13 % від суми оптової ціни комплектуючих:

$$M = 0.13 \cdot OЦ. \quad (7.2)$$

Вартість транспортних витрат приймається 12.5 % від суми оптової ціни комплектуючих:

$$T_B = 0.125 \cdot OЦ. \quad (7.3)$$

Накладні витрати приймаються в розмірі 8 % від суми (ОЦ+M+T<sub>B</sub>):

$$H_p = 0.08 \cdot (OЦ + M + T_B). \quad (7.4)$$

Розрахунок капітальних вкладень представлений у таблиці 8.1.

#### 7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати знаходять за формулою:

$$B_e = 3П + A + T_{PO} + П, \quad (7.5)$$

де 3П - витрати на заробітну плату, грн.;

A - амортизаційні відрахування, грн.;

$T_{po}$  - витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн.;

$C_3$  - вартість електроенергії, грн;

$\Pi$  - інші витрати, грн.

Таблиця 7.1

### Кошторисно-фінансовий розрахунок капітальних вкладень

Найменування обладнання й вид робіт	Кількість	Вартість, грн.	
		одиниці	усього
Щит керування	2	2440	4880
Універсальний перемикач ПКП-10	4	119	476
Регулятор вологості СПР-104	2	1430	2860
Терморегулятор 2ТРМ1	2	2100	4200
Арматури світлосигнальна АСЛ	4	35	140
Разом по устаткуванню	-	-	15556
Транспортні витрати	-	-	1944,5
Монтажні витрати	-	-	2022,3
Накладні витрати	-	-	1561,8
Усього капіталовкладення	-	-	21084,6

Заробітна плата:

$$ЗП = ТФ \cdot Кдоп \cdot Котч, \quad (7.6)$$

де ТФ - тарифний фонд заробітної плати, грн.;

Кдоп - коефіцієнт доплат;

Котч - інші витрати, грн.

Тарифний фонд:

$$ТФ = ЗТ \cdot Т_{с.ч.}, \quad (7.7)$$

де ЗТ - трудозатрати, люд.- год;

$T_{с.ч.}$  - годинна тарифна ставка електрика 5 розряду, грн /година;  $T_{с.ч.} = 17.80$  грн.

Таблиця 7.2

## Розрахунок трудозатрат

Найменування обладнання	, шт.	Кількість, у.о.	
		одиниці	усього
Щит керування	2	6	12
Універсальний перемикач. ПКП-10	4	0.2	0.8
Регулятор вологості СПР-104	2	1.2	2.4
Терморегулятор ПТР- 3 – 0.4	2	1.1	2.2
Арматури сигнальна АСЛ	4	0.5	2
Разом		-	19.4

Трудомісткість обслуговування 1 у.о. дорівнює 18,7 люд.

$$ЗТ = 18.7 \cdot 19.4 = 362.78 \text{ люд.-год.}$$

Підставляючи знайдені значення у формулу (8.7), знаходимо тарифний фонд:

$$ТФ = 17.80 \cdot 362.78 = 6457,5 \text{ грн.}$$

За формулою (8.7) знаходимо заробітну плату:

$$ЗП = 6457,5 \cdot 1.67 \cdot 1.2 = 12941 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування й відрахування на поточний ремонт знаходимо по формулах:

$$A = \frac{БС \cdot H_A \%}{100}, \quad (7.8)$$

$$Тр = \frac{БС \cdot H_A \%}{100}, \quad (7.9)$$

де БС - балансова вартість, грн.;

$H_A\%$  - норма амортизаційних відрахувань, %.  $H_A\% = 14.2\%$ .

$H_{Тр}\%$  - норма відрахувань на поточний ремонт і поточне обслуговування, %.

$H_{Тр}\% = 18\%$ .

$$A = \frac{21084,6 \cdot 14.2}{100} = 2994 \text{ грн.}$$

$$Тр = \frac{21084 \cdot 18}{100} = 3795.1 \text{ грн.}$$

Інші витрати становлять 7 % від суми прямих витрат [20].

$$Пр = 0.07 \cdot (12941 + 2994 + 3795.1) = 1381,1 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати за формулою (8.5)

$$B_e = 12941 + 2994 + 3795.1 + 1381,1 = 21111,2 \text{ грн.}$$

Застосування системи автоматизованого керування дозволить знизити витрати електроенергії за рахунок дотримання встановлених графіків роботи електроустаткування й скорочення часу роботи електроустаткування за рахунок своєчасного вимикання і вмикання вентиляторів та калориферів.

Вартість споживаної електроенергії визначається за встановленими потужностями, часом роботи й тарифу за 1 кВт·год без автоматизації:

$$C_e = W \cdot C_e \cdot K_{од}, \quad (7.10)$$

де  $W$  - річна витрата електроенергії, кВт·ч.,

$C_e$  - вартість 1 кВт·год., грн.;  $C_e = 2.64$  грн. за 1 кВт·ч.,

$K_{од}$  - коефіцієнт одночасності (0.8).

$$W = P_1 \cdot T_1 + P_2 \cdot T_2 + P_3 \cdot T_3, \quad (7.11)$$

де  $P_1$  - потужність устаткування, яке приймає участь в опалювальному періоді;

$P_2$  - потужність устаткування, яке приймає участь в літньому періоді;

$T_1$  - час опалювального періоду;

$T_2$  і  $T_3$  - час перехідного періоду;

Без автоматизованого режиму роботи установки:

$P_1 = P_2 = 194.88$  кВт - у роботі беруть участь калорифери й вентилятори;

$P_3 = 14.88$  кВт - тільки вентилятори;

$T_1 = 90 \cdot 8 = 630$  год. – час роботи 3 місяці (грудень, січень, лютий) протягом 8 годин;

$T_2 = 180 \cdot 4 = 720$  год. – 6 місяців (березень, квітень, травень, вересень, жовтень, листопад) протягом 4 годин;

$T_3 = 90 \cdot 4 = 360$  год. – 3 місяці (червень, липень, серпень,) протягом 4 годин.

Підставляємо знайдені значення в формулу (8.10):

$$W = 194.88 \cdot 720 + 194.88 \cdot 720 + 14.88 \cdot 360 = 285984 \text{ кВт·год.}$$

Знаходимо за формулою (8.10) вартість електроенергії:

$$C_e = 285984 \cdot 0.8 \cdot 4.32 = 283696,12 \text{ грн.}$$

### 7.3. Показники порівняльної ефективності

Приведені витрати розраховуємо за формулою:

$$Пв = V_e + ДО \cdot E_n, \quad (7.12)$$

де  $E_n = 0.15$  - коефіцієнт ефективності капіталовкладень.

$$Пв = 21111,2 + 21084,6 \cdot 0.15 = 24273.9 \text{ грн.}$$

При автоматизації технологічного процесу ми одержуємо 10 % зекономленої електроенергії. Таким чином, вартість зекономленої електроенергії дорівнює:

$$C_{ze} = C_e \cdot 0.1, \quad (7.13)$$

$$C_{ze} = 283696,12 \cdot 0.1 = 28369,6 \text{ грн.}$$

Річну економію визначаємо за формулою:

$$P_e = C_{ze} - V_e, \quad (7.14)$$

$$P_e = 28369,6 - 21111,2 = 7258.4 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_p = C_{ze} - Пв, \quad (7.15)$$

$$E_p = 28369,6 - 24273.9 = 4096 \text{ грн.}$$

Визначимо строк окупності додаткових капітальних вкладень:

$$T = \frac{K_e}{E_p}, \quad (7.16)$$

$$T = \frac{21084,6}{4096} = 5 \text{ років}$$

Фактичний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$E = \frac{E_p}{K_e}, \quad (7.17)$$

$$E = \frac{4096}{21084,6} = 0.12$$

Таким чином, впровадження системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату доцільно, тому що дозволяє одержати річний економічний ефект у розмірі 4096 грн і річну економію 7258,4 грн. Строк окупності капіталовкладень становить 5 років.

Таблиця 7.3

**Економічна ефективність впровадження системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату**

Показники	Значення
Капітальні вкладення, грн.	21084,6
Експлуатаційні витрати, грн.	21111,2
Вартість зекономленої електроенергії, грн.	28369,6
Приведені витрати, грн.	24273,9
Річна економія, грн.	7258,4
Річний економічний ефект, грн.	4096
Строк окупності капіталовкладень, років	5

## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз технологічного та електротехнічного обладнання для створення необхідного мікроклімату, водопостачання, прибирання гною, доїння та освітлення виробничих приміщень.

2. Розроблені заходи з енергозбереження на молочно-товарній фермі. Розглянуті питання охорони праці та протипожежної безпеки на фермі.

3. Розроблена система автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в корівнику, яка дозволяє підтримувати температуру і вологість повітря на оптимальному рівні. Розроблена принципіальна електрична схема системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату, вибрані апарати захисту і керування.

4. Проведені дослідження впливу відхилення показників якості електроенергії на технологічну складову збитків, викликану відхиленням параметрів мікроклімату від заданих значень.

Теоретичні дослідження показали, що відхилення технологічного показника прямо пропорційне квадрату продуктивності вентилятора або електрокалориферної установки.

Встановлено, що при зниженні напруги на 20 % на затискачах електродвигунів установок штучного мікроклімату молочно продуктивність корів зменшується на 0,5 % при зростанні споживання кормів на 4,8 %. При підвищенні напруги технологічні збитки менші, ніж при її зниженні.

Існуюче відхилення частоти струму в мережі не спричиняє істотних технологічних збитків (вони не перевищують 0,2 %).

5. Ефективність застосування системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату в корівнику підтверджують економічні розрахунки. Строк її окупності складає 5 років, а річний економічний ефект 4096 грн, що свідчить про рентабельність застосування системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Електропривод** / [Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.
2. **Електропривод і автоматизація** / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.
3. **Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі** / Іноземцев Г.Б., Козирський В.В., Лут М.Т. та ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2014. – 526 с.
4. **Червінський Л.С., Сторожук Л.О.** Електричне освітлення та опромінення. – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – 214 с.
5. **Довідник сільського електрика** / за редакцією В.С. Олійника. – К.: Урожай, 1989. – 264 с.
6. **Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М.** Електропостачання агропромислового комплексу : підруч. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
7. **Правила улаштування електроустановок.** – К.: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2022.
8. **Bose V.K.** Modern Power Electronics and AC Drives. – New Jersey: Prentice Hall, 2002. – 710 p. (Scopus)
9. **Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній** / за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
10. **Sotnyk N., Boiko V.** Energy efficiency of electric motors as a criterion for selecting operating ranges of electromechanical units // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* – 2013. – № 6. – P. 72–77. (Scopus)
11. **Ramata A.** Ventilation of piggeries in cold and humid climate // *Proceedings of the 7th International Cold Climate HVAC Conference.* – Calgary, Canada, 2012. – P. 176–183. (Scopus)
12. **Ullmann T., Widmann R.** Engineering Project Design in Power and Energy Systems. – Berlin: Springer, 2016. – 412 p.

13. **Bolton W.** Instrumentation and Control Systems. – 2nd ed. – Oxford: Elsevier, 2015. – 312 p.
14. **Nedella R., Reddy K.** Electrical Technologies in Agriculture. – Hyderabad: Scientific Publishers, 2014. – 298 p.
15. **Zhang G., Strom J.S., Li B.** Energy-efficient control of livestock building indoor climate // *Biosystems Engineering*. – 2018. – Vol. 171. – P. 1–15. (Scopus)
16. **Patterson J., Bingham R.** Economic Assessment of Electrical Systems in Agriculture. – London: Academic Press, 2013. – 265 p.
17. **Albright L.D.** Environmental Control for Animals and Plants. – 4th ed. – St. Joseph: ASABE, 2017. – 453 p.
18. **ДСТУ 2272-93.** Пожежна безпека. Терміни та визначення.
19. **Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів /** Держенергонагляд України. – К.: Дисконт, 1995. – 260 с.
20. **Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок і теплових мереж /** Держенергонагляд України. – К.: Дисконт, 1995. – 81 с.
21. **Правила безпечної експлуатації електроустановок.** ДНАОП 1.1.10-1.01-97 / Держнаглядохоронпраці України. – К.: Основа, 1997. – 265 с.
22. **Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.** ДНАОП 0.00.1.21-98 / Держнаглядохоронпраці України. – К.: Основа, 1998. – 380 с.
23. **ДНАОП 0.00–1.32–01.** Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок. – К.: ПП «Фірма Гранмна», 2001. – 117 с.
24. **Правила користування електричною енергією.** Затверджено постановою НКРЕ від 31.07.1996 № 28 (у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 № 910).
25. **Лут М.Т., Мірошник О.В., Трунова І.М.** Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК. – Харків: Факт, 2008. – 438 с.

26. **Лут М.Т., Радько І.П., Тракай В.Г., Чміль А.І.** Безпека праці в сільських електроустановках : навчальний посібник. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 430 с.

27. **ASABE Standards EP406.4.** Heating, Ventilating and Cooling Systems for Livestock Housing. – St. Joseph, USA, 2015.

28. **Short T.A.** Electric Power Distribution Handbook. – 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2014. – 1184 p.