

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Центр перепідготовки та післядипломної освіти

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Підвищення надійності системи електропостачання птахофабрики**

Виконав(ла): студент(ка) VII курсу, групи ЕЕд-2  
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Волосинецький Р.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Сисак І.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Вакуленко О. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2022

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

Факультет Центр перепідготовки та післядипломної освіти  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня \_\_\_\_\_ магістр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Волосинецькому Роману Богдановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення надійності системи електропостачання птахофабрики

Керівник роботи Сисак Іван Михайлович, к.т.н.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «26» серпня 2022 року №4/7-717

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Кількість голів птиці, тип освітлення

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. Генеральний план підприємства 1л. ф – А1

2. Освітлення 1л. ф – А1

3. Електрична схема 1л. ф – А1

4. Обладнання 1л. ф – А1

5. 1л. ф – А1

6. 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., старший викладач		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ		
2	Аналітичний розділ		
3	Розрахунково-дослідницький розділ		
4	Проектно-конструкторський розділ		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Висновки		
7	Оформлення пояснювальної записки		
8	Оформлення графічної частини		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Волосинецький Р.Б.**  
\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Сисак І.М.**  
\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Волосинецький Р.Б. Підвищення надійності системи електропостачання птахофабрики. 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. ТНТУ імені Івана Пулюя. ЦППО. Кафедра ЕІ, група ЕЕд-2. – Тернопіль.: ТНТУ, 2022.

Стор. – 62; рис. – 4; табл. – 18; креслень - 15; джерел - 16; додатків - 3.

Проведено вибір потужності, типу, числа та місця розміщення трансформаторних підстанцій. Проведено розрахунок допустимих втрат напруги в мережі 0,4 кВ. Здійснено розрахунок струмів короткого замикання. Проведено розрахунок та вибір силового електрообладнання пташника для забезпечення вентиляції, видалення посліду, роздачі корму. Здійснено розрахунок електричного навантаження на ввіді в приміщення. Проведено проектування електричного освітлення. Проведено розрахунок електричних мереж освітлювальних установок, розрахунок і перевірку перерізу провідників електричної мережі. Здійснено розрахунок теплоповітряного режиму приміщення для утримання птиці для холодного періоду року, перехідного періоду та теплого періоду. Проведено розрахунок повітрообміну для усіх періодів року. Проведено вибір та проектування системи опалення та вентиляції.

**Ключові слова:** надійність, птахофабрика, система електропостачання, система освітлення.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Характеристика господарства.....	8
1.2 Закриті розподільчі пристрої .....	8
1.2.1 Вимоги до конструкцій закритих розподільчих пристроїв ....	8
1.2.2 Комплектні розподільчі пристрої 6 кВ та 10 кВ.....	9
1.2.3 Комплектні розподільчі пристрої 0,4 кВ.....	12
1.3 Постановка задач.....	13
2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	14
2.1 Вибір трансформаторних підстанцій.....	14
2.2 Розрахунок електричних мереж 0,4 кВ.....	17
2.3 Висновки до розділу.....	23
3. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ .....	24
3.1 Розрахунок струмів короткого замикання.....	24
3.2 Проведення розрахунку та вибору силового обладнання .....	32
3.3 Визначення електричного навантаження на ввіді в приміщення.....	34
3.4 Проектування електричного освітлення.....	36
3.5 Характеристика об'єкта проектування.....	36
3.6 Розрахунок теплоповітряного режиму приміщення.....	37
3.6.1 Холодний період року.....	44
3.6.2 Перехідний період.....	46
3.6.3 Теплий період.....	47
3.6.4 Розрахунок повітрообміну.....	48
3.6.4.1 Холодний період.....	48
3.6.4.2 Перехідний період.....	49
3.6.4.3 Теплий період.....	50
3.7 Вибір і проектування системи опалення та вентиляції.....	51

	5
3.8 Система вентиляції.....	51
3.9 Висновки до розділу.....	51
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ....	52
4.1 Вимоги безпеки при монтажі електрообладнання на птахофабриці..	52
4.2 Основні вимоги безпеки при експлуатації електрообладнання на птахофабриці.....	54
4.3 Безпека життєдіяльності в надзвичайних екологічно-несприятливих умовах.....	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	61
ДОДАТКИ.....	1
Додаток А. Проектування електричного освітлення .....	2
Додаток Б. Вибір і проектування системи опалення та вентиляції.....	22
Додаток В. Проектування системи вентиляції ОВС.....	23

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Надійність системи електропостачання підприємств тваринництва є дуже важливою. Птахівництво є ефективною сферою агробізнесу. Це є скоростигла галузь тваринництва, яка забезпечує швидкий оборот вкладених коштів [1]. Зазвичай підприємства птахівництва складаються з великої кількості поголів'я птиці. Тому, проблеми з електропостачанням, проблеми з кормами, різні захворювання можуть призвести до значних матеріальних втрат. В даний час питанню надійності системи електропостачання приділяють багато часу [2, 3]. З масованими російськими ракетними атаками перебої в електропостачанні стали звичним явищем. Тому, підприємства зобов'язані забезпечити стабільну роботу своїх систем електропостачання. Це хоч і не зможе вплинути на аварійні чи планові графіки відключень, якщо підприємства птахівництва підпадають під них, проте дасть змогу підприємствам стабільно працювати в ті моменти, коли проблем з розподіл потужності в енергосистемі немає [4].

Тому, задача підвищення надійності СЕ птахофабрики являється актуальною в даний час.

**Мета і завдання роботи** Підвищення надійності СЕ птахофабрики.

Завдання, що потрібно розв'язати:

- провести вибір потужності, типу, числа та місця розміщення трансформаторних підстанцій;
- провести розрахунок центру електричних навантажень;
- провести розрахунок допустимих втрат напруги в мережі 0,4 кВ;
- здійснити розрахунок струмів короткого замикання;
- провести розрахунок та вибір силового електрообладнання пташника для забезпечення вентиляції, видалення посліду, роздачі корму;
- здійснити розрахунок електричного навантаження на ввіді в приміщення;
- провести проектування електричного освітлення;

- провести розрахунок електричних мереж освітлювальних установок, розрахунок і перевірку перерізу провідників електричної мережі;
- здійснити розрахунок теплоповітряного режиму приміщення для утримання птиці для холодного періоду року, перехідного періоду та теплого періоду;
- провести розрахунок повітрообміну для усіх періодів року;
- провести вибір та проектування системи опалення та вентиляції.

**Об’єкт дослідження** – процеси забезпечення надійності систем електропостачання промислових підприємств.

**Предмет дослідження** – розробка заходів підвищення надійності роботи системи електропостачання птахофабрики.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Отримало подальший розвиток застосування технічних заходів для забезпечення надійності системи електропостачання птахофабрики.

**Практичне значення отриманих результатів.** Запропоновані технічні заходи дозволяють забезпечити надійність роботи електричного обладнання птахофабрики.

**Апробація результатів.** Результати досліджень Волосинецького Романа Богдановича за темою кваліфікаційної роботи «Підвищення надійності системи електропостачання птахофабрики» були представлені на XI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів “Актуальні задачі сучасних технологій” (7-8 грудня 2022 року), м. Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

**Структура роботи.** Робота складається з вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (16 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини - 62 сторінок, 18 таблиці, 4 рисунки.



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Характеристика господарства

Птахофабрика - сільськогосподарське підприємство, орган управління - Міністерство сільського господарства України.

Ланівецька птахофабрика розташована в 2 км від міста Ланівці Тернопільської області. Ланівецька птахофабрика утворилася в 1962 році на основі міжколгоспної ферми. Під час утворення птахофабрики не застосовувалася ніяка автоматизація. Догляд за птицею: годування, збір яєць, забирання посліду в даний час проводилися без автоматизації. Утримання птахів було на вигулах і в центральному будинку.

Птахофабрика має 21 га землі, включно 18 гектар с/г угідь, решта – займаються дворами та будівлями. Птахофабрика складається з: яйцескладу, трьох пташників, контори, зерноскладу, магазину. Починаючи з 1967 року по 1972 рік, були збудовані пташники на даній птахофабриці.

## 1.2 Закриті розподільчі пристрої

### 1.2.1 Вимоги до конструкцій закритих розподільчих пристроїв

Зазвичай закриті розподільчі (ЗРП) пристрої споруджуються при напрузі до 20 кВ. Проте, при підвищеному забрудненні атмосфери, або при обмеженій площі під розподільчий пристрій, ЗРП може застосовуватися на напругу від 35 кВ і до 220 кВ включно [5].

РП повинен забезпечувати надійність роботи електричної установки.

РП повинен обслуговуватися безпечно і зручно.

Струмоведачі частини, які є неізольованими повинні бути огорожені.

ЗРП повинен забезпечувати пожежну безпеку.

РП повинен бути кономічним.

### 1.2.2 Комплектні розподільчі пристрої 6 кВ та 10 кВ

Кожен КРП має відповідну схему первинних з'єднань. Використовуються як комутаційні апарати вимикачі навантажень, роз'єднувачі, вакуумні силові вимикачі [6].

Технічні параметри [6]:

- номінальний струм головних кіл з вимикачами навантаження 630 А;
- номінальна напруга 6,10кВ;
- номінальний струм відімкнення вимикача навантаження 0,63кА;
- номінальний струм ТС - від 50 до 1600 А;
- номінальний струм запобіжників 6кВ - від 31,5 до 125 А;
- номінальний струм відімкнення вакуумного вимикача 20кА;
- номінальний струм збірних шин – від 630 до 1600 А;
- номінальний струм запобіжників 10кВ - від 31,5 до 100 А;
- струм електродинамічної стійкості 51кА;
- номінальний струм шинних мостів - від 630 до 1600 А;
- струм термічної стійкості 20кА та час його проходження – від 1 до 3с.

Камера серії КСО–393 представлена на рис. 1.1



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд камери КСО–393.

На рис. 1.2 показано структурну схему РП-10 кВ.

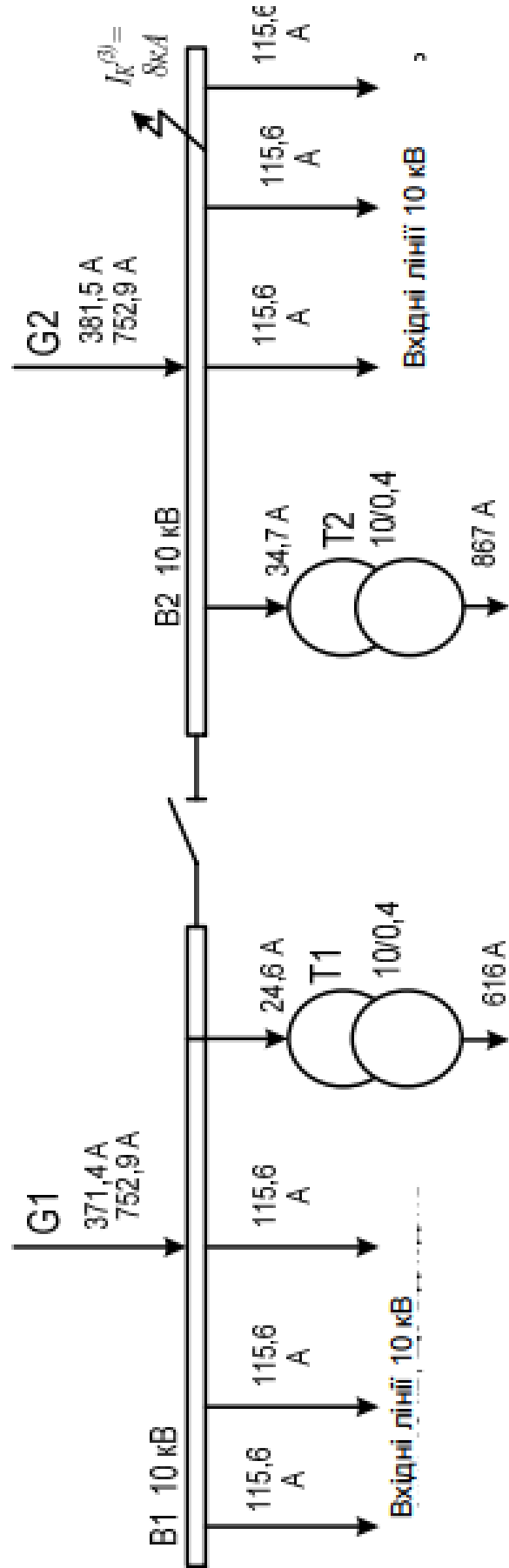


Рисунок 1.2 - Структурна схема РП-10 кВ

На рисунку 1.3 показано компоновання РП-10 кВ в вигляді схеми заповнення РП.

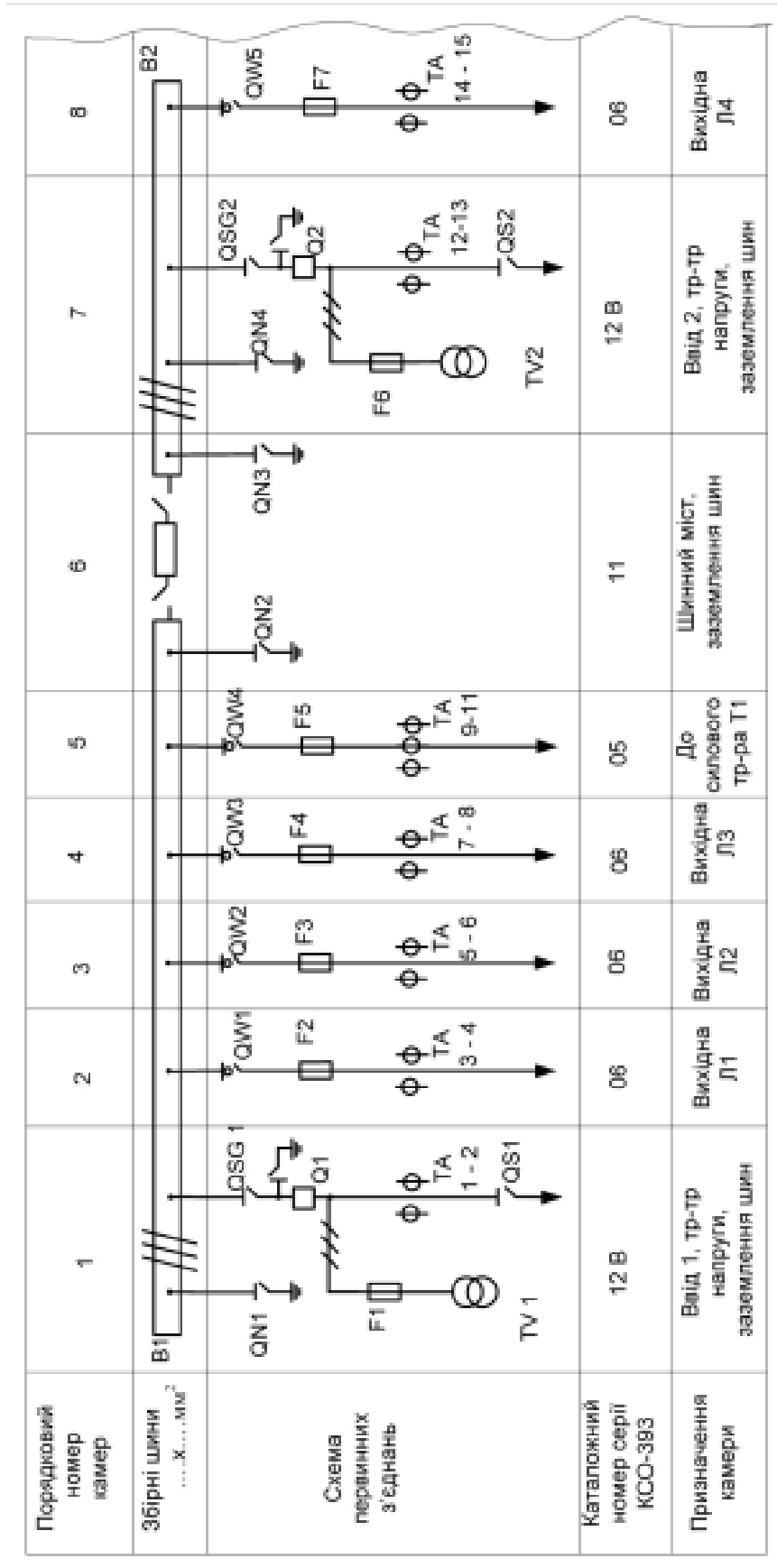


Рисунок 1.3 - Компоновання РП-10 кВ в вигляді схеми заповнення РП

### 1.2.3 Комплектні розподільчі пристрої 0,4 кВ

РП напругою нижче ніж 1 кВ в даний час виконують з панелей та щитів заводського виготовлення.

Технічні характеристики панелі ЩО – 90 [6]:

- частота -  $50 \text{ Гц}$  ;
- номінальна напруга змінного струму -  $660 / 380 \text{ В}$  ;
- струм термічної стійкості збірних шин не менше за  $40 \text{ кА}$  ;
- номінальний струм до  $4000 \text{ А}$  ;
- габаритні розміри  $700 \times 600 \times 2000 \text{ мм}$  ;
- струм динамічної стійкості збірних шин панелей  $20,40 \text{ кА}$  .

На рисунку 1.4 показано можливість компоновання РП-0,4 кВ з використанням панелей ЩО – 90 .

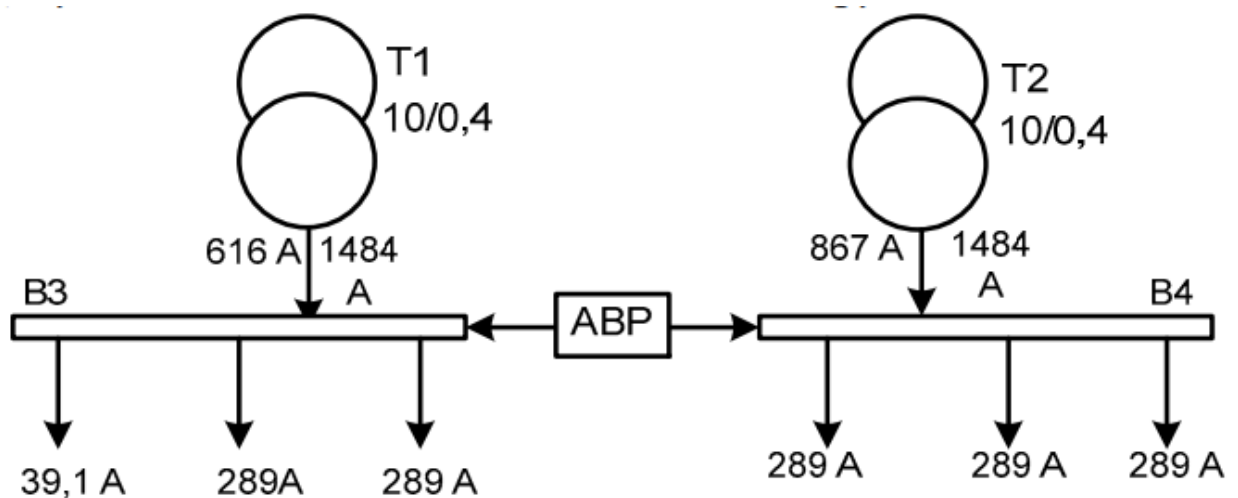


Рисунок 1.4 - Можливість компоновання РП-0,4 кВ з використанням панелей ЩО – 90 .

### 1.3 Постановка задач

1. Провести вибір потужності, типу, числа та місця розміщення трансформаторних підстанцій;
2. Провести розрахунок центру електричних навантажень;
3. Провести розрахунок допустимих втрат напруги в мережі 0,4 кВ;
4. Здійснити розрахунок струмів короткого замикання;
5. Провести розрахунок та вибір силового електрообладнання пташника для забезпечення вентиляції, видалення посліду, роздачі корму;
6. Здійснити розрахунок електричного навантаження на ввіді в приміщення;
7. Провести проектування електричного освітлення;
8. Провести розрахунок електричних мереж освітлювальних установок, розрахунок і перевірку перерізу провідників електричної мережі;
9. Здійснити розрахунок теплоповітряного режиму приміщення для утримання птиці для холодного періоду року, перехідного періоду та теплого періоду;
- 10.Провести розрахунок повітрообміну для усіх періодів року;
- 11.Провести вибір та проектування системи опалення та вентиляції.

## 2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір трансформаторних підстанцій

Згідно з генпланом (графічна частина) визначаємо навантаження с/г електроспоживачів та зводимо отримані значення у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Навантаження сільськогосподарських споживачів

Назва	$P_{дн}, \text{кВт}$	$P_{с}, \text{кВт}$	$\cos\varphi_{дн}$	$\cos\varphi_{в}$
Курник 36000 курей	120,0	120,0	0.75	0.85
Курник 4160 курей	20,0	20,0	0.75	0.85
Курник 4160 курей	20,0	20,0	0.75	0.85
Зерносклад	5,0	1,0	0.7	0.75
Яйцесклад	10,0	10,0	0.7	0.75
Контора	15,0	8,0	0.85	0.9
Магазин	2,0	4,0	0.85	0.9
Вуличне освітлення	-	5.5	-	0.55

Розрахункове навантаження вуличного освітлення:

$$P_{осв} = n \cdot P_1 + l \cdot P_2,$$

$$P_{осв} = 250 \cdot 7 + 3 \cdot 1100 = 5,5 \text{ кВт}.$$

Повна потужність:

$$S = \frac{P_p}{\cos\varphi}.$$

Сумарне навантаження електроспоживачів:

$$P_{роз.} = P + \sum_{i=1}^n \Delta P_i,$$

$$P_p^{\partial} = 120 + 12,5 + 12,5 + 3 + 6 + 9,2 + 1,2 = 164,4 \text{ кВт},$$

$$P_p^e = 120 + 12,5 + 12,5 + 0,6 + 6 + 4,8 + 2,4 = 158,8 \text{ кВт},$$

Зайдемо середньозважений коефіцієнт потужності  $\cos \varphi$ :

$$\cos \varphi = \frac{\sum (P_i \cdot \cos \varphi_i)}{\sum P_i},$$

$$\cos \varphi_d = \frac{(120 + 20 + 20) \cdot 0,75 + (5 + 10) \cdot 0,7 + (15 + 2) \cdot 0,85}{120 + 20 + 20 + 5 + 10 + 15 + 2} = 0,75;$$

$$\cos \varphi_e = \frac{(120 + 20 + 20) \cdot 0,85 + (1 + 10) \cdot 0,75 + (8 + 4) \cdot 0,9 + 5,5 \cdot 0,55}{120 + 20 + 20 + 1 + 10 + 8 + 4 + 5,5} = 0,86.$$

Знайдемо вечірню та денну повну потужності:

$$S_d = \frac{164,4}{0,75} = 219,2 \text{ кВА};$$

$$S_e = \frac{158,8}{0,86} = 186,8 \text{ кВА}.$$

Оскільки  $S_d > S_e$ , розрахунки ведемо згідно  $S_d$ .

Число ТП [7, 16]:

$$N_{mn} = P_p \cdot \sqrt{\frac{0,6}{\left(\Delta U \cdot \frac{P_p}{F}\right) \cdot \cos \varphi}},$$

$$N_{mn} = 164,4 \cdot \sqrt{\frac{0,6}{\left(5 \cdot \frac{164,4}{0,064}\right) \cdot 0,75}} = 1,25.$$

Кількість ТП приймаємо рівною 1.

Приймаємо до встановлення на  $ТП 10/0,4$  трансформатор типу  $ТМ - 250$ . Даний силовий трансформатор має ПБЗ [8]. Живлення подаємо від двох незалежних  $ПЛ 10 \text{ кВ}$ . Це обумовлено категорією по надійності електропостачання даної ТП. Через це, встановлюємо 2 силових трансформатори  $ТМ - 250$ . ТП буде типу ЗТП.

Проведемо розрахунок центру електричних навантажень. Для цього скористаємося графоаналітичним методом. За наступними формулами знайдемо координати центру  $X_p$  та  $Y_p$ :



$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} ;$$

$$Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} .$$

В таблицю 2.2 вносимо для кожної будівлі значення координат центрів навантажень

Таблиця 2.2 - Центри електричних навантажень.

Назва приміщень	X	Y
Курник 36000 курей	192.3	396.0
Курник 4160 курей	192.3	279.0
Курник 4160 курей	572.4	396.0
Зерносклад	269.0	48.0
Яйцесклад	269.0	165.0
Контора	614.0	279.0
Магазин	614.0	165.0

$$Y_p = \frac{3 \cdot 132,5 + 20 \cdot 130 + 45,9 \cdot 95 + 15 \cdot 40 + 12 \cdot 15 + 5 \cdot 15}{3 + 20 + 45,9 + 5 + 12 + 5} = 94,75 м ;$$

$$Y_p = \frac{3 \cdot 132,5 + 20 \cdot 130 + 45,9 \cdot 95 + 15 \cdot 40 + 12 \cdot 15 + 5 \cdot 15}{3 + 20 + 45,9 + 5 + 12 + 5} = 94,75 м .$$

Розташовуємо ТП поближче до будівлі контори. Це дасть змогу зручніше обслуговувати ТП.

## 2.2 Розрахунок електричних мереж 0,4 кВ.

Відхилення напруги:

$$\delta U^{100} = \Sigma H^{100} + \Sigma \Delta U^{100},$$

$$\delta U^{25} = \Sigma H^{25} + \Sigma \Delta U^{25}.$$

Відхилення напруги в електроспоживача для даного випадку:

$$\delta U_n = \delta U_{ш} + \Delta U_{10} + \delta U_{нб} + \Delta U_{тр} + \Delta U_{0,38},$$

Знаходимо на основі числових значень:

$$\Delta U_{10} + \Delta U_{0,38} = +6 - 4 + 2,5 - (-5) = 9,5\%,$$

Встановлюємо:

$$\Delta U_{10} = -4,5\%,$$

$$\Delta U_{0,38} = -5\%,$$

Зниження напруги в електроспоживача під час 25% навантаження:

$$\delta U^{25} = -2 - 1 + 2,5 - 1,13 = -1,63\%,$$

Оскільки  $dUn < 5\%$ , визначено вірно допустимі втрати напруги.

Зведемо в табл. 2.3 всі отримані розрахунки.

Табл. 2.3 - Допустимі втрати напруги.

Номер	Елементи схеми	Навантаження	
		100%	25%
1.	Відхилення на шинах 10 кВ	+6,0	-2,0
2.	Втрати напруги 10 кВ	-4.5	-1.13
3.	Трансформатор 10/0,38 кВ:		
	- втрати напруги	-4,0	-1,0
	- надбавка	+2.5	+2.5
4.	Втрати напруги 0,4 кВ	-5,0	0,0
5.	Споживач	-5.0	-1.63

Приймаємо 3 лінії.

Проведемо розрахунки КЛ від ТП до приміщення на 4160 голів.

Розрахунковий струм лінії:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

$$I_p = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30,4 \text{ A}.$$

Згідно [9] січення кабелю  $F = 4,0 \text{ мм}^2$  з  $I_{дон} = 38 \text{ A}$ . Кабель прокладається у землю.

$$38 \text{ A} > 30,4 \text{ A}.$$

Марка кабелю  $ABBG - 5 \times 4$ . Проведемо перевірку вибраного кабелю.

Втрати напруги у лінії:

$$\Delta U, \% = \frac{P_p \cdot l}{c \cdot F},$$

$$\Delta U, \% = \frac{20 \cdot 66}{46 \cdot 4} = 7,2\% .$$

Здійсимо перевірку:

$$\Delta U, \% \leq \Delta U_{дон}.$$

Отже, не виконується необхідна умова. Тому, вибираємо кабель з перерізом жил на порядок вище та проводимо повторну перевірку.

$$\Delta U, \% = \frac{20 \cdot 66}{46 \cdot 6} = 4,7\% ;$$

$$4,7\% \leq 5\% .$$

Отже, даного разу умова буде виконуватися. Інші розрахунки будуть аналогічними.

Проведемо розрахунок ПЛ. Розбиваємо ПЛ на окремі ділянки. Знаходимо розрахункові потужності на окремих ділянках:

$$P_p = P_{\max} + \Sigma \Delta P, \text{ кВт}.$$

де  $P_p$  – розраховане значення максимальної потужності,  $\text{кВт}$ ;

Проведення розрахунку  $\max$  електричного навантаження протягом дня:

лінія 0-1	$P_{0.1} = P_1 = 120 \text{ кВт},$
	Лінія 2
0-2	$P_{0.2} = P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 = 20 + 6 + 3 = 29 \text{ кВт},$
2-3	$P_{2.3} = P_2 = 20 \text{ кВт},$
2-4	$P_{2.4} = P_3 + \Delta P_4 = 10 + 3 = 13 \text{ кВт},$
4-5	$P_{4.5} = P_4 = 5 \text{ кВт},$
	Лінія 3
0-6	$P_{0.6} = P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 = 20 + 9,2 + 0,6 = 29,8 \text{ кВт}$
6-7	$P_{6.7} = P_5 = 20 \text{ кВт},$
6-8	$P_{6.8} = P_6 + \Delta P_7 = 15 + 0,6 = 15,6 \text{ кВт},$
8-9	$P_{8.9} = P_7 = 2 \text{ кВт}$

Знайдемо середньозважений  $\cos\varphi$ :

$$\cos\varphi_{с.в.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cos\varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_i}.$$

Середньозважений  $\cos\varphi$ :

Для Л2:

$$\text{ЕМ 0-2: } \cos\varphi_{0-2} = \frac{20 \cdot 0,75 + 10 \cdot 0,7 + 5 \cdot 0,7}{20 + 10 + 5} = 0,73,$$

$$\text{ЕМ 2-3: } \cos\varphi_{2-3} = 0,75,$$

$$\text{ЕМ 2-4: } \cos\varphi_{2-4} = 0,7;$$

$$\text{ЕМ 4-5: } \cos\varphi_{4-5} = 0,7.$$

Проводимо розрахунок ПЛ аналогічно. В таблиці 2.4 представимо отримані результати.

Повні потужності на ділянках ЕМ:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi},$$

Ділянка ЕМ 0-1 для ПЛ Л-1:

$$S_{0-1} = \frac{120}{0,75} = 160 \text{кВА}.$$

Аналогічно визначаємо повну потужність інших ділянок ЕМ. Представимо отримані результати в табл. 2.4..

Еквівалентна потужність:

$$S_E = S_p \cdot K_\phi,$$

Для новозбудованих ЕМ приймаємо  $K_\phi = 0,7$ .

Отримуємо:

Для ПЛ 1 (Фідер 1) ділянка ЕМ 0–1:

$$S_{0-1E} = 160 \cdot 0,7 = 112 \text{кВА},$$

Знаходимо еквівалентну потужність для других ділянок ЕМ. В табл. 2.4 представимо відповідні отримані результати.

Таблиця 2.4 - Повна та еквівалентна потужність максимуму дня

Ділянка мережі	$P, \text{кВт}$	$\cos \phi$	$S, \text{кВА}$	$S_E, \text{кВА}$
Лінія 1				
0-1	120.0	0.75	160,0	112.0
Лінія 2				
0-2	29.0	0.73	21.2	14.8
2-3	20.0	0.75	26.6	18.62
2-4	13.0	0.7	18.5	13.02
4-5	5.0	0.7	7.1	4.97
Лінія 3				
0-6	29.8	0.79	37.3	26.1
6-7	20.0	0.75	26.7	18.7
6-8	15.6	0.85	18.4	12.9
8-9	2.0	0.85	2.4	1.68

Товщина шару ожеледі  $b = 5$  мм (розрахунок ведеться стосовно Тернопільської області).

Інтервал економічних навантажень: понад 26,4 кВА. Вибираємо провід А50. Аналогічним чином попередньо підбираємо переріз проводів для інших ділянок ЕМ. Результати зводимо в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Попереднє визначення перерізу проводів на ділянках ПЛ

Ділянка лінії	Інтервал економічних навантажень, кВА	Марка кабелю
Лінія 1		
0-1	більше 26.4	5А50+А50
Лінія 2		
0-2	5.5 ... 26.0	5А25+А25
2-3	5.5 ... 26.0	5А25+А25
2-4	5.5 ... 26.0	5А25+А25
4-5	5.5 ... 26.0	5А25+А25
Лінія 3		
0-6	5.5 ... 26.0	5А25+А25
6-7	5.5 ... 26.0	5А25+А25
6-8	5.5 ... 26.0	5А25+А25
8-9	5.5 ... 26.0	5А25+А25

Втрата напруги на ділянці ЕМ:

$$\Delta U_{\partial} = \frac{S_p \cdot l}{U_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi),$$

де  $r_0, x_0$  – приймаються за таблицею додатків 3 і 5 для середньгеометричних відстаней між проводами 600 мм.

В відсотках:

$$\Delta U_{\partial\%} = \frac{\Delta U_{\partial}}{U_n} \cdot 100\%,$$

Ділянка 0 – 1:

$$\Delta U_{0-1} = \frac{160 \cdot 0,054}{0,38} (0,6 \cdot 0,75 + 0,35 \cdot 0,66) = 15,4В,$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{15,4}{380} \cdot 100\% = 4,05\%,$$

Для інших ділянок ПЛ розрахунків ведемо аналогічно. Наведемо у табл. 2.7 відповідні результати.

Спад напруги перевіряємо до самого віддаленого споживача від ТП. В нашому випадку найвіддаленішими точками мережі є: для лінії ЛЗ: 0 ... 9;

Спад напруги для ділянок, що пов'язують ці точки лінії з ТП, буде визначається таким чином:

Лінія ЛЗ (Фідер 3):

$$\Delta U_0 - 9 = \Delta U_0 - 6 + \Delta U_6 - 8 + \Delta U_8 - 9,$$

$$\Delta U_0 - 9 = 1,6 + 0,76 + 0,1 = 2,46\%,$$

Найбільше значення спаду напруги  $\Delta U_{max} = \Delta U_0 - 9 = 2,46\%$ ,

Провіряємо умову  $\Delta U_{дон} \geq \Delta U_{max}$ .

Так як  $5\% > 2,46\%$ , отже виконується умова, переріз та марки проводів обрані вірно і залишаються без змін.

Таблиця 2.6 - Результати розрахунків КЛ 0,38 кВ.

Ділянка мережі	$P, кВт$	$I_p, А$	$l, км$	Марка кабелю і січення, мм <sup>2</sup>	$\Delta U, \%$
КЛ					
Л1					
0-1	120.0	182.3	0.099	АВВГ 5x70	3.7
Л2					
0-2	20.0	30.4	0.066	АВВГ 5x6,0	4.7
Л3					
0-3	20.0	30.4	0.085	АВВГ 5x10	3.7

Таблиця 2.7 - Результати розрахунків ПЛ 0,38 кВ.

Ділянка мережі	$P, \text{кВт}$	$\cos\varphi$	$S, \text{кВА}$	$S_E, \text{кВА}$	$l, \text{км}$	$\Delta U, \text{В}$	$\Delta U, \%$
ПЛ							
Л1							
0-1	120.0	0.75	160.0	112.0	0.054	15.4	4.05
Л2							
0-2	29.0	0.73	21.2	14.8	0.0214	1.27	0.33
2-3	20.0	0.75	26.6	18.62	0.045	3.4	0.89
2-4	13.0	0.7	18.5	13.02	0.0533	2.7	0.71
4-5	5.0	0.7	7.1	4.97	0.0627	1.2	0.32
Л3							
0-6	29.8	0.79	37.3	26.1	0.0567	6.1	1.6
6-7	20.0	0.75	26.7	18.7	0.0333	2.53	0.66
6-8	15.6	0.85	18.4	12.9	0.052	2.9	0.76
8-9	2.0	0.85	2.4	1.68	0.057	0.41	0.1

### 2.3 Висновки до розділу

1. Вибрано живлення двома ПЛ 10 кВ, так як споживачі птахофабрики відносяться до II категорії по надійності ЕП. ТП буде закритого типу. Прийнято до встановлення 2 силових трансформатори ТМ – 250.

2. На основі проведених розрахунків центру електричних навантажень, розміщено ТП поближче до будівлі контори із врахуванням зручності обслуговування трансформаторної підстанції.

3. Проведено розрахунок допустимих втрат напруги в мережі 0,4 кВ.



### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Розрахунок струмів короткого замикання

Струми короткого замикання розраховуються в наступних випадках: перевірка апаратури, проводів, кабелів опорних ізоляторів в електроустановках напругою вище 1 кВ в режимі короткого замикання, перевірка стійкості енергосистеми і т.д.

Для розрахунку струмів короткого замикання необхідно знати переріз лінії 10 кВ. За формулою (3.1) визначаємо:

$$S_e = 219,2 \cdot 0,7 = 153,4 \text{ кВА}, \quad (3.1)$$

За значенням еквівалентної потужності вибираємо переріз провідників А16, але згідно ПУЕ [10] по механічній міцності для лінії 10 кВ мінімальний переріз складає 35 мм<sup>2</sup>. Отже, приймаємо провід А35.

Визначаємо втрату напруга на лінії 10 кВ за формулою (3.2):

$$\Delta U_{\partial} = \frac{219,2 \cdot 4,2}{10} (0,773 \cdot 0,75 + 0,38 \cdot 0,66) = 76,46 \text{ В};$$

$$\Delta U_{\partial\%} = \frac{76,46}{10000} \cdot 100\% = 0,76\% .$$

Перевіряємо за умовою:

$$0,76\% \leq 4,5\% .$$

Умова виконується, отже провід вибрано вірно.

Струми КЗ в складних електричних колах з декількома ступенями трансформації розраховують методом відносних величин, в порівняно простих схемах без ступенів трансформації і в схемах 0,4 кВ - методом іменованих величин.

Користуючись схемою мереж 0,38 кВ складаємо розрахункову схему струмів короткого замикання (графічна частина).

Далі на підставі розрахункової схеми складаємо схему заміщення (графічна частина), в якій для кожного елемента вказується його опір.

Розрахунок ведеться у відносних одиницях.

Приймаємо базисну потужність  $S_{\bar{b}} = 100 \text{ мВА}$ .

Визначаємо опір елементів схеми заміщення.

Для нашого випадку  $S_{*c} = 850 \text{ мВ} \cdot \text{А}$ . Тоді, опір системи визначається як:

$$X_{*c} = \frac{S_{\bar{b}}}{S_{*c}}, \quad (3.3)$$

Отримаємо:

$$X_{*c} = \frac{100}{850} = 0,12 \text{ Ом},$$

Опір лінії  $z_{*л}$  визначається за формулою:

$$z_{*л} = \sqrt{r_{*л}^2 + x_{*рез}^2}, \quad (3.4)$$

де  $r_{*л}$  – активний опір лінії, Ом;

$x_{*л}$  – індуктивний, опір лінії, Ом.

$r_{*л}$  та  $x_{*л}$  визначається наступним чином:

$$r_{*л} = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{b}}}{U_{\bar{b}}^2}, \quad (3.5)$$

$$x_{*л} = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\bar{b}}}{U_{\bar{b}}^2}, \quad (3.6)$$

де  $r_0$ ,  $x_0$  – питомий активний та індуктивний опори лінії, Ом / км;

$l$  – довжина лінії, км;

$U_{\bar{b}}$  – середня напруга, приймається  $U_{\bar{b}} = 1,05 \cdot U_n = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ}$ .

Розраховуємо опір лінії 10 кВ:

$$x_{*л1} = 0,38 \cdot 4,2 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 1,44 \text{ Ом},$$

$$x_{*рез} = x_{*c} + x_{*л1},$$

$$x_{*рез} = 0,12 + 1,44 = 1,56 \text{ Ом},$$

$$r_{*л} = 0,773 \cdot 4,2 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 2,9 \text{ Ом},$$

$$z_{*л} = \sqrt{2,9^2 + 1,56^2} = 3,33 \text{ Ом}$$

Розраховуємо струми короткого замикання для точки К1. Вони визначаються наступним чином:

Струм 3-х фазного КЗ:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{I_{\delta}}{Z_{*л}}, \quad (3.7)$$

де  $I_{\delta}$  – базисний струм,  $A$ :

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}, \quad (3.8)$$

Отримуємо:

$$I_{\delta} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ кА},$$

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{5,5}{3,33} = 1,65 \text{ кА},$$

- струм 2-х фазного короткого замикання:

$$I_{\kappa}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (3.9)$$

Отримуємо:

$$I_{\kappa}^{(2)} = 0,87 \cdot 1,65 = 1,44 \text{ кА},$$

- ударний струм:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot k_{\delta} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (3.10)$$

де  $k_{\delta}$  – ударний коефіцієнт, приймаємо для мережі 10 кВ  $k_{\delta} = 1$ .

Отримуємо:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 1,65 = 2,33 \text{ кА},$$

Визначаємо повну потужність короткого замикання:

$$S_{\kappa}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (3.11)$$

Отримуємо:

$$S_{\kappa}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 1,65 = 28,5 \text{ мВА},$$

Проводимо розрахунок в відносних одиницях.

Визначаємо опір елементів схеми заміщення.

Опір системи визначається за такою формулою:

$$x_c = \frac{U_{\bar{6}}^2}{S_{\kappa}}, \quad (3.12)$$

де  $U_{\bar{6}}$  – базисна напруга мережі 0,38 кВ, приймаємо  
 $U_{\bar{6}} = 1,05 \cdot U_n = 0,38 \cdot 1,05 = 0,4$  кВ;

Отримуємо:

$$x_c = \frac{0,4^2}{850} = 0,00018 \text{ Ом},$$

Опір лінії 10 кВ приведені до 0,4 кВ, визначається за такими формулами:

$$r_l = r_0 \cdot l \frac{U_{\bar{6}}^2}{U_{cp}^2}, \quad (3.13)$$

$$x_l = x_0 \cdot l \frac{U_{\bar{6}}^2}{U_{cp}^2}, \quad (3.14)$$

де  $r_0, x_0$  – питомий активний та індуктивний опори лінії, Ом/км;

$l$  – довжина лінії, км;

$U_{cp}$  – середня напруга лінії 0,38 кВ, приймається:

$$U_{cp} = 1,05 \cdot U_n = 1,05 \cdot 0,38 = 0,4 \text{ кВ}.$$

Розраховуємо опір лінії 0,38 кВ:

$$r_l = 0,773 \cdot 4,2 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 0,0047 \text{ Ом},$$

$$x_l = 0,38 \cdot 4,2 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 0,0023 \text{ Ом},$$

Опір трансформатора визначаються наступним чином:

- повний опір:

$$z_{mp} = \frac{10 \cdot U_{\kappa} \cdot U_n^2}{S_n}, \quad (3.15)$$

де  $U_{\kappa}$  – напруга короткого замикання, %, для вибраного трансформатора  
 $U_{\kappa} = 4,5\%$  [8];

$U_n$  – номінальна напруга на трансформаторі,  $U_n = 0,4$  кВ;

$S_n$  – номінальна потужність трансформатора,  $S_n = 250 \text{ кВА}$ ;

Отримуємо:

$$z_{mp} = \frac{10 \cdot 4,5 \cdot 0,4^2}{250} = 0,028 \text{ Ом},$$

- активний опір:

$$r_{mp} = \frac{P_k \cdot U_n^2}{S_n^2}, \quad (3.16)$$

де  $P_k$  – втрати короткого замикання трансформатора,  $\text{Вт}$  [8];

Маємо:

$$r_{mp} = \frac{4200 \cdot 0,4^2}{250^2} = 0,01 \text{ Ом},$$

- індуктивний опір:

$$x_{mp} = \sqrt{z_{mp}^2 - r_{mp}^2}, \quad (3.17)$$

Отримуємо:

$$x_{mp} = \sqrt{0,028^2 - 0,01^2} = 0,029,$$

- Відносно точки  $K2$  розраховуємо результуючі опори:

- активний:

$$r_{pez} = r_l + r_{mp} \quad (3.18)$$

Розраховуємо:

$$r_{pez} = 0,01 + 0,0047 = 0,0147 \text{ Ом},$$

- індуктивний:

$$x_{pez} = x_c + x_l + x_{mp}, \quad (3.19)$$

Розраховуємо:

$$x_{pez} = 0,00018 + 0,0023 + 0,029 = 0,031 \text{ Ом},$$

- повний:

$$z_{pez} = \sqrt{r_{pez}^2 + x_{pez}^2}, \quad (3.20)$$

Розраховуємо:

$$z_{pez} = \sqrt{0,31^2 + 0,0147^2} = 0,55 \text{ Ом},$$

Розраховуємо струми короткого замикання для точки  $K2$ . Вони визначаються наступним чином:

струм 3-х фазного короткого замикання:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot z_{pez}}, \quad (3.21)$$

Отримуємо:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,55} = 0,42 \text{ кА},$$

- струм 2-х фазного короткого замикання визначаємо по формулі (3.9), отримуємо:

$$I_{\kappa}^{(2)} = 0,87 \cdot 0,42 = 0,37 \text{ кА},$$

- ударний струм розраховуємо за формулою (3.8) (приймаємо  $K_y = 1$  для мережі  $0,38 \text{ кВ}$ ), отримуємо:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,42 = 0,59 \text{ кА},$$

Визначаємо повну потужність короткого замикання за формулою (3.12), отримуємо:

$$S_{\kappa}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,42 = 0,29 \text{ мВА},$$

Визначаємо опір фазних проводів лінії  $0,38 \text{ кВ}$ . Отримані дані заносимо в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Опір фазних проводів лінії  $0,38 \text{ кВ}$

№ ділянки	$l$ , км	$r_0$ , Ом / км	$x_0$ , Ом / км	$r_{лф}$ , Ом	$x_{лф}$ , Ом
Л2					
0-2	0.0214	1.14	0.345	0.024	0.0075
2-3	0.045	1.14	0.345	0.051	0.016
Разом				0.075	0.0234
Л1					
0-1	0.054	0.6	0.35	0.032	0.019
Л3					
0-6	0.0567	1.14	0.345	0.066	0.02
6-8	0.052	1.14	0.345	0.059	0.018
8-9	0.057	1.14	0.345	0.065	0.02
Разом				0.19	0.058

Визначаємо опору нульових проводів лінії 0,38 кВ. Отримані дані зводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2- Опір нульових проводів лінії 0,38 кВ

№ ділянки	$l, км$	$r_0, Ом/км$	$x_0, Ом/км$	$r_{лф}, Ом$	$x_{лф}, Ом$
Л2					
0-2	0.0214	1.14	0.345	0.024	0.0075
2-3	0.045	1.14	0.345	0.051	0.016
Разом				0.075	0.0234
Л1					
0-1	0.054	0.83	0.35	0.045	0.018
Л3					
0-6	0.0567	1.14	0.345	0.066	0.02
6-8	0.052	1.14	0.345	0.059	0.018
8-9	0.057	1.14	0.345	0.065	0.02
Разом				0.19	0.058

Визначаємо результуючі опори для точки КЗ:

- фазних проводів:

$$r_{лф} = 0,0047 + 0,01 + 0,075 = 0,09 Ом,$$

$$x_{лф} = 0,00018 + 0,0023 + 0,029 + 0,0234 = 0,026 Ом,$$

$$z_{лф} = \sqrt{0,247^2 + 0,015^2} = 0,247 Ом,$$

- нульових проводів:

$$r_{лн} = 0,075 Ом,$$

$$x_{лф} = 0,0234 Ом,$$

$$z_{лф} = \sqrt{0,075^2 + 0,0234^2} = 0,078 Ом,$$

Розраховуємо струми короткого замикання для точки КЗ:

- Струм 3-х фазного короткого замикання визначаємо за формулою (3.22), отримуємо:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,094} = 2,46 \text{ кА},$$

Розраховуємо струми короткого замикання для точки КЗ:

- струм 3-х фазного короткого замикання визначаємо за формулою (3.8), отримуємо:

$$I_{\kappa}^{(2)} = 0,87 \cdot 2,46 = 2,14 \text{ кА},$$

- струм однофазного короткого замикання визначається за такою формулою:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{z_{mp}/3 + z_n}, \quad (3.23)$$

де  $U_{\phi}$  – номінальна фазна напруга мережі,  $U_{\phi} = 380 \text{ В}$ ;

$z_{mp}$  – опір трансформатора струму однофазного короткого замикання, Ом. Для даного трансформатора  $z_{mp} = 0,312 \text{ Ом}$ ;

$z_n$  – повний опір кола «фаза-нуль», Ом.

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{0,22}{0,312/3 + 0,17} = 0,815 \text{ кА},$$

- Ударний струм розраховуємо за формулою:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 2,46 = 3,5 \text{ кА},$$

Визначаємо повну потужність короткого замикання за формулою (3.11), отримуємо:

$$S_{\kappa}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2,46 = 1,62 \text{ мВА},$$

Всі отримані значення зводимо в табл. 3.3.



Таблиця 3.3 - Зведена таблиця розрахунку струмів короткого замикання

N	Місце к / з	$I_K^{(3)}$ , кА	$I_K^{(2)}$ , кА	$I_K^{(1)}$ , кА	$i_y$ , кА	$S_k$ , кА
	K1	1.65	1.44	-	2.33	28.5
	K2	0.42	0.37	-	0.59	0.29
Л2	K3	2.46	2.14	0.815	3.5	1.62
Л1	K3	3.3	2.9	1.03	4.67	2.17
Л3	K3	4.6	4.0	0.62	6.5	3.03

### 3.2 Проведення розрахунку та вибору силового обладнання

Вибираємо електродвигун за максимально можливим завантаженням.

Зусилля опору руху::

$$F_x = m \cdot q \cdot l \cdot f_x \quad (3.24)$$

$$F_x = 5 \cdot 9,81 \cdot 130 \cdot 0,5 = 3188,3 \text{ Н}.$$

Зусилля, що витрачається на подолання опору тертя посліду:

$$F_H = m_H \cdot q \cdot f_H, \quad (3.25)$$

$$m_H = \frac{m \cdot N}{Z}, \quad (3.26)$$

$$m_H = \frac{0,3 \cdot 1040}{2} = 156 \text{ кг};$$

$$F_H = 156 \cdot 9,81 \cdot 0,97 = 1484,4 \text{ Н}.$$

Зусилля, що витрачається на подолання опору тертя посліду об бічні стінки каналу при переміщенні:

$$F_{\bar{o}} = P_{\bar{o}} \cdot f_H, \quad (3.27)$$

$$P_{\bar{o}} = \frac{m_H \cdot q}{2}, \quad (3.28)$$

$$F_{\bar{o}} = 765,2 \cdot 0,97 = 742,2 \text{ Н};$$

$$P_{\bar{o}} = \frac{156 \cdot 9,81}{2} = 765,2 \text{ Н}.$$

Зусилля під час залипання скребків, які появляються між скребком і стінкою каналу:

$$F_3 = \frac{l \cdot F_1}{a}, \quad (3.29)$$

$$F_3 = \frac{130 \cdot 15}{0,46} = 4239,1 \text{ Н}.$$

Загальна максимальне зусилля:

$$F_{\max} = F_x + F_H + F_{\bar{o}} + F_3,$$

$$F_{\max} = 3188,3 + 1484,4 + 765,2 + 4239,1 = 9653,7 \text{ Н}.$$

Момент опору:

$$M_{\max} = \frac{F_{\max} \cdot \nu}{\omega \cdot \eta_n}, \quad (3.30)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1440}{30} = 150,7 \text{ рад / с}$$

$$M_{\max} = \frac{9653,7 \cdot 0,19}{150,7 \cdot 0,9} = 10,7 \text{ Нм}.$$

Момент рушання:

$$M_{\max \text{ mp}} = 1,2 \cdot M_{\max},$$

$$M_{\max \text{ mp}} = 1,2 \cdot 10,7 = 12,84 \text{ Нм}.$$

Необхідно:

$$K_M^2 \cdot \mu_n \geq M_{\text{mp}} + 0,25M,$$

Звідси момент двигуна:

$$M_H \geq \frac{M_{\text{mp}}}{K_H^2 \cdot \mu_n - 0,25}, \quad (3.31)$$

$$M_H \geq \frac{12,84}{0,9^2 \cdot 2 - 0,25} = 9,4 \text{ Нм}.$$

Потрібна потужність двигуна:

$$P = M_H \cdot \omega_H,$$

$$P = 9,4 \cdot 150,7 = 1,4 \text{ кВт}.$$

Аналогічно проводимо розрахунок для іншого електрообладнання. Отримані значення представимо у табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Електрообладнання приміщення

№	Найменування операцій	Робоча машина	Кількість	Тип електродвигуна	Паспортні дані					
					$P_n$ , кВт	$S$ , %	$n$ , хв <sup>-1</sup>	$\eta$ , %	cos $\varphi$	$K_i$
1.	Вентиляція	ВЦ 6,3–100	2,0	<i>AIP90L6 / 8</i>	1.5	7.5	925,0	0.76	0.72	6,0
2.	Видалення посліду	Поперечний транспортер	1,0	<i>AIP100L4</i>	4,0	6,0	1410,0	0.85	0.84	7,0
3.		Повздовжній транспортер	4,0	<i>AIP80B4</i>	1.5	7,0	1395,0	0.78	0.83	5.5
4.		Кутовий транспортер	1,0	<i>AIP90L6</i>	0.37	12,0	1320,0	0.68	0.7	5,0
5.	Роздача корму	<i>БСК – 10</i>	2,0	<i>AIP71B6</i>	0.55	8.5	915,0	0.685	0.7	4.5
6.		<i>РТШ – 2</i>	2,0	<i>AIP71B6</i>	0.55	8.5	915,0	0.685	0.7	4.5

### 3.3 Визначення електричного навантаження на ввіді в приміщення

Використаємо метод технологічного графіка.

Здійснимо аналіз електроприймачів. Час роботи та параметри представимо у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Графік електроустановлення добовий

№	Назва операцій	Робоча машина	Кількість	$P_{уст},$ кВт	$\eta, \%$	$K_z$	$P_n,$ кВт	Тривалість роботи, год
1.	Вентиляція	ВЦ6,3–100	2.0	1.5	0.76	0.7	1.38	
2.	Роздача	БСК–10	2.0	0.55	0.685	0.5	0.4	
	корму	РТШ–2	2.0	0.55	0.685	0.5	0.4	
3.	Ел.	Люмінесцентні	-	4.48	0.85	1.0	5.27	16.0
	освітлення	лампи	-	1.71	1.0	1.0	1.71	16.0
4.	Прибирання	Лампи	1.0	4.0	0.85	0.5	2.35	0.2
	відходів	розжарювання						
		Транспортер	4.0	1.5	0.78	0.5	0.96	0.2
		поперечний						
		Транспортер	1.0	0.37	0.68	0.5	0.27	0.2
		повздовжній						
		Транспортер кутовий						

З графіка видно, що максимальна потужність дорівнює  $P_p = 17,85 \text{ кВт}$  і триває п'ятнадцять хвилин. Це не є явно вираженим максимумом, тому розрахункову потужність визначаємо за формулою:

$$P_p = \sum_1^n \frac{P_y \cdot K_z}{\eta} + \sum_1^m \frac{P_y^1 \cdot K_z \cdot t}{\eta \cdot 0,5} \quad (3.32)$$

де  $P_y$  – встановлена потужність електроприймачів, які працюють більше 0,5 години під час очікуваного максимуму:

$P_y^1$  – встановлена потужність електроприймачів, які працюють менше 0,5 години під час очікуваного максимуму.

$Z$  – тривалість безперервної роботи кожного електроприймача з групи  $P_y^1$ .

$K_z$  – коефіцієнт завантаження групи.

$$P_p = \frac{1,5 \cdot 0,7}{0,76} \cdot 2 + \frac{0,55 \cdot 0,5}{0,685} \cdot 4 + \frac{4,48 \cdot 1}{0,85} + \frac{1,71 \cdot 1}{1} + \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 0,25}{0,85 \cdot 0,5} + \frac{1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,25}{0,78 \cdot 0,5} \cdot 4 +$$

$$+ \frac{0,37 \cdot 0,5 \cdot 0,25}{0,68 \cdot 0,5} = 15,02 \text{ кВт} .$$

Cosφ:

$$\cos \varphi = \frac{\sum \cos \varphi_i \cdot P_i}{\sum P_i} \quad (3.33)$$

$$\cos \varphi = \frac{1,5 \cdot 2 \cdot 0,76 + 4 \cdot 0,85 + 1,5 \cdot 4 \cdot 0,78 + 0,37 \cdot 0,68 + 0,55 \cdot 4 \cdot 0,685 + 4,48 \cdot 0,85 + 1,71 \cdot 1}{1,5 \cdot 6 + 4 + 0,37 + 0,55 \cdot 4 + 4,48 + 1,71} = 0,81.$$

Повна потужність:

$$S = \frac{P_p}{\cos \varphi} = \frac{15,02}{0,81} = 18,54 \text{ кВА} \quad (3.34)$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{15,02}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,81} = 28,21 \text{ А} \quad (3.35)$$

### 3.4 Проектування електричного освітлення

Проектування електричного освітлення представлено в додатку А.

### 3.5 Характеристика об'єкта проектування

Об'єктом проектування є пташник на 4160 бройлерів розмірами 72x24 м.

Конструкція будівлі виконана на бетонному фундаменті складається з:

- зовнішні стіни - керамзитобетонні панелі товщиною 300 мм, і вапняно-піщаний розчин шаром 20 мм.
- перегородки - вапняно-піщаний розчин шаром в 20 мм і керамічна пустотна цегла шириною 120 мм;
- перекриття - хвилясті азбестоцементні плити - 5 мм, засипка з гравію керамзитного - 180 мм, пароізоляція 1 шар руберойду - 3 мм, цементний розчин марки 100 – 5 мм, плита залізобетонна ПС-1 – 250 мм.
- підлоги – керамзитобетонний вапняний шар – 30 мм, теплоізоляційний керамзитобетонний шар - 80 мм, підстильний гравійний шар - 120 мм.

Зовнішні двері та ворота - дошка соснова - 50 мм, мати мінераловатні - 15 мм.

Пташник розташований в Ланівецькому районі Тернопільської області. Використовуваний теплоносієм гаряча вода з параметрами 95 – 70 °С.

### 3.6 Розрахунок теплоповітряного режиму приміщення

Проведемо розрахунок теплоповітряного режиму приміщення для утримання птиці. Виходимо з місця розташування об'єкта проектування. Дані приводимо у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 - Зовнішнє повітря. Параметри

Місто	Температура найбільш холодних днів	Холодний період		Теплий період	
		$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{кДж} / \text{кг}$	$t, ^\circ\text{C}$	$h, \text{кДж} / \text{кг}$
		-22,0	-21.5	27,0	56.5
Ланівці	-22,0				

Випишемо параметри внутрішнього повітря для підлогового утримання птиці в табл. 3.7.

Таблиця 3.7. - Внутрішнє повітря. Параметри

Приміщення	Період	$t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	ПДК		
				$\text{CO}_2, \text{л} / \text{м}^3$	$\text{NH}_3, \text{мг} / \text{м}^2$	$\text{H}_2\text{S}, \text{мг} / \text{м}^2$
Курник	Холодний	6,0	70,0	2.5	15.0	5.0
	Перехідний	6,0	70,0			
	Теплий	1.4	70,0			

Теплотехнічні характеристики будівельних матеріалів для умов експлуатації Б заносимо в табл. 3.8.

Таблиця 3.8. - Теплотехнічні характеристики будівельних матеріалів

Назва матеріалу	ρр, кг/м <sup>3</sup>	Розрахункові коефіцієнти при умовах експлуатації		
		Теплопровідність <i>Вт / (м·к)</i>	Теплозасвоєння <i>Вт / (м·к)</i>	Паропроникність Вт/(м·Г·Па)
Керамзитобетонні панелі	800,0	0.31	4.77	0.19
Керамічно пустотна цегла	1200,0	0.52	6.62	0.17
Вапняно-піщаний розчин	1600,0	0.81	9.76	0.12
Азбестоцементні хвилясті плити	1800,0	0.92	12.33	0.09
Руберойд	600,0	0.17	3.53	-
Цементний розчин марки 100	1800,0	0.93	11.09	0.09
Плита залізобетонна ПС-1	2500,0	2.04	16.96	0.03
Керамзитобетонний-вапняний шар	1800,0	0.92	12.33	0.09
Теплоізоляція шар керамзитобетону	1200,0	0.52	7.57	0.11
Засипка з гравію керамзитового	200,0	0.12	1.3	0.26
Дошка соснова	500,0	0.18	4.54	0.06
Мати мінераловатні	50,0	0.06	0.48	0.53

Термічний опір теплопередачі,  $m^2 \cdot K$ :

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + R_{B.П.} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3.36)$$

$R_i$  – термічний опір теплопровідності окремих шарів,  $m^2 \cdot K / Bm$ ;

$\alpha_n$  – коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні захисної конструкції,  $Bm / (m^2 \cdot K)$ ;

Розраховуємо заповнення приміщення тваринами,  $кг / m^2$ :

$$M = \frac{m_1 n}{A}, \quad (3.37)$$

де  $m_1$  – маса однієї тварини,  $кг$  ( $m_1 = 3кг$ );

$n$  – кількість тварин ( $n_1 = 4160$ );

$A$  – площа приміщення,  $m^2$ ,  $A = 1416 m^2$ ;

$$M_1 = \frac{3 \cdot 4160}{1416} = 8,81 \text{ кг} / m^2.$$

Виходячи з умов,  $M < 80 \text{ кг} / m^2$  приймаємо  $\alpha_n = 8,7 \text{ Bm} / (m^2 \cdot K)$ .

Виходячи з умов, приймаємо  $\alpha_n = 23 \text{ Bm} / (m^2 \cdot K)$ .

Термічний опір окремих шарів  $m^2 \cdot K / Bm$ :

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3.38)$$

де  $\delta_i$  – товщина слою,  $m$ ;

$\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу шару,  $Bm / (m \cdot K)$ ;

Розраховуємо термічний опір теплопередачі.

- для зовнішніх стін:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{0,31} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 1,15 \text{ } m^2 \cdot K / Bm;$$

- для покриттів і перекриттів:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,005}{0,92} + \frac{0,18}{0,12} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,25}{2,04} + \frac{1}{23} = 1,81 \text{ } m^2 \cdot K / Bm;$$



- для зовнішніх дверей:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,05}{0,18} + \frac{0,015}{0,06} + \frac{1}{23} = 0,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

- перегородки:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,52} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,41 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_{\text{У.П.}} = R_{\text{Н.П.}} + \frac{\delta_{\text{У.С.}}}{\lambda_{\text{У.С.}}}, \quad (3.39)$$

де  $R_{\text{Н.П.}}$  – опір теплопередачі аналізованої зони неутепленої підлоги,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ ;

$\delta_i$  – товщина утеплюючого шару,  $\text{м}$ ;

Підставляючи числові значення, розраховуємо:

$$R_{\text{У.П.1}} = 2,1 + \frac{0,08}{0,52} = 2,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_{\text{У.П.2}} = 4,3 + \frac{0,08}{0,52} = 4,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_{\text{У.П.3}} = 8,6 + \frac{0,08}{0,52} = 8,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

$$R_{\text{У.П.4}} = 14,2 + \frac{0,08}{0,52} = 14,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Визначаємо потрібний термічний опір теплопередачі.

Визначасмо необхідний опір теплопередачі,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ :

$$R_0^{TP} = \frac{t_B - t_H}{\alpha_B \Delta t^H} n, \quad (3.40)$$

Залежно від теплової інерції  $D$  зовнішніх огорож:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i S_i, \quad (3.41)$$

- для зовнішніх стін:

$$D = \frac{0,3}{0,31} \cdot 4,77 + \frac{0,02}{0,81} \cdot 9,76 = 4,86$$

Прийmemo:

$$t_H = - 24 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Приймаємо:

$$\Delta t^H = t_B - t_P = 16 - 10 = 6^\circ\text{C}.$$

Температуру точки роси  $t_P$  приймаємо з діаграми вологого повітря при  $t_B = 16^\circ\text{C}$  і  $\varphi = 70\%$ .  $t_P = 10^\circ\text{C}$ .

Коефіцієнт  $n = 1$ .

$$R_0^{TP} = \frac{16+24}{8,7 \cdot 6} \cdot 1 = 0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт};$$

- для перекриттів та покриттів:

$$D = \frac{0,005}{0,92} \cdot 12,33 + \frac{0,18}{0,12} \cdot 1,13 + \frac{0,003}{0,17} \cdot 3,53 + \frac{0,005}{0,93} \cdot 11,09 + \frac{0,25}{2,04} \cdot 16,96 = 3,96.$$

Прийmemo:

$$t_n = - 26^\circ\text{C}.$$

Знаходимо:

$$\Delta t^H = 0,8 \cdot (16 - 10) = 4,8^\circ\text{C},$$

$$R_0^{TP} = \frac{16+24}{8,7 \cdot 4,8} \cdot 1 = 1,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

- для зовнішніх дверей

$$D = \frac{0,05}{0,18} \cdot 4,54 + \frac{0,015}{0,06} \cdot 0,48 = 1,38.$$

Необхідний термічний опір теплопередачі зовнішніх дверей має бути не менше 60% від зовнішніх стін.

Прийmemo:

$$t_n = - 22^\circ\text{C}.$$

Обчислюємо:

$$\Delta t^H = 16 - 10 = 6^\circ\text{C},$$

$$R_0^{TP} = \frac{16+22}{8,7 \cdot 6} \cdot 1 = 0,73 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}.$$

Виходячи з того, що розрахунковий опір теплопередачі повинен бути не менше ніж необхідний, перевіримо:

- для зовнішніх стін:  $1,15 > 0,77$  - відповідає нормам;
- для покриттів і перекриттів:  $1,81 > 1,01$  - задовольняє;

- для зовнішніх дверей  $0,69 > 0,44 = 60\%$  від  $0,73$ .

Проведемо розрахунки площ окремих зон підлоги:

$$S_I = 24 \cdot 58 + 2 \cdot 2 \cdot 4 - 552 - 248 - 280 = 328 \text{ м}^2;$$

$$S_{II} = 20 \cdot 54 - 552 - 248 = 280 \text{ м}^2;$$

$$S_{III} = 16 \cdot 50 - 552 = 248 \text{ м}^2;$$

$$S_{IV} = 12 \cdot 46 = 552 \text{ м}^2.$$

Тепловтрати через підлоги розраховують, розбиваючи підлогу на зони-смуги, паралельні зовнішніх стін. Перші три смуги мають ширину  $2 \text{ м}$ , а вся інша частина становить четверту зону.

Теплові потоки тепловтрат через огорожувальні конструкції визначають окремо для кожної конструкції, а потім підсумовують отримані значення.

Тепловий потік ФТП тепловтрат розраховують з заокругленням до  $10 \text{ Вт}$ , за формулою:

$$\Phi_{III} = \frac{A}{R_0} (t_B - t_{H.O}) \left( 1 + \sum_{i=1}^n \beta_i \right) n, \quad (3.42)$$

де  $t_{H.O}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря (середня температур найбільш холодних п'ятиденок),  $^{\circ}\text{C}$ .

Розраховуємо теплові потоки тепловтрат:

- через зовнішні стіни (НС).

Згідно з правилами виміру, розраховуємо площі зовнішніх стін. Площа однієї стіни:

$$A_c = A_{nc} - A_o,$$

де  $A_{nc} = a \times b$  – геометрична площа стінки ( $a, b$  - висота і довжина стінки);

$A_o = A_{1o} \times n_o$  – площа вікон ( $A_{1o}, n_o$  - площа одного вікна, кількість вікон);

Так як вікна відсутні, то відповідно у формулі буде присутня тільки площа стін.

$$\text{Далі, } A_{nc} = 60 \times 3,6 = 216 \text{ м}^2;$$

Приймаємо додаткові втрати:

- для стін повернених на північ - 0,1;
- для стін повернених на схід - 0,1;
- для стін повернених на захід - 0,05;

Розрахунки заносимо в табл. 3.9.

Таблиця 3.9. - Розрахунок тепловтрат через зовнішні огорожі

Номер приміщення	Назва приміщення	$t_v, ^\circ\text{C}$	Характеристики огорож				$(t_{в,н,о})_п, ^\circ\text{C}$	Частки додаткових тепловтрат на орієнтацію	$1+\sum\beta$	$\Phi_{п,с}, \text{Вт}$	
			Назва	Орієнтація	$a \times b, \text{м}$	$A, \text{м}^2$					$R_o, \text{Вт}/^2/\text{м}^2\text{К}$
Приміщення для птиці	6	8,0	НС	С	58x3.6	208.8	1.15	0.1	1.1	7724,0	
			НС	Ю	58x3.6	208.8	1.15	-	1,0	6899,0	
			НС	З	15x3.6+1.2x1 2	68.4	1.15	8,0	0.05	1,05	2136,0
			НС	В	24x3.6+1.2x1 2	100.8	1.15	8,0	0.1	1.1	3297,0
			ПТ	—	(12.06x58)·2	1399,0	1.81	8,0	-	1,0	29371,0
			ПЛ 1	—	—	328,0	2.25	8,0	-	1,0	5540,0
			ПЛ 2	—	—	280,0	4.45	8,0	-	1,0	2391,0
			ПЛ 3	—	—	248,0	8.75	8,0	-	1,0	1077,0
			ПЛ 4	—	—	552,0	14.35	8,0	-	1,0	1462,0
								$\Phi_{тп}$	59762,0		

Для розрахунку теплоповітряного режиму визначаємо норми виділення теплоти, вологи,  $\text{CO}_2$  в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 - Норми виділення теплоти, вологи, CO<sub>2</sub>

Групи тварин	Жива маса, кг	Тепловий потік тепловіддач, Вт		Вологовіддача, г/г	Виділення CO <sub>2</sub> , л/г
		повних	явних		
Кури м'ясних порід	3,0	25.47	17.73	11.25	4.32

Випишемо температурні коефіцієнти і в табл. 3.11 для внутрішньої температури приміщення (періоди: холодний, перехідною, теплий).

Таблиця 3.11 - Температурні коефіцієнти

Період	t, °C	Температурні коефіцієнти			
		Тепловиділень		Вологовиділень	Виділень CO <sub>2</sub>
		повних	явних		
Холодний	16.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Перехідний	16.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Теплий	31.4	1.24	1.15	1.32	1.32

### 3.6.1 Холодний період року

Виконуємо розрахунок теплового режиму тваринницького приміщення для холодного періоду року.

Тепловий потік явних тепловиділень, кВт:

$$\Phi_{ж} = K_t' q_n \cdot 10^{-3}, \quad (3.43)$$

$$\Phi_{ж} = 1 \cdot 17,73 \cdot 4160 \cdot 10^{-3} = 73,76 \text{ кВт},$$

Вологовиділення тваринами, г/г:

$$W_{\text{ж}} = K_t'' W n, \quad (3.44)$$

де  $K_t''$  – температурний коефіцієнт вологовиділень;

$W$  – вологовиділення одними тваринами,  $г / год$ .

$$W_{\text{ж}} = 1 \cdot 11,25 \cdot 4160 = 46800 \text{ г} / \text{год}.$$

Вологовиділення із відкритих поверхонь:

$$W_{\text{СП}} = 0,1 \cdot W_{\text{ж}} = 0,1 \cdot 46800 = 4680 \text{ г} / \text{год}.$$

Сумарні вологовиділення:

$$W = W_{\text{ж}} + W_{\text{СП}} = 46,8 + 4,68 = 51,48 \text{ кг} / \text{год}.$$

Кількість вуглекислого газу, що виділяється тваринами,  $л / год$ :

$$V_{\text{CO}_2} = K_t''' V'_{\text{CO}_2} n, \quad (3.45)$$

де  $K_t'''$  – температурний коефіцієнт виділень вуглекислого газу і повних тепловиділень;

$V'_{\text{CO}_2}$  – кількість вуглекислого газу, що виділяється одними тваринами,  $л / год$ ;

$$V_{\text{CO}_2} = 1 \cdot 4,32 \cdot 4160 = 17971,2 \text{ л} / \text{год}.$$

Тепловий потік повних тепловиділень,  $кВт$ :

$$\Phi_0 = K_t'''' q_0 n \cdot 10^{-3}, \quad (3.46)$$

$q_0$  – тепловий потік повних тепловиділень одними тваринами,  $Вт$ ;

$$\Phi_0 = 1 \cdot 25,47 \cdot 4160 \cdot 10^{-3} = 105,96 \text{ кВт}.$$

Тепловий потік теплонадлишків у холодний період  $\Phi$ ,  $кВт$ :

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_{\text{ОСВ}} - \Phi_{\text{Т.П.}} \quad (3.47)$$

Тепловий потік від електроосвітлення:

$$\Phi_{\text{ОСВ}} = \alpha \cdot N_{\text{осв}} \quad (3.48)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує вид і арматуру освітлювальних приладів,  $\alpha = 0,9$ , тому люмінесцентні відкриті лампи;

$N_{\text{осв}}$  – потужність встановлених освітлювальних приладів,  $кВт$ ;

$$\Phi_{\text{ОСВ}} = 0,9 \cdot 4,48 = 4,03 \text{ кВт}.$$

$$\Phi = 105,96 + 4,03 - 59,76 = 50,23 \text{ кВт}.$$

Кутовий коефіцієнт  $\varepsilon$  для холодного періоду,  $\text{кДж} / \text{кг}$ , дорівнює:

$$\varepsilon = 3600 \frac{\Phi}{W}, \quad (3.49)$$

де  $W$  – сумарні вологовиділення в приміщенні,  $\text{кг} / \text{год}$ :

$$\varepsilon = 3600 \cdot \frac{50,23}{51,48} = 3512 \text{ кДж} / \text{кг}.$$

### 3.6.2 Перехідний період

Розраховуємо тепловий потік теплонадлишків  $\Phi_{II}$ ,  $\text{кВт}$  для перехідного періоду року:

$$\Phi_{II} = \Phi_0^{II} + \Phi_{OCB} - \Phi_{T.П.}^{II}, \quad (3.50)$$

$$\Phi_{T.П.}^{II} = \Phi_{T.П.} \cdot \frac{t_B^{II} - t_H^{II}}{t_B - t_{H.0}}, \quad (3.51)$$

сумарні вологовиділення:

$$W = W_{ж} + W_{ICП} = 46,8 + 4,68 = 51,48 \text{ кг} / \text{год}.$$

$$V_{CO_2} = 1 \cdot 4,32 \cdot 4160 = 17971,2 \text{ л} / \text{г}.$$

$$\Phi_{T.П.}^{II} = 59,76 \cdot \frac{16 - 8}{16 + 22} = 12,6 \text{ кВт},$$

$$\Phi_{II} = 105,96 + 4,03 - 12,6 = 97,41 \text{ кВт}.$$

Розраховуємо кутовий коефіцієнт  $\varepsilon$ ,  $\text{кДж} / \text{кг}$ :

$$\varepsilon = 3600 \frac{\Phi_{II}}{W}, \quad (3.52)$$

де  $W$  – сума вологовиділень в приміщенні,  $\text{кг} / \text{год}$ :

$$\varepsilon = 3600 \frac{97,41}{51,48} = 6811,59 \text{ кДж} / \text{кг}.$$

### 3.6.3 Теплий період

Аналогічним чином розраховуємо теплий період.

$$\begin{aligned}\Phi_O^T &= K_t''' q_0 n \cdot 10^{-3}; \\ \Phi_O^T &= 1,32 \cdot 17,73 \cdot 4160 \cdot 10^{-3} = 97,36 \text{ кВт} \\ W_{Ж} &= K_t'' W n\end{aligned}\quad (3.53)$$

$$\begin{aligned}W_{Ж} &= 1,32 \cdot 11,25 \cdot 4160 \cdot 10^{-3} = 61,78 \text{ кг / г}; \\ W_T &= W_{Ж} + W_{ИСП} = 61,78 + 0,3 \cdot 61,78 = 80,31 \text{ кг / год}. \\ V_{CO_2} &= 1,32 \cdot 4,32 \cdot 4160 = 23722 \text{ л / г}.\end{aligned}$$

Тепловий потік теплонадлишків:

$$\Phi_T = \Phi_O^T + \Phi_{OCB} + \Phi_{C.P.}, \quad (3.54)$$

де  $\Phi_{c.p.}$  – тепловий потік від сонячної радіації, *Вт* :

$$\Phi_{c.p.} = \Phi_{c.p.}' + \Phi_{c.p.}'' + \Phi_{c.p.}''', \quad (3.55)$$

де  $\Phi_{c.p.}'$  – тепловий потік через покриття, *Вт* ;

$\Phi_{c.p.}''$  – тепловий потік через скло, *Вт* ;

$\Phi_{c.p.}'''$  – тепловий потік через зовнішню стіну, *Вт* ;

$$\Phi_{c.p.}' = \frac{A_n}{R_0'} \Delta t_c', \quad (3.56)$$

де  $A_n$  – площа покриття,  $m^2$  ;

$R_0'$  – термічний опір покриття,  $m^2 K / Вт$  ;

$\Delta t_c'$  – надлишкова різниця температур,  $^{\circ}C$  ;

Для покрівлі зі світлого матеріалу приймаємо:  $\Delta t_c' = 14,9^{\circ}C$  ;

$$\Phi_{c.p.}' = \frac{2 \cdot 699,5}{1,81} \cdot 14,9 = 11,52 \text{ кВт};$$

Так як скла немає, то  $\Phi_{c.p.}'' = 0$ .

$$\Phi_{c.p.}''' = \frac{A_c}{R_0''} \Delta t_c'', \quad (3.57)$$

де  $A_c$  – площа стіни,  $m^2$  ;



$R_0$  – термічний опір стіни,  $m^2K / Bm$ ;

$\Delta t_c$  – надлишкова різниця температур,  $^{\circ}C$ ;

Виходячи з орієнтації стін приймаємо:

$$\Delta t_c = 8,9 \text{ } ^{\circ}C;$$

$$\Phi_{c.p.}''' = \frac{208,8}{1,15} \cdot 8,9 = 1,62 \text{ кВт}.$$

Отримуємо:

$$\Phi_{cp} = 11,52 + 1,62 = 13,13 \text{ кВт}.$$

$$\Phi_T = 139,86 + 4,03 + 13,13 = 157,03 \text{ кВт}.$$

Розраховуємо кутовий коефіцієнт  $\varepsilon$ ,  $кДж / кг$ :

$$\varepsilon = 3600 \frac{\Phi_T}{W}, \quad (3.58)$$

де  $W$  – сума вологовиділень в приміщенні,  $кг / г$ :

$$\varepsilon = 3600 \cdot \frac{157,03}{80,31} = 7038,97 \text{ кДж / кг}.$$

### 3.6.4 Розрахунок повітрообміну

#### 3.6.4.1 Холодний період

- Розрахунок вентиляційного повітря  $L_v$ ,  $m^3 / год.$ , в холодний період року визначають з умови видалення виділяються:

- Водяної пари:

$$L_B = \frac{W}{\rho(d_B - d_H)}, \quad (3.59)$$

де  $W$  – сумарні вологовиділення всередині приміщення,  $г / год$ ;

$\rho$  – щільність повітря,  $кг / m^3$ ,  $\rho = 1,2 \text{ кг} / m^3$ ;

$d_B$  і  $d_H$  – вологовміст внутрішнього і зовнішнього повітря,  $г / кг$ ;

$d_H = 0,3 \text{ г} / кг$ ,  $d_B = 8,3 \text{ г} / кг$  – з  $hd$  – діаграми;

$$L_B = \frac{51,48}{1,2 \cdot (8,3 - 0,3)} = 5362,5 \text{ м}^3 / \text{год};$$

- вуглекислого газу

$$L_B = \frac{V_{CO_2}}{C_B - C_H}, \quad (3.60)$$

$$L_B = \frac{17971,2}{2,5 - 0,4} = 8557,7 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Розраховуємо витрату вентиляційного повітря:

$$L_B = lm, \quad (3.61)$$

де  $m$  – жива маса тварин,  $m = 124,8$ ;

$$L_B = 75 \cdot 124,8 = 9360 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Приймаємо витрату вентиляційного повітря в зимовий період:

$$L_B = 9360 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

### 3.6.4.2 Перехідний період

Розрахунок повторює холодний період, проте:

$$d_B = d_H + 1020 \frac{t_B - t_H}{\varepsilon - 2500}, \quad (3.62)$$

де  $t_B$  і  $t_H$  – температури внутрішнього і зовнішнього повітря, °C;

$\varepsilon$  – кутовий коефіцієнт,  $\text{кДж} / \text{кг}$ ;

$d_H = 8,3 \text{ г} / \text{кг}$ , – з  $hd$  - діаграми;

$$d_B = 8,3 + 1020 \frac{16 - 8}{681,59 - 2500} = 10,19 \text{ г} / \text{кг}.$$

- водяних парів:

$$L_B = \frac{51480}{1,2 \cdot (10,19 - 0,3)} = 4336,59 \text{ м}^3 / \text{год} \text{ м}^3 / \text{год};$$

- вуглекислого газу:

$$L_B = \frac{17971,2}{2,5 - 0,4} = 8557,7 \text{ м}^3 / \text{год};$$

- норма мінімального повітрообміну:

$$L_B = 75 \cdot 124,8 = 9360 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Виходячи з цього приймаємо витрати вентиляційного повітря як і в зимовий період:  $9360 \text{ м}^3 / \text{год}$ .

### 3.6.4.3 Теплий період

Розраховуємо аналогічно холодний період.

Розрахунок вентиляційного повітря  $L_v$ ,  $\text{м}^3 / \text{год}$ , в теплий період року визначають з умови видалення вологовиділень:

$d_H = 11,6 \text{ г} / \text{кг}$  – з  $hd$  - діаграми;

$$d_B = 11,6 + 1020 \frac{31,4 - 26,4}{7038,97 - 2500} = 12,72 \text{ г} / \text{кг},$$

$$L_B = \frac{80310}{1,2 \cdot (12,72 - 11,6)} = 5956201 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

- вуглекислого газу:

$$L_B = \frac{23722}{2,5 - 0,4} = 112962 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Розраховуємо витрату вентиляційного повітря:

$$L_B = lm,$$

$$l = 500 \text{ м}^3 / \text{год};$$

$m$  – жива маса тварин,  $m = 124,8$ ;

$$L_B = 500 \cdot 124,8 = 62400 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Приймаємо витратку вентиляційного повітря в теплий період:

$$L_B = 62400 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

### **3.7 Вибір і проектування системи опалення та вентиляції**

Вибір і проектування системи опалення та вентиляції описано в Додатку Б.

### **3.8 Система вентиляції.**

В Додатку В подано проектування системи вентиляції ОВС.

### **3.9 Висновки до розділу**

1. Здійснено розрахунок струмів короткого замикання.
2. Проведено розрахунок та вибір силового електрообладнання пташника для забезпечення вентиляції, видалення посліду, роздачі корму.
3. Здійснено розрахунок електричного навантаження на вводі в приміщення. Повна потужність становить 18,54 кВА.
4. Проведено проектування електричного освітлення. Для приміщень виробничого призначення вибрано газорозрядні лампи низького тиску. Використано точковий метод розрахунку, метод коефіцієнта використання світлового потоку та метод питомої потужності. Проведено розрахунок електричних мереж освітлювальних установок, розрахунок і перевірку перерізу провідників електричної мережі.
5. Здійснено розрахунок теплоповітряного режиму приміщення для утримання птиці для холодного періоду року, перехідного періоду та теплого періоду.
6. Проведено розрахунок повітрообміну для усіх періодів року.
7. Проведено вибір та проектування системи опалення та вентиляції.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Вимоги безпеки при монтажі електрообладнання на птахофабриці

Монтаж електроустаткування роблять кваліфіковані фахівці з дотриманням вимог безпеки при роботі з інструментами. При монтажі електричних внутрішніх проводок пташника дозволяється користуватися приставними сходами або сходами-драбиною. Висота приставних сходів не повинна перевищувати 5 м. При висоті більше 7 м використовують нерухому драбину. Сходи-драбини повинні закриватися на гачок або ланцюг, що перешкоджають їх самовільному розсовуванню. Щоб уникнути випадкового падіння інструменту можна залишати його на риштуванні. Інструмент кладуть в інструментальний ящик або сумку. До робіт на висоті допускаються лише особи, які пройшли інструктаж, а при висоті більше 5 м - ще й медичний огляд.

При монтажі електроустаткування часто доводиться виконувати вантажно-розвантажувальні роботи і використовувати вантажопідйомні механізми. Піднімати електричні машини можна тільки за призначені для цього деталі: рим-болти, гаки.

Шківні приводів вентиляторів з приводними пасами, щити механізму повороту повинні бути закриті кожухами, а електродвигуни надійно занулені. Перед випробуванням обертових механізмів необхідно перевірити кріплення фундаментальних болтів, роботу двигуна вхолосту, переконатися у відсутності сторонніх предметів усередині обладнання.

Перед першою подачею напруги на обладнання слід перевірити мегомметром опір ізоляції, він не повинен бути менше 0,5 МОм.

Перше включення електрообладнання пташника можна робити тільки з дозволу та в присутності електротехнічного персоналу.

Монтаж освітлювальної мережі слід проводити у дві стадії. На першій стадії слід підготувати трасу електропроводки, виконати пробивні і кріпильні

операції. При монтажі кабелі та шланги не повинні заважати проходу людей і проїзду транспорту. Перед монтажем групових щитків, освітлювальної арматури необхідно переконатися міцності встановлюються для них конструкцій.

На другій стадії монтажу потрібні додаткові запобіжні заходи. При затягуванні проводів або кабелів в труби необхідно заздалегідь видалити задирки.

У приміщеннях, призначених для зберігання яєць і м'яса птиці низька температура забезпечується холодильною установкою. Машина заряджається фреоном на заводі-виробнику. На місці монтажу манометром перевіряють наявність надлишкового тиску фреоном на стороні низького тиску системи. Пуск машини виконують при незавантажених камерах, потім проводять настройку термореле. Перед механічним випробуванням устаткування в холосту необхідно ознайомити всіх з порядком проведення і заходами безпеки; перевірити кріплення фундаментальних болтів і закладних деталей, занулення електричної частини обладнання; наявність і справність огорож, пускових пристроїв. До початку випробування слід запустити електродвигун вхолосту, перевірити правильність його обертання. Під час випробування забороняється проводити ремонт, усувати дефекти монтажу. При витоку фреону з машини в приміщенні необхідно включити вентиляцію; входити в приміщення можна тільки в протигазі і гумових рукавичках. У приміщенні не можна користуватися відкритим вогнем або курити, так як у випадку витоку фреону з установки він розкладається при відкритому вогні на отруйні речовини. До монтажу холодильної машини допускаються тільки навчені особи, які мають свідоцтво про це. При отруєнні фреоном рекомендується дихати киснем протягом 30...40 хвилин або вдихати нашатирний спирт.

Вентиляційне обладнання не повинно робити постійний шум в робочій зоні більше 60 дБ, тому для зниження рівня шуму електродвигуни вентиляторів монтуються на віброосновах і підключаються до мережі мідним дротом.

## 4.2 Основні вимоги безпеки при експлуатації електрообладнання на птахофабриці

Приміщення насосної станції по класу електробезпеки відноситься до особливо небезпечних приміщень, так як має залізобетонний підлогу і вологість. Пташники відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою. У таких приміщеннях необхідно застосовувати електричні машини, шафи зі ступенем захисту не нижче IP44 (допускається за умовами середовища змінювати ступінь захисту від вологи). Таку ж ступінь захисту повинні мати і вимикачі та роз'ємні контактні з'єднання, мінімальна ступінь захисту світильників з лампами розжарювання і люмінесцентними лампами - IP23.

На насосній станції другого підйому передбачено занулення електродвигунів насосних агрегатів. Ввідно-розподільний пристрій має механічне блокування. Контроль стану повинен проводитися не рідше, ніж один раз на три роки мегаомметром (опір не повинен бути менше 0,5 МОм).

При обслуговуванні електрообладнання необхідно дотримуватися правил безпеки та заходів безпеки, що забезпечують безаварійну роботу електрообладнання і безпеку обслуговуючого персоналу. При експлуатації обладнання слід керуватися «Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів» [11] і «НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» [12]. При експлуатації обладнання необхідно виконувати наступні вимоги:

- експлуатацію електрообладнання вести згідно заводської інструкції та у відповідності з діючими правилами, інструкціями і наказами з питань техніки безпеки і виробничої санітарії;
- до роботи з електрообладнанням допускаються особи, що вивчили заводську інструкцію і знають правила техніки безпеки;
- персонал, зайнятий на роботі з електрообладнанням проходить медичний огляд і інструктаж при допуску до роботи і надалі повторний інструктаж не рідше 1 разу на 3 місяці;

- всі деталі і вузли обладнання, що знаходяться під напругою повинні бути закриті;
- перед проведенням профілактичного огляду необхідно зняти напругу з електроустаткування;
- всі корпуси електрообладнання повинні бути занулені;
- застосування нестандартних запобіжників категорично забороняється;
- про включення електрообладнання в цілому і окремих механізмів обов'язково попереджати присутніх осіб;
- ремонтувати і регулювати механізми можна тільки при відключеному загальному рубильнику на силовому щиті (при цьому на рубильнику повинен бути вивішений плакат «Не вмикати! Працюють люди»), крім того, повинні бути зняті запобіжники силового щита.

Без занулення включати електрообладнання під напругою заборонено. Двері станції управління повинні бути завжди закриті (робота з відкритими дверима забороняється).

Всі роботи з огляду, ремонту, чищення електрообладнання необхідно проводити при повністю знятій напрузі. Слід пам'ятати, що при відключенні автомата (АВ) під напругою залишаються його нерухомі контакти і клемні рейки. Обслуговувати електровентилятори можна тільки після відключення двигунів від мережі.

Особливу обережність слід дотримуватись при роботі з приладами, що містять ртуть. Пари ртуті отруюють головним чином нервову систему, тому забороняється користуватися приладами з пошкодженими колбами, а також збирати ртуть і осколки пошкоджених колб руками без рукавичок.

Додаткове до занулення і заземлення електрообладнання проводиться з'єднанням його з заземлюючим контуром за допомогою заземлювального проводу. З'єднання проводу з обладнанням - болтове, з контуром - зварюванням.

У ході технологічного процесу виникає необхідність у дезінфекції яєць, тари, інвентарю. Дезінфекцію проводять тільки в спеціальних герметичних



камерах, обладнаних витяжною вентиляцією та відповідними приладами. Вхід до камери повинен мати світлове табло з покажчиками «Не вводити, загазованість» і «Камера провітрена». Вони повинні бути заблоковані з пусковими пристроями приладів для дезінфекції та витяжною вентиляцією, що включаються при щільно закритих і замкнених дверях камери. Обслуговуючий персонал, що виконує дезінфекцію, повинен мати допуск для роботи з дезінфікуючими речовинами, а також повинен бути ознайомлений з безпечними прийомами ведення робіт. На робочому місці повинні знаходитися інструкція, що містить дані про безпечні способи застосування дезінфікуючих речовин, ефективним прийомом обробки шкірного покриву тіла людини при ураженні. Не допускається використання дезінфікуючих речовин, на які немає затвердженої інструкції безпечного застосування.

Роботи на насосній станції по гідротехнічному і електричному обладнанню виконують за нарядом, крім аварійних робіт, оглядів та профілактичного догляду за обладнанням, які виконують за усним або телефонним розпорядженням із записом в журнал.

На місці роботи повинна бути відвернена подача води. У машинному залі насосної станції використовують переносні світильники напругою 12 В.

Підлога машинного відділення повинна бути сухою. Виходячи з практики, найбільш часто зустрічається несправність виходу з ладу електродвигуна вентилятора або насоса. При ремонті заміну щіток або догляду за ними можуть виконати одноосібно без наряду в порядку поточної експлуатації спеціально призначені особи або обслуговуючий персонал. При цьому не можна одночасно торкатися руками струмоведучих частин різних полярностей або струмоведучих і заземлених частин, слід користуватися діелектричними чоботами або килимками й інструментом з ізолюючими рукоятками, але не діелектричними рукавичками.

Під час роботи не можна знімати огорожу обмоток і кабельних воронок електродвигуна, а також його рухомих частин. Ці огорожі слід влаштовувати

так, щоб їх не можна було зняти без гайкового ключа або викрутки. Корпуси електродвигунів і пускової апаратури необхідно занулити.

При ремонтних роботах на рухомі частини електродвигуна або механізму, що приводиться ним у рух, необхідно накладати кожухи. Крім відключення електродвигуна, потрібно вийняти плавкі вставки запобіжників або замкнути на замок важільні приводи рубильників, автоматів або зняти рукоятки з них, щоб запобігти обертанню двигуна, з боку пов'язаного з ним насоса або вентилятора, закрити відповідні засувки, перев'язати їх ланцюгом і вивісити на них забороняючі плакати.

#### **4.3 Безпека життєдіяльності в надзвичайних екологічно-несприятливих умовах**

Знизити забруднюючу дію птахофабрики на прилеглу територію можна в результаті правильного проектування технології виробництва. Для цього можна проводити наступні заходи:

- проводити спільні ветеринарно-санітарні заходи, що сприяють зниженню кількості мікрофлори в приміщеннях;
- на території птахофабрики і біля неї створити санітарно-захисні зелені зони;
- удосконалювати систему забезпечення мікроклімату приміщень, не допускати внутрішньої і зовнішньої рециркуляції повітря. Можна використовувати вентиляційно-опалювальні агрегати, призначені для опалення та вентиляції пташників. В якості теплоносія можна використовувати пару або теплу воду.

Основним джерелом забруднення ґрунтів та водойм є гній, технічна вода та дезінфікуючі засоби, що використовуються на ветеринарно-санітарні заходи. Для утилізації гною і трупів птиці використовуємо біогазову установку.

Останнім часом спостерігається інтенсивний розвиток атомної енергетики, а також наявність на озброєнні сучасних армій засобів ураження

хімічної і біологічної дії, змушує приділити найсерйознішу увагу проблемі збереження людських ресурсів.

Основним способом захисту є укриття в захисних спорудах. На території фабрики розташовані притулки місткістю до 150 чоловік. На складах повинні бути в наявності засоби індивідуального захисту, а також прилади дозиметричного та хімічного контролю. Видача засобів індивідуального захисту проводиться з введенням в країні «Загрози нападу противника» за розпорядженням місцевих штабів ЦО.

В основі будь-якої системи оперативного управління для її нормальної роботи, особливо в екстремальних ситуаціях, лежать три головних складових. Це ефективне технічне забезпечення управління, кваліфіковані кадри і відповідні інформаційно-технологічні функції, що забезпечують в цілому процес вироблення, прийняття та реалізації рішень.

Технічне забезпечення оперативного управління та оповіщення населення - це комплекс взаємопов'язаних засобів, що використовуються для швидкого отримання, передачі і переробки інформації. Він складається з апаратури зв'язку та радіофікації, електронно-обчислювальної техніки, а також пристроїв відображення інформації та розмноження документів.

Комплекс засобів оперативного управління на птахофабриці повинен включати в себе автоматичний телефонний зв'язок, кабельний зв'язок, радіозв'язок, трансляційну радіофікацію.

Автоматичний телефонний зв'язок - основний вид провідного цілодобового зв'язку в екстремальних умовах. На його базі для підвищення активності управління будується також комутаторний телефонний зв'язок. Якщо сумарна ємність мережі не перевищує 200 номерів, то АТС утворюється за допомогою АТСН-50/200, що має 4 блоки по 50 номерів.

Комутаторний телефонний зв'язок (КТС) повинен забезпечити абонентів прямим оперативно командним зв'язком, в тому числі гучномовного, що особливо важливо в надзвичайних, несприятливих ситуаціях. Абонентські лінії й апарати включаються в окремий комутаційний пристрій - пульт або

комутатор. Створення самостійних комутаторних телефонних мереж паралельно лініям АТС економічно не виправдане, тому необхідно поєднувати комутаторний зв'язок з автоматичним. Це означає, що оперативний керівник в звичайний час є абонентом АТС, а в окремих випадках - прямим абонентом пульта (комутатора).

Для організації КТС на птахофабриці доцільно використовувати комутатор диспетчерського зв'язку КДС-42, який також забезпечить циркулярну і гучномовний зв'язок з усіма або з певною групою абонентів, проведення одночасно двох незалежних розмов.

Трансляційна радіофікація забезпечує можливість трансляції повідомлень мікрофона, магнітофона або радіо в місця знаходження працівників, що особливо актуально для швидкого їх оповіщення у разі термінових повідомлень. Для цього використовуються трансляційні вузли ТВ-50М (ТВ-100М), що комплектуються гучномовцями зовнішньої установки 10 ГРД-5.

Виключно важливе значення для своєчасного оповіщення та отримання інформації має проводове мовлення. Гучномовці встановлюються у виробничих приміщеннях, що дозволяє мати постійну оперативну інформацію про події та рекомендації при загрозованих ситуаціях, як в масштабі району, так і по всій країні.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вибрано живлення двома *ПЛ* 10 кВ, так як споживачі птахофабрики відносяться до II категорії по надійності ЕП. ТП буде закритого типу. Прийнято до встановлення 2 силових трансформатори *ТМ* – 250.

2. На основі проведених розрахунків центру електричних навантажень, розміщено ТП поближче до будівлі контори із врахуванням зручності обслуговування трансформаторної підстанції.

3. Проведено розрахунок допустимих втрат напруги в мережі 0,4 кВ.

4. Здійснено розрахунок струмів короткого замикання.

5. Проведено розрахунок та вибір силового електрообладнання пташника для забезпечення вентиляції, видалення посліду, роздачі корму.

6. Здійснено розрахунок електричного навантаження на ввіді в приміщення. Повна потужність становить 18,54 кВА.

7. Проведено проектування електричного освітлення. Для приміщень виробничого призначення вибрано газорозрядні лампи низького тиску. Використано точковий метод розрахунку, метод коефіцієнта використання світлового потоку та метод питомої потужності. Проведено розрахунок електричних мереж освітлювальних установок, розрахунок і перевірку перерізу провідників електричної мережі.

8. Здійснено розрахунок теплоповітряного режиму приміщення для утримання птиці для холодного періоду року, перехідного періоду та теплового періоду.

9. Проведено розрахунок повітрообміну для усіх періодів року.

10. Проведено вибір та проектування системи опалення та вентиляції.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/7898-ptakhivnytstvo-efektyvna-sfera-ahrobiznesu.html>
2. Бабюк, Сергій Миколайович, К. М. Клебан, and В. В. Танасійчук. "Шляхи підвищення надійності електропостачання." Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “ (2021): 5-6.
3. Сисак І.М. Електропостачання промислових і муніципальних об'єктів [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1748): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
4. Р.Б. Волосинецький. Підвищення надійності та пропускну здатності трансформаторних підстанцій. /В.О. Купчик, Т.Т. Сердюк, Г.І. Головачук, Р.Б. Волосинецький, Л.Т. Мовчан, І.М. Сисак.// Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 7-8 грудня 2022. — Т : ТНТУ, 2022.
5. Гаряжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (частина 1) (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / В. М. Гаряжа, А. О. Карюк; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 149 с.
6. Козлов В. Д. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів: підручник / В. Д. Козлов, В. П. Захарченко, О. М. Тачиніна; за заг. ред. В. Д. Козлова.– К. : НАУ, 2018. – 312 с.

7. В.Я. Решетник, І.М. Сисак. Конспект лекцій з дисципліни “Електричні системи та мережі” спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Тернопіль: ТНТУ. - 2016.- 152 с.
8. Сегеда М.С. Електричні мережі та системи: Підручник. – 2-ге вид. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 488 с.
9. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2009. – 436 с.
10. Правила улаштування електроустановок. / Міненерго вугілля України, - К., 2017.
11. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text>
12. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
13. СНіП II-4-79 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування».
14. ГОСТ 21.608 – 84. Система проектної документації для будівництва. Внутрішнє електричне висвітлення. Робочі креслення.
15. ГОСТ 2.754 – 72. Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні графічні електричного обладнання та проводок на планах.
16. Сисак І.М. Електричні системи та мережі [електронний ресурс]: //Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 1747): офіційний сайт Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя – Тернопіль, 2011.

# ДОДАТКИ



## Проектування електричного освітлення

Вибір джерел світла визначається техніко-економічними показниками і проводиться за рекомендаціями СНіП II-4-79 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування» [13].

Відповідно до вимог СНіП [13] для приміщень виробничого призначення №1 приймаємо газорозрядні лампи низького тиску, а в приміщеннях допоміжного характеру № 2 ... 7 - лампи розжарювання.

Вибір системи освітлення залежить від рівня нормованої освітленості робочих поверхонь. Так як нормована освітленість робочої поверхні 200 лк і менше застосовують систему загального освітлення, яке може бути виконане з рівномірним або локалізованим (нерівномірним) розміщенням світильників. Вид освітлення - робоче і чергове (яке становить 10% від загальної кількості світильників у приміщенні).

Нормовану освітленість робочих поверхонь можна визначити за таблицею, наведеною у СНіП II-4-79 [13], залежно від характеристики зорових робіт, найменшого розміру об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта розрізнення з фоном і характеристики фону. Для полегшення визначення норм освітленості на основі СНіП II-4-79 [13] розроблені галузеві норми робочого освітлення виробничих, адміністративних, громадських та побутових приміщень, нормована освітленість за якими визначається в залежності від технологічного призначення приміщень.

Галузеві норми освітлення сільськогосподарських підприємств, будівель і споруд рекомендують приймати коефіцієнт запасу для ламп розжарювання 1,15, а для газорозрядних ламп - 1,3. При цьому чистка світильників повинна проводитися не рідше 1 разу на 3 місяці. Результати рішень зведемо в табл. А.1.

Визначаємо категорію приміщення №1 за умовами навколишнього середовища і мінімально допустимий ступінь захисту світильника. З номенклатури світильників виділяємо ті, які задовольняють мінімально допустимому ступеню захисту. Враховуючи виробничий характер приміщення, залишаємо світильники, які мають прямий (П) клас світлорозподілу. Так як висота підвісу світильників 3 м, то доцільно вибрати світильник, що має криву сили світла Д-2 або Г-1. Попередньо приймаємо світильник ЛСП18-40 прямого світлорозподілу (П) з кривою сили світла (Д-2). Аналогічно вибираємо світильники для інших приміщень і дані заносимо в табл. А.1.

Таблиця А.1 - Результати вибору світильників

№	№ по плану і назва приміщення	Категорія середовища	Е, лк	К <sub>с</sub>	Площина нормування	Система освітлення	Мінімально допустимий ступінь захисту	Вид освітлення	Схвалений світильник		
									Найменування серії	Тип КСС	Ступінь захисту
1	Приміщення для птиці ( 58×24×3 )	сире	75	1,3	0,0	Загалом рівномірна для всіх приміщень	IP53	Робоче і чергове	ЛСП18-40	Д-2	5'4
2	Підсобне приміщення (20,5×4×3)	сухе	50	1,15	0,0		2'0	Робоче у всіх приміщеннях	НСП11-200	Д-3	IP54
3	Приміщення для перемолу посліду (24×3,5×3)	вологе	50	1,15	0,0		IP23		НСП11-100	Д-3	IP54
4,7	Венткамера (9×3×3)	сухе	20	1,15	0,0		2'0		НСП11-100	Д-3	IP54
5	Туалет (2×1,5×2)	сухе	50	1,15	0,0		2'0		НСП11-100	Д-3	IP54
6	Тамбур (1,6×1,5×2)	вологе	50	1,15	0,0		IP23		НСП11-100	Д-3	IP54

Розміщення світильників при рівномірному освітленні проводять по кутах прямокутника (співвідношення сторін не більше 1,5:1) або вершин ромба з урахуванням допуску до світильників для обслуговування.

Вимоги до мінімально допустимої висоти установки світильників викладені в ПУЕ [10] і залежать від категорії приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом, конструкції світильника, напруги живлення ламп.

Приміщення №1. Висота схилу світильника  $h_{св} = 0,166$  м. Світильник підвішується на тросі, прокладеному на висоті  $H_o = 2,8$  м.

Розрахункова висота установки світильника:

$$H_p = H_o - h_{св} - h_p = 2,8 - 0,166 = 2,634 \text{ м}$$

де  $H_o$  – висота приміщення, м;

$h_c$  – висота схилу світильника (відстань від світлового центру світильника до перекриття), що визначається з урахуванням розмірів світильників і способу їх установки, м;

Для світильника ЛСП18-40  $\lambda_c = 1,2 \dots 1,6$ . Приймаємо  $\lambda_c = 1,2$ . Відстань між рядами світильників і між світильниками в ряду.

$$L'_B = 1,2 \cdot H_p = 1,2 \cdot 2,634 = 3,16 \text{ м.}$$

Відстань від стіни до крайнього ряду і до крайнього світильника в ряду.

$$l_B = 0,3L'_B = 0,95 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$N_2 = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1 = \frac{24 - 2 \cdot 0,95}{3,16} + 1 = 7,99$$

де  $B$  – ширина приміщення, м;

Приймаємо  $N_2 = 8$  рядів.

Відстань від стіни до крайнього ряду  $l_B = 1$  м.

Дійсна відстань між рядами світильників

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l_B}{N_2 - 1} = \frac{24 - 2 \cdot 1}{8 - 1} = 3,14 \text{ м}$$

Аналогічно розміщуємо світильники і в інших приміщеннях, і результати зносимо в табл. А.2.

Для приміщень з точковими випромінювачами додатково розраховується: число світильників в ряду:

$$N_1 = \frac{A - 2l_a}{L_a} + 1$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

Загальне число світильників у приміщенні:

$$N_{\Sigma} = N_1 \cdot N_2$$

А також уточнюються відстані між світильниками в ряду  $L_a$  і між рядами світильників  $L_b$ :

$$L_a = \frac{A - 2 \cdot l_a}{N_1 - 1};$$

$$L_b = \frac{B - 2 \cdot l_b}{N_2 - 1}.$$

Таблиця А.2 - Параметри розміщення світильників у приміщеннях

№ п/п	Найменування приміщень	Н <sub>р</sub> , м	Кількість, шт.		Відстань, м				Спосіб кріплення світильників
			N <sub>2</sub>	N <sub>1</sub>	L <sub>A</sub>	L <sub>B</sub>	l <sub>A</sub>	l <sub>B</sub>	
1	Приміщення для птиці	2,634	8	—	—	3,14	1	1	На тросі
2	Підсобне приміщення	2,668	1	6	3,7	—	1	2	До стелі
3	Приміщення для перевантаження посліду	2,668	1	10	2,4	—	1	1,75	До стелі
4,7	Венткамера	2,668	1	2	3,6	—	3	1,5	До стелі
5	Туалет	2,668	1	1	—	—	1	0,75	До стелі
6	Тамбур	2,668	1	1	—	—	0,8	0,75	До стелі

### Точковий метод розрахунку

Метод застосовують при розрахунку загального рівномірного і локалізованого освітлення, місцевого освітлення, освітлення вертикальних і похилих до горизонту площин, зовнішнього освітлення. Послідовність розрахунку наступна. На плані приміщення позначають контрольні точки - точки з мінімальною освітленістю. Потім обчислюють значення умовної освітленості в контрольних точках.

Виконуємо світлотехнічний розрахунок точковим методом для приміщення №1, прийнявши вихідні дані по табл. А.1.

1. Визначаємо  $E_n = 75$  лк, коефіцієнт запасу  $K_3 = 1,3$ . Розрахункова висота встановлення світильників  $H_p = 2,634$  м.

2. Розміщуємо ряди світильників на плані приміщення відповідно з вихідними даними і намічаємо контрольну точку А.

3. Визначаємо довжини напіврядів і відстань від контрольної точки до проекції рядів на робочу поверхню.

$$L_{11}=L_{21}=L_{31}=L_{41}=L_{51}=L_{61}=L_{71}=L_{81}=H_p=2,634 \text{ м.}$$

$$L_{12}=L_{22}=L_{32}=L_{42}=L_{52}=L_{62}=L_{72}=L_{82}=A - 2l_a - L_{11} = 58 - 2 \cdot 1 - 2,634 \\ = 53,366 \text{ м.}$$

$$P_1=P_2=1,57 \text{ м; } P_3=4,71 \text{ м; } P_4=7,85 \text{ м; } P_5=10,99 \text{ м; } P_6=14,13 \text{ м; } P_7=17,27 \\ \text{ м; } P_8=20,41 \text{ м;}$$

4. Визначаємо приведені розміри:

$$L'_{11}=L'_{21}=\dots=L'_{81}=\frac{L_{11}}{H_p}=\frac{2,634}{2,634}=1$$

$$L'_{12}=L'_{22}=\dots=L'_{82}=\frac{L_{12}}{H_p}=\frac{53,366}{2,634}=20,26$$

Приймаємо  $L'_{12}=4$

$$P'_1=P'_2=\frac{P_{1,2}}{H_p}=\frac{1,57}{2,634}=0,6;$$

$$P'_3=\frac{P_3}{H_p}=\frac{4,71}{2,634}=1,79;$$

$$P_4^{\wedge} = \frac{P_4}{H_p} = \frac{7,85}{2,634} = 2,98;$$

$$P_5^{\wedge} = \frac{P_5}{H_p} = \frac{10,99}{2,634} = 4,17;$$

$$P_6^{\wedge} = \frac{P_6}{H_p} = \frac{14,13}{2,634} = 5,36;$$

$$P_7^{\wedge} = \frac{P_7}{H_p} = \frac{17,27}{2,634} = 6,56;$$

$$P_8^{\wedge} = \frac{P_8}{H_p} = \frac{20,41}{2,634} = 8,63;$$

За лінійними ізолюксами для світильників з ЛЛ і КСС типу Д-2 визначаємо умовну освітленість в контрольній точці від усіх напіврядів:

$$e_{11} = e_{21} = 55 \text{ лк};$$

$$e_{12} = e_{22} = 70 \text{ лк};$$

$$e_{31} = 10 \text{ лк};$$

$$e_{32} = 17 \text{ лк};$$

$$e_{41} = 2,5 \text{ лк};$$

$$e_{42} = 6 \text{ лк};$$

Сумарна умовна освітленість в контрольній точці

$$\sum e_a = e_{11} + e_{21} + e_{12} + e_{22} + e_{31} + e_{32} + e_{41} + e_{42} = 55 + 55 + 70 + 70 + 10 + 17 + 2,5 + 6 = 285,5$$

лк.

Визначаємо розрахункове значення лінійної щільності світлового потоку

$$\Phi_p^{\wedge} = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_3 \cdot H_p}{\mu \cdot \sum e} = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,3 \cdot 2,634}{1,2 \cdot 285,5} = 749,6 \text{ лм} \cdot \text{м}^{-1}$$

де  $E_n$  – нормоване значення освітленості робочої поверхні, лк;

$K_3$  – коефіцієнт запасу;

$\mu$  - коефіцієнт додаткової освітленості, що враховує вплив «віддалених» світильників і відбитих світлових потоків на освітлювану поверхню (приймаємо рівним 1,1 ... 1,2);

6. Вибираємо тип джерела світла залежно від характеристики зорової роботи - робота з ахроматичними об'єктами з освітленістю менше 150 лк. Приймаємо лампу типу ЛБ і враховуючи потужність світильника, остаточно - ЛБ - 40. Потік лампи  $\Phi_{\text{л}} = 3200$  лм.

7. Кількість світильників в світному ряду довжиною

$$L_p = A - 2 \cdot l_a = 58 - 2 = 56 \text{ м}$$

$$N_1 = \frac{\Phi_p \cdot L_p}{n_c \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{749,6 \cdot 56}{1 \cdot 3200} = 13,11$$

де  $n_c$  – число ламп в світильнику, шт.;

$L_p$  – довжина світиться ряду, м

Приймаємо  $N_1 = 14$ .

8. Відстань між світильниками в ряду, попередньо визначивши довжину світильника  $L_c = 1,625$ м,

$$l_p = \frac{A - 2l_a - N_1 \cdot l_c}{N_1 - 1} = \frac{58 - 2 \cdot 1 - 14 \cdot 1,348}{14 - 1} = 3,16 \text{ м}$$

9. Перевіряємо розташування світильників в ряду з урахуванням вимог рівномірності:

$$0 \leq l_p \leq 1,5 \cdot L'_e$$

$$0 \leq 3,16 \leq 4,71$$

Вимога рівномірності виконано. Результати розрахунку наведені на плані приміщення.

### **Метод коефіцієнта використання світлового потоку**

Метод коефіцієнта використання світлового потоку освітлювальної установки застосовують при розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь в приміщеннях.

Приміщення №2.

1. Визначаємо залежно від матеріалу та фарбування поверхонь коефіцієнти відбиття стелі:  $\rho_{\text{п}}=50\%$ , стін:  $\rho_{\text{с}}=30\%$ , робочої поверхні:  $\rho_{\text{р}}=10\%$ .

2. Індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{20,5 \cdot 4}{2,668 \cdot (20,5 + 4)} = 1,25$$

3. За КСС світильника Д-3, індексу приміщення  $i = 1,25$  і коефіцієнтам відбиття поверхонь  $\rho_n = 50\%$ ,  $\rho_c = 30\%$ ,  $\rho_p = 10\%$  визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку в нижню:  $\eta_1 = 64\%$ , - і у верхню:  $\eta_2 = 24\%$ , - півсфери. Знаходимо ККД в нижню ( $\eta_n = 67\%$ ) і у верхню ( $\eta_v = 0\%$ ) півсфери. Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_n + \eta_2 \cdot \eta_v = 0,64 \cdot 0,67 + 0,24 \cdot 0 = 0,43$$

4. Розрахункове значення потоку лампи.

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot K_z \cdot S \cdot z}{n_c \cdot N_\Sigma \cdot \eta}$$

де  $S$  – площа освітлювального приміщення,  $m^2$ .

$z$  – коефіцієнт мінімальної освітленості (відношення середньої освітленості до мінімальної);

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку в частках одиниці.

$n_c$  – кількість ламп у світильнику, шт.

$$\Phi_p = \frac{50 \cdot 1,15 \cdot 82 \cdot 1,15}{1 \cdot 6 \cdot 0,43} = 2101,6 \text{ лм}$$

5. Приймаємо лампу Б215 ... 225-150, зі світловим потоком  $\Phi_l = 2100$  лм, яка відповідає вимогам  $0,9 \cdot \Phi_p \leq \Phi_l \leq 1,2 \cdot \Phi_p$ :

$$0,9 \cdot 2101,6 \leq \Phi_l \leq 1,2 \cdot 2101,6$$

$$1891,4 \text{ лм} \leq 2100 \text{ лм} \leq 2521,9 \text{ лм}$$

6. Перевіряємо можливість установки лампи в світильники:

$$P_l \leq P_{світ}$$

де  $P_l$  – потужність лампи, Вт.

$P_{світ}$  – допустима потужність лампи в світильнику, Вт.

$$150 \text{ Вт} \leq 200 \text{ Вт}$$

Результати розрахунку наведені на плані приміщення.



## Метод питомої потужності

Метод питомої потужності застосовують для наближеного розрахунку освітлювальних установок приміщень, до освітлення яких не пред'являють особливих вимог і в яких відсутні суттєві затінення робочих поверхонь, наприклад, допоміжних і складських приміщень, комор, коридорів і т.п.

### Приміщення №3.

1. Перевіряємо застосовність методу. Так як приміщення не затемнено громіздкими предметами, то для наближеного світлотехнічного розрахунку застосовуємо метод питомої потужності.

2. Табличне значення питомої потужності, визначають за кривою сили світла світильника, розрахунковій висоті підвісу і площі приміщення (для подовжених приміщень, коли  $A > 2,5 B$ , табличну питому потужність знаходять для умовної площі  $2B^2$ )

$$P_{удг} = 20,8 \text{ Вт / м}^2.$$

3. Визначаємо залежно від матеріалу та фарбування поверхонь коефіцієнти відбиття стелі:  $\rho_{п} = 50\%$ , стін:  $\rho_{с} = 30\%$ , робочої поверхні:  $\rho_{р} = 10\%$ .

4. Обчислюємо поправочні коефіцієнти:

$$K_1 = \frac{K_3^{реал}}{K_3^{табл}} = \frac{1,15}{1,3} = 0,88$$

де  $K_1$  – коефіцієнт приведення коефіцієнта запасу до табличного значенням;

$K_3^{реал} = 1,15$  – реальне значення коефіцієнта запасу освітлювальної установки;

$K_3^{табл} = 1,3$  – табличне значення коефіцієнта запасу освітлювальної установки;

$K_2$  – коефіцієнт приведення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення до табличному значенню;

$K_2 = 1$ , так як коефіцієнти відображення реальних поверхонь збігаються з табличними значеннями.

Розрахункове значення питомої потужності:

$$P_{уд} = \frac{P_{уд}^T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_4 \cdot E_n}{100} = \frac{20,8 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 50}{100} = 9,2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2$$

де  $K_4$  – коефіцієнт приведення напруги живлення джерел до табличного значення ( $K_4 = 1$  так як  $U_c = 220 \text{ В}$ .);

5. Розрахункове значення потужності лампи:

$$P_p = \frac{P_{уд} \cdot S \cdot \eta}{N_{\Sigma} \cdot n_c} = \frac{9,2 \cdot 25 \cdot 0,67}{10 \cdot 1} = 51,78 \text{ Вт}$$

6. Підбираємо потужність лампи з урахуванням вимог:

$$0,9P_p \leq P_l \leq 1,2P_p$$

$$0,9 \cdot 51,78 \text{ Вт} \leq P_l \leq 1,2 \cdot 51,78 \text{ Вт}$$

$$46,6 \text{ Вт} \leq P_l \leq 62,1 \text{ Вт}$$

Вибираємо лампу БК 230...240–60

7. Перевіряємо можливість установки лампи в світильник:

$$P_l \leq P_{світ}$$

$$P_l = 60 \text{ Вт} \leq P_{світ} = 100 \text{ Вт}.$$

Результати розрахунку наведені на плані приміщення.

### **Складання світлотехнічної відомості**

Після розрахунку всіх приміщень будівлі складається світлотехнічна відомість об'єкта. У ній зведені всі дані, які використовувалися для проектування освітлювальної установки, а так само остаточні рішення щодо вибору освітлювальних приладів і джерел світла. Світлотехнічна відомість наведена в табл. А.3.

Таблиця А.3 - Світлотехнічна відомість

№ п/п	Назва приміщення	Габарити (довжина × ширина × висота)	Клас за умовами навколишнього середовища	коефіцієнти відбиття (ρ <sub>л</sub> , ρ <sub>с</sub> , ρ <sub>р</sub> ), %	вид освітлення	система освітлення	норми освітленості,	Поверхня	Світильники		Поверхня нормування освітленості, Вт	Встановлена потужність, Вт	Примітка
									Тип	Число			
1	Приміщення для птиці	(58×24×3)	сире	50,30,10	Робоче і	Загальна рівномірна у всіх приміщеннях	75	0,0	ЛСП18-40	112	ЛБ40	4480	Чергове
2	Підсобне приміщення	(20×4×3)	сухе	50,30,10	Робоче у всіх приміщеннях		50	0,0	НСП11-200	6	Б215-225-150	900	
3	Приміщення для перегрузки посліду	(24×3,5×3)	вологе	50,30,10			50	0,0	НСП11-100	10	БК230-240-60	600	
4,7	Венткамера	(9×3×3)	сухе	50,30,10			20	0,0	НСП11-100	4	БК230-240-40	160	
5	Туалет	(2×1,5×3)	сухе	50,30,10			50	0,0	НСП11-100	1	В230-240-25	25	
6	Тамбур	(1,6×1,5×3)	вологе	50,30,10			50	0,0	НСП11-100	1	В230-240-25	25	

### Розрахунок електричних мереж освітлювальних установок

У загальному випадку вибір напруги електричної мережі освітлювальної установки визначається ступенем небезпеки ураження людей і тварин електричним струмом в розглянутому приміщенні.

Найбільш часто для живлення електричного освітлення в сільськогосподарському виробництві застосовують систему трифазного струму з глухим заземленням нейтралі напругою 380/220 В. Джерела світла при цьому підключають, як правило, на фазну напругу. Газорозрядні лампи високого тиску (ДРЛ, ДРІ, ДНаТ, ДКсТ та ін.), Розраховані на напругу 380 В, допускається підключати на лінійну напругу 380 В системи 380/220 В.

Лінії живлення зазвичай виконують п'ятипровідна (трифазними), а групові - трьох- і чотирьох залежно від навантаження і довжини.

Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. ПУЕ

[10] в цьому випадку допускає застосування напруги 220 В. При цьому конструкція світильника повинна виключати доступ до лампи без спеціальних пристосувань (для світильників з лампами розжарювання) і випадковий дотик до контактних частинах (для світильників з люмінесцентними лампами).

Кількість групових щитків освітлювальної установки визначають, виходячи з розмірів будинку і рекомендованої протяжності групових ліній. Приймають довжину чотирипровідних трифазних групових ліній напругою 380/220В рівній 80 м, напругою - 220/127 В - 60 м і, відповідно, двопровідних однофазних - рівною 35 м і 25 м. Однофазні групові лінії доцільно застосовувати в невеликих конторах, а також в середніх приміщеннях при установці в них світильників з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт і з люмінесцентними лампами. Застосування трифазних групових ліній економічно у великих приміщеннях (пташниках, корівниках і т.д.), освітлюваних як лампами розжарювання, так і газорозрядними лампами.

Орієнтовна кількість групових щитків можна визначити за формулою:

$$n_{щ} = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2r}$$

де  $n_{щ}$  – рекомендована кількість групових щитків, шт;

$A, B$  – довжина і ширина будівлі, м;

$r$  – рекомендована протяжність групової лінії, м.

Для зменшення протяжності і перерізу проводів групової мережі щитки встановлюють по можливості в центрі електричного навантаження, координати якого:

$$x_{ц} = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i}; \quad y_{ц} = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i}$$

де  $x_{ц}, y_{ц}$  - координати центру електричних навантажень в координатних осях  $x, y$ ;

$P_i$  - потужність  $i$ -го електричного навантаження, кВт;

$x_i, y_i$  - координати електричного навантаження в координатних осях;

При виборі місць встановлення групових освітлювальних щитків

враховують також і те, що групові щитки, призначені для управління джерелами оптичного випромінювання, встановлюють у місцях, зручних для обслуговування: проходах, коридорах і на сходових клітках. Щитки, що відключають апарати, встановлюють на доступній для обслуговування висоті (1,8 ... 2,0 м від підлоги).

При компонуванні внутрішніх мереж світильники об'єднують в групи так, щоб на одну фазу групи припадало не більше 20 ламп розжарювання, ДРЛ, ДРН, ДНаТ і розеток або 50 люмінесцентних ламп.

Освітлювальні щитки вибирають залежно від кількості груп, схеми з'єднання, апаратів управління та захисту, а також за умовами середовища, в яких вони будуть працювати. У залежності від умов середовища в приміщеннях застосовують групові щитки незахищені, захищені і захищені з ущільненням. Щитки захищені з ущільненням призначені для установки у виробничих приміщеннях з важкими умовами середовища. Велике значення має також вибір траси мережі, яка повинна бути не тільки найкоротшою, але й найбільш зручною для монтажу та обслуговування. Прокладка мережі по геометрично коротких трасах практично неможлива або недоцільна з причин конструктивного і технологічного характеру. Трасу відкритої проводки, як за конструктивними, так і з естетичних міркувань намічають паралельно і перпендикулярно основним площинам приміщень. Тільки при прихованій проводці на горизонтальних площинах можна застосовувати прямолінійне трасування між фіксованими точками мережі.

Обрані траси групових ліній і ліній живлення, місця установки групових щитків, світильників, вимикачів і розеток наносять на план приміщення згідно умовним позначенням, прийнятим в ГОСТ 21.608 – 84 [14] і ГОСТ 2.754 – 72 [15].

Обчислюємо необхідну кількість групових щитків за формулою:

$$n_{\text{ш}} = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2r} = \frac{\sqrt{60^2 + 24^2}}{2 \cdot 80} = 0,4$$

Приймаємо один щиток. Для визначення місця його установки

розраховуємо координати центру електричного навантаження. Виходячи з кількості світильників і потужності ламп, в кожному приміщенні визначаємо встановлену потужність за формулою

$$P_i = N_{li} \cdot N_{2i} \cdot n_{ci} \cdot P_{li}$$

$$P_1 = 14 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,06 = 6,72 \text{ кВт},$$

$$P_2 = 9 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 0,06 = 1,08 \text{ кВт},$$

$$P_3 = 10 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,06 = 0,6 \text{ кВт},$$

$$P_4 = 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ кВт},$$

$$P_5 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,025 = 0,025 \text{ кВт},$$

$$P_6 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,025 = 0,025 \text{ кВт},$$

$$P_7 = 2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ кВт}.$$

Прийнявши, що навантаження кожного приміщення зосереджене в центрі, і побудувавши осі координат, визначимо координати центрів всіх приміщень, вважаючи лівий нижній кут початком координат. Дані зводимо в табл. А.4.

Таблиця А.4 Визначення координат центру навантажень

№ по плану	Найменування приміщення	$P_{уст}$ , кВт	X, см	Y, см
1	Приміщення для птиці	6,72	40,519	12,5
2	Підсобне приміщення	1,08	9,019	12,275
3	Приміщення для перевантаження посліду	0,6	71,769	12,5
4	Венткамера	0,08	5,019	12,5
5	Туалет	0,025	10,25	23,525
6	Тамбур	0,025	7,825	1,25
7	Венткамера	0,08	72,5	12,5

Визначаємо координати центру електричних навантажень всієї будівлі

за формулою:

$$x_{ц} = \frac{6,72 \cdot 40,519 + 1,08 \cdot 9,019 + 0,6 \cdot 71,769 + 0,08 \cdot 5,019 + 0,025 \cdot 10,25 + 0,025 \cdot 7,825 + 0,08 \cdot 72,5}{6,72 + 1,08 + 0,6 + 0,08 + 0,025 + 0,025 + 0,08} =$$

$$= 38,21 \text{ см};$$

$$y_{ц} = \frac{6,72 \cdot 12,5 + 1,08 \cdot 12,275 + 0,6 \cdot 12,5 + 0,08 \cdot 12,5 + 0,025 \cdot 23,525 + 0,025 \cdot 1,25 + 0,08 \cdot 12,5}{6,72 + 1,08 + 0,6 + 0,08 + 0,025 + 0,025 + 0,08} =$$

$$= 12,47 \text{ см}.$$

З урахуванням розрахованого центру електричних навантажень та з метою забезпечення зручності обслуговування та економії провідникового матеріалу розміщуємо груповий щиток на стіні, максимально близько до центру електричного навантаження, з координатами  $x = 11$  см;  $y = 12,47$  см.

Визначаємо необхідну кількість групових ліній в груповому щитку: кількість однофазних груп

$$n = \frac{N_{лн}}{20} + \frac{N_{лл}}{50} = \frac{23}{20} + \frac{0}{50} = 1,15$$

Для зручності управління освітленням в різних половинах будівлі приймаємо п'ять груп. Вибираємо груповий щиток ЯРН 8501-4217 з трьома триполюсними і з дев'ятьма однополюсними автоматичними вимикачами. На плані будівлі намічаємо траси прокладання мереж, місця установки вимикачів, позначаємо, номери груп і наводимо дані світильників.

При проектуванні сільськогосподарських об'єктів використовують наступні способи прокладки електропроводок: на тросі; на лотках і в коробах; в пластмасових і сталевих трубах; металевих і гнучких гумотехнічних рукавах; в каналах будівельних конструкцій; проводом і кабелем за будівельними основами і конструкціям (ГОСТ 70.004.0013 – 81). За категорією приміщення і умов навколишнього середовища вибираємо кабель АВВГ.

### **Розрахунок і перевірка перерізу провідників електричної мережі**

Приймаємо допустимі втрати напруги  $\Delta U = 2,5\%$  і коефіцієнт використання  $K_{в} = 1$  [3].

Розрахункове значення перерізу провідника на ділянці:

$$S = \frac{\Sigma M + \Sigma \alpha \cdot m}{C \cdot \Delta U}$$

де  $\Sigma M = \Sigma P \cdot l$  - сума моментів розраховується у всіх наступних ділянках з тим же числом проводів, що і у розраховуваного, кВт·м;

$\Sigma \alpha \cdot m$  – сума моментів усіх відгалужень з різницею в кількості проводів, кВт·м;

$\alpha$  – коефіцієнт приведення моментів, що залежить від числа проводів;

$C$  – коефіцієнт залежить від матеріалу проводів, системи та напруги мережі,  $\frac{\text{кВт} \cdot \text{м}}{\text{В} \cdot \text{мм}^2}$

$\Delta U$  – допустима втрата напруги, % від  $U_n$ ;

$l$  – довжина ділянки, м.

Визначаємо перетин першої групової лінії:

$$S_{0-1} = \frac{(P_1 + P_2 + \dots + P_{33}) \cdot K_c \cdot l_{0-1} + \alpha_{53} \cdot [(P_1 + P_2 + P_3) \cdot l_{1-2} + P_1 \cdot l_{2-3} + P_2 \cdot l_{2-4} + P_3 \cdot l_{2-5} + (P_{13} + P_{14} + P_{15} + P_{16}) \cdot l_{1-17} + P_{13} \cdot l_{17-18} + P_{14} \cdot l_{17-19} + (P_{15} + P_{16}) \cdot l_{17-20} + P_{16} \cdot l_{20-21} + (P_{17} + P_{18}) l_{1-23} + P_{17} \cdot l_{23-22} + P_{18} \cdot l_{23-24}] + (P_4 + P_5 + \dots + P_{12}) l_{1-13} + (P_{19} + P_{20} + \dots + P_{27}) l_{1-25} + (P_{28} + P_{29} + \dots + P_{33}) \cdot l_{1-39} + (P_4 + P_5 + \dots + P_9) \cdot l_{9-13} + (P_{22} + P_{23} + \dots + P_{27}) \cdot l_{15-29} + (P_4 + P_5 + P_6) \cdot l_{6-9} + (P_7 + P_8 + P_9) \cdot l_{9-10} + (P_{10} + P_{11} + P_{12}) \cdot l_{13-14} + (P_{19} + P_{20} + P_{21}) \cdot l_{25-26} + (P_{22} + P_{23} + P_{24}) \cdot l_{29-30} + (P_{25} + P_{26} + P_{27}) \cdot l_{29-33} + (P_{28} + P_{29} + P_{30}) \cdot l_{39-36} + (P_{31} + P_{32} + P_{33}) l_{39-40} + \alpha_{54} \cdot [(P_5 + P_6) \cdot l_{6-7} + (P_8 + P_9) \cdot l_{10-11} + (P_{11} + P_{12}) \cdot l_{14-15} + (P_{20} + P_{21}) l_{26-27} + (P_{23} + P_{24}) l_{30-31} + (P_{26} + P_{27}) l_{29-33} + (P_{29} + P_{30}) l_{36-37} + (P_{32} + P_{33}) l_{40-41}] + \alpha_{43} \cdot [P_6 \cdot l_{7-8} + P_9 \cdot l_{11-12} + P_{12} \cdot l_{15-16} + P_{21} \cdot l_{27-28} + P_{24} \cdot l_{31-32} + P_{27} \cdot l_{34-35} + P_{30} \cdot l_{37-38} + P_{33} \cdot l_{41-42}]}{C \cdot \Delta U} = 2,89 \text{ мм}^2$$



З урахуванням механічної міцності приймаємо найближчий, стандартний переріз  $S_{0-1} = 4 \text{ мм}^2$ .

Прийнявши для люмінесцентних однолампових світильників  $\cos\varphi_{\text{л.л.}} = 1 = 0,85$ , для ламп розжарювання  $\cos\varphi_{\text{л.н}} = 1,0$

Визначимо коефіцієнт потужності на ділянці 1-2:

$$\cos\varphi_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_{pi} \cos\varphi_i)}{\sum P_{pi}}$$

$$\cos\varphi_{0-1} = \frac{112 \cdot 0,04 \cdot 0,85 + 1 \cdot 0,1 + 10 \cdot 0,06 + 4 \cdot 0,04 + 2 \cdot 0,025 + 6 \cdot 0,15}{112 \cdot 0,04 + 2 \cdot 0,1 + 10 \cdot 0,06 + 2 \cdot 0,04 + 2 \cdot 0,025 + 6 \cdot 0,15} = 0,95$$

Визначаємо розрахунковий струм на ділянці 1-2:

$$I_p = \frac{P_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cos\varphi}$$

де  $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$

$$I_{p0-1} = \frac{6310}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,95} = 10,1 \text{ А}$$

Перевіряємо прийнятний переріз на нагрів. Тривало допустимий струм для даного перетину  $I_{\text{доп}} = 27 \text{ А}$ .

$$I_{\text{доп}} \geq I_p \quad 27 \text{ А} \geq 10,1 \text{ А} - \text{ умова виконується.}$$

Визначаємо дійсну втрату напруги в лінії 1.

$$\Delta U_{0-1} = \frac{(P_{r1} + P_{r2} + P_{r3} + P_{r4} + P_{r5} + P_{r6}) \cdot l_{0-1}}{C_3 \cdot S_{0-1}} ;$$

$$\Delta U_{0-1} = \frac{(0,68 + 1,68 + 0,23 + 0,9 + 1,68 + 1,12) \cdot 8,4}{46 \cdot 4} = 0,29\%$$

По розрахунковому струмі вибираємо вставку захисного апарату, встановленого в розподільному щиті. Приймаємо  $I_{\text{в}} \geq I_p = 10,1 \text{ А}$ . Знаходимо найближчий номінальний струм розчеплювача автоматичного вимикача  $I_{\text{в}} = 16 \text{ А}$ .

Перевіряємо вибраний переріз на відповідність уставці захисного апарату, приймаємо  $\beta = 1,0$

$$I_{\text{доп}} \geq \beta \cdot I_y$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує нормоване співвідношення між тривало припустимим струмом провідників і струмом вставки захисного апарату.

$$I_{\text{доп}} = 27\text{А} > 1 \cdot 16 = 16\text{ А} \text{ – умова виконується.}$$

Визначаємо переріз ділянки 1-2 першої груповий лінії.

$$S_{1-2} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3)l_{1-2} + P_1l_{2-3} + P_2l_{2-4} + P_3l_{2-5}}{C_1 \cdot (\Delta U - \Delta U_{0-1})} =$$

$$= \frac{0,68 \cdot 61,5 + 0,24 \cdot 4,5 + 0,08 \cdot 7,8 + 0,36 \cdot 6,5}{7,7(2,5 - 0,29)} = 2,69 \text{мм}^2$$

З урахуванням механічної міцності приймаємо найближчий, стандартний переріз  $S_{1-2} = 4 \text{мм}^2$

Так як у першій групі підключені тільки лампи розжарювання, то  $\cos\varphi_{1-2}=1$

Визначаємо розрахунковий струм на ділянці 1–2;

$$I_p = \frac{P_{p1}}{U_n \cos\varphi}$$

$$I_{p1-2} = \frac{240 + 80 + 360}{220} = 3,1 \text{ А}$$

Перевіряємо прийнятний переріз на нагрів. Тривало допустимий струм для даного перерізу  $I_{\text{доп}}=27\text{А}$ .

$$I_{\text{доп}} \geq I_p \quad 27 \text{ А} \geq 3,1 \text{ А} \text{ – умова виконується.}$$

Визначаємо переріз решти ділянок першої групової лінії.

$$S_{2-4} = \frac{P_2 \cdot l_{2-4}}{C_1 \cdot (\Delta U - \Delta U_{0-1})} = \frac{0,08 \cdot 7,8}{7,7(2,5 - 0,29)} = 0,04 \text{мм}^2;$$

З урахуванням механічної міцності приймаємо найближчий, стандартний переріз  $S_{2-4} = 2,5 \text{мм}^2$

По розрахунковому струму вибираємо вставку захисного апарату, встановленого в розподільному щиті. Приймаємо  $I_B \geq I_p = 3,1 \text{ А}$ . Знаходимо найближчий номінальний струм розчеплювача автоматичного вимикача  $I_B = 6 \text{ А}$ .

Перевіряємо вибраний переріз на відповідність вставці захисного апарату приймаємо  $\beta=1,0$

$I_{\text{доп}} \geq \beta \cdot I_y \quad I_{\text{доп}} = 27A > 1 \cdot 6 = 6 \text{ A}$  – умова виконується.

Визначаємо дійсну втрату напруги в першій групі для самої протяжної і завантаженої ділянки (0–4).

$$\Delta U_{1-2} = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) \cdot l_{1-2}}{C_1 \cdot S_{1-2}} = \frac{(0,24 + 0,08 + 0,36) \cdot 61,5}{7,7 \cdot 4} = 1,39\%$$

$$\Delta U_{2-4} = \frac{P_2 \cdot l_{2-4}}{C_1 \cdot S_{2-4}} = \frac{0,08 \cdot 7,8}{7,7 \cdot 2,5} = 0,03\%$$

$$\Delta U_{0-5} = \Delta U_{0-1} + \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-5} = 0,29 + 1,39 + 0,03 = 1,71\% < 2,5\%$$

Втрати в лінії не перевищують допустимих.

Визначаємо переріз п'ятої групової лінії.

$$S_{1-25} = \frac{(P_{19} + P_{20} + \dots + P_{27}) \cdot l_{1-25} + (P_{22} + P_{23} + \dots + P_{27}) \cdot l_{29-33} + (P_{19} + P_{20} + P_{21}) \cdot l_{25-26} + (P_{22} + P_{23} + P_{24}) \cdot l_{29-30} + (P_{25} + P_{26} + P_{27}) \cdot l_{29-33} + \alpha_{54} \cdot [(P_{20} + P_{21}) \cdot l_{26-27} + (P_{23} + P_{24}) \cdot l_{30-31} + (P_{26} + P_{27}) \cdot l_{33-34}] + \alpha_{43} \cdot [P_{21} \cdot l_{27-28} + P_{24} \cdot l_{31-32} + P_{27} \cdot l_{34-35}]}{C_3 \cdot (\Delta U - \Delta U_{0-1})} = 0,69 \text{ мм}^2$$

З урахуванням механічної міцності приймаємо найближчий, стандартний перетин  $S_{1-29} = 2,5 \text{ мм}^2$

Так як у першій групі підключені тільки люмінесцентні лампи, то  $\cos \phi_{1-2} = 0,85$ ;

Визначаємо розрахунковий струм на ділянці 1–6;

$$I_{p1-29} = \frac{40 \cdot 42}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,85} = 3 \text{ A}$$

Перевіряємо прийнятний переріз на нагрів. Тривало допустимий струм для даного перерізу  $I_{\text{доп}} = 19 \text{ A}$ .

$$I_{\text{доп}} \geq I_p$$

$19 \text{ A} \geq 3 \text{ A}$  – умова виконується.

По розрахунковому струмі вибираємо вставку захисного апарату, встановленого в розподільному щиті. Приймаємо  $I_B \geq I_p = 3 \text{ A}$ . Знаходимо найближчий номінальний струм розчеплювача автоматичного вимикача

$$I_B = 6 \text{ A}.$$

Перевіряємо вибраний перетин на відповідність вставці захисного апарату приймаємо  $\beta=1,0$

$$I_B \geq I_p \quad I_B=6 \text{ A} \geq 3 \text{ A}$$

Перевіряємо вибраний переріз на відповідність вставці захисного апарату

$$I_{\text{доп}} \geq \beta \cdot I_y \quad I_{\text{доп}} = 19 \text{ A} > 1 \cdot 6 = 6 \text{ A} - \text{умова виконується.}$$

Так як всі інші ділянки лінії менш протяжні і менш завантажені, то розрахунок перерізу проводів не наводимо. Приймається переріз проводів по механічній міцності  $2,5 \text{ мм}^2$ ;

Визначаємо дійсну втрату напруги у п'ятій групі для самої протяжної і завантаженої ділянки (0–35).

$$\Delta U_{1-25} = \frac{(P_{19} + P_{20} + \dots + P_{27}) \cdot l_{1-25}}{C_3 \cdot S_{1-25}} = \frac{(0,56 + 0,56 + 0,56) \cdot 5,6}{46 \cdot 2,5} = 0,08\%$$

$$\Delta U_{25-29} = \frac{(P_{22} + P_{23} + \dots + P_{27}) \cdot l_{25-29}}{C_3 \cdot S_{25-29}} = \frac{(0,56 + 0,56) \cdot 3}{46 \cdot 2,5} = 0,03\%$$

$$\Delta U_{29-33} = \frac{(P_{25} + P_{26} + P_{27}) \cdot l_{29-33}}{C_3 \cdot S_{29-33}} = \frac{(0,2 + 0,2 + 0,16) \cdot 12,3}{46 \cdot 2,5} = 0,06\%$$

$$\Delta U_{33-34} = \frac{(P_{26} + P_{27}) \cdot l_{33-34}}{C_2 \cdot S_{33-34}} = \frac{(0,2 + 0,16) \cdot 18,6}{20 \cdot 2,5} = 0,13\%$$

$$\Delta U_{34-35} = \frac{P_{27} \cdot l_{34-35}}{C_1 \cdot S_{34-35}} = \frac{0,16 \cdot 18,6}{7,7 \cdot 2,5} = 0,15\%$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{0-35} &= \Delta U_{0-1} + \Delta U_{1-25} + \Delta U_{25-29} + \Delta U_{29-33} + \Delta U_{33-34} + \Delta U_{34-35} = \\ &= 0,29 + 0,08 + 0,03 + 0,06 + 0,13 + 0,15 = 0,74\% < 2,5\% \end{aligned}$$

Втрати в лінії не перевищують допустимих.

### **Вибір і проектування системи опалення та вентиляції**

Конструкції ОВС для пташників з підлоговим і клітинним вмістом практично збігаються, тому в пташниках з підлоговим утриманням птиці не забезпечується оптимальний мікроклімат в зоні утримання.

Усунути зазначений недолік можна зниженням підвіски розподільних повітропроводів, обладнанням металевих повітропроводів вузькими прямокутними повітревипускними отворами, застосуванням в ОВС повітренаправляючого пристрою у вигляді пересувних стінок-екранів, які встановлюються уздовж приміщення між роздатковими повітреводами. В графічній частині наведена удосконалена ОВС пташника з підлоговим утриманням.

У перехідний і теплий періоди працюють припливний вентилятор, витяжні вентилятори, при цьому частина повітря в приміщення надходить через витяжні шахти. У холодний період вентилятор подає припливне повітря, попередньо підігріте в калориферах, в розподільні повітроводи, розташовані на висоті 2 - 2,5 м від підлоги. Повітроводи обладнані вузькими прямокутними повітревипускними отворами, через які повітря надходить на повітренаправляючі пристрої, виконані у вигляді пересувних стінок-екранів і встановлені між роздатковими повітрепроводами на рівній відстані один від одного і від поздовжніх стін. Струмені припливного повітря стінками екранами направляються в нижню зону і забезпечують видалення із зони аміаку, вуглекислого газу і водяної пари. Видаляється повітря в цей період через витяжні шахти.

### Проектування системи вентиляції ОВС

Теплова потужність системи опалення  $\Phi_{ОВС}$ , кВт:

$$\Phi_{ОВС} = \Phi_{Т.П.} + \Phi_B + \Phi_{ВМП} - \Phi_{Ж} - \Phi_{ОСВ},$$

де  $\Phi_{Т.П.}$  – тепловий потік тепловтрат через захисну конструкцію, кВт;

$$\Phi_{Т.П.} = 50,23 \text{ кВт}$$

$$\Phi_B = 0,28 C_p \rho_B L \cdot (t_B - t_H) \cdot 10^{-3},$$

де  $\rho_B$  – щільність повітря,  $\rho_B = 1,2 \text{ кг} / \text{м}^3$ ;

$L$  – витрата повітря,  $L = 9360 \text{ м}^3 / \text{год}$ ;

$t_B, t_H$  – внутрішнього і зовнішнього повітря,

$$\Phi_B = 0,28 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 9360 \cdot (16 + 22) = 119,5 \text{ кВт}$$

$$\Phi_{ВМП} = 0,69 W_{ВМП} \text{ кВт} .$$

$$\Phi_{ВМП} = 0,69 \cdot 4,68 = 3,23 \text{ кВт} .$$

$$\Phi_{ОВС} = 50,23 + 119,5 + 3,23 - 73,76 - 4,03 = 95,17 \text{ кВт} .$$

Розраховуємо  $T$  припливного повітря,  $^{\circ}\text{C}$ :

$$t_{П} = t_{H.O.} + 3600 \frac{\Phi_{ОВС}}{C_p \rho L_B}, ^{\circ}\text{C}$$

де  $t_{H.O.}$  –  $T$  зовнішнього повітря,

$$t_{П} = -22 + 3600 \frac{95,17}{1,2 \cdot 1 \cdot 9360} = 8,5, ^{\circ}\text{C} .$$

У системі вентиляції та повітряного опалення встановлюють водяний калорифер. Теплоносій - гаряча вода.

Приймаємо масову швидкість в живому перетині калорифера:

$$(\nu\rho) = 6 \text{ кг}/(\text{м}\cdot\text{с}^2)$$

Обчислюємо необхідну площу перерізу  $f'$   $\text{м}^2$ , для повітря:

$$f' = \frac{L\rho}{3600(\nu\rho)},$$

де  $L$  – витрата повітря, м<sup>3</sup>/год, тому що є дві венткамери, то витрату повітря ділимо на два і для можливості регулювання шиберами збільшуємо отримане значення, приймаємо  $L = 4800$  м<sup>3</sup>/год;

$$f' = \frac{4800 \cdot 1,2}{3600 \cdot 6} = 0,27 \text{ м}^2.$$

Приймаються до установки два калорифера КВСБ-ПУЗ з наступними технічними даними:

$$\text{Номер 6} \quad A = 12,92 \text{ м}^2; \quad f' = 0,267 \text{ м}^2; \quad f = 0,00087 \text{ м}^2$$

Уточнюємо масову швидкість повітря:

$$(\nu\rho) = \frac{\rho L}{3600 f'} = \frac{1,2 \cdot 4800}{2 \cdot 3600 \cdot 0,267} = 5,99 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2)$$

де  $f'$  – площа січення, м<sup>2</sup>;

Розраховане значення менше 10 кг/(м<sup>2</sup>с<sup>2</sup>), що задовольняє наведеним умовам.

Обчислюємо швидкість води в трубах:

$$\omega = \frac{\Phi_0}{C_e \rho_e (t_2 - t_0) f_T},$$

де  $C_e$  – питома теплоємність води ( $C_e = 4,2$  кДж/(кг·К));

$\rho$  – щільність води, кг/м<sup>3</sup>;

$\Phi_0$  – теплова потужність ОВС.

$t_2$  і  $t_0$  – розрахункові температури гарячої та зворотної води, °С;

$f_m$  – площа перетину трубок, м<sup>2</sup>.

$$\omega = \frac{36,95}{4,2 \cdot 1000 \cdot (95 - 70) \cdot 0,00087} = 0,4 \text{ м} / \text{с}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі  $k$ , Вт / (м<sup>2</sup> × К):

$$k = a(\nu\rho)^n \omega^r,$$

де  $a$  – коефіцієнт, що залежить від конструкції калорифера,  $a = 23,05$ ;

$\omega$  – швидкість води у трубках, м / с;

$n, r$  – показники ступеня ( $n = 0,35; r = 0,13$ ) / 12 /;

$$k = 23,05 \cdot 5,99^{0,35} \cdot 0,4^{0,13} = 38,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Визначаємо середні температури теплоносія і повітря:

$$t_{cp} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5 \text{ }^\circ\text{C} \text{ – середня температура теплоносія};$$

$$t'_{cp} = \frac{-22 + 1,1}{2} = -10,45 \text{ }^\circ\text{C} \text{ – середня температура повітря.}$$

Розраховуємо необхідну площу поверхні теплообміну калориферної установки,  $\text{м}^2$ :

$$A = \frac{\Phi_0 \cdot 10^3}{k(t_{cp} - t'_{cp})}$$

$$A = \frac{36,95 \cdot 10^3}{338,35 \cdot (82,5 - (-10,45))} = 10,37 \text{ м}^2.$$

Визначаємо кількість калориферів:

$$n = \frac{A}{A_k},$$

де  $A_k$  – площа поверхні нагрівання калориферу,  $A_k = 12,92 \text{ м}^2$ .

$$n = \frac{10,37}{12,92} = 0,8$$

Приймаються до установки калорифер КВСБ-ПУЗ з пластинчастим ребрами, вертикальним розташуванням трубок і різнобічним розміщенням трубок приєднання до трубопроводів теплоносія. Патрубок для відводу пари розміщуємо зверху, а для відведення конденсату - знизу.

Розраховуємо запас по поверхні теплообміну:

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{12,92 - 10,37}{12,92} \cdot 100\% = 19,76\%$$

Відповідає висунутим умовам.

Визначаємо аеродинамічний опір калориферної установки:

$$\Delta P = 1,1m\Delta P_k,$$

де  $m$  – число рядів калорифера;

$\Delta P_k$  – аеродинамічний опір калорифера,  $\text{Па}$ :



$$\Delta P_k = b(v\rho)^m,$$

де  $b$  – коефіцієнт, що залежить від конструкції калорифера,  $b = 5,98$ ;

$m$  – показник степеня,  $m = 1,525$ .

$$\Delta P_k = 5,98 \cdot 5,99^{1,525} = 91,74 \text{ Па};$$

$$\Delta P = 1,1 \cdot 91,74 = 100,91 \text{ Па}.$$

Вибираємо основні магістральні розрахункові напрямки, які характеризуються найбільшою протяжністю, і проставляємо номери його ділянок, починаючи з периферійного. Потім таким же чином нумеруємо ділянки відгалужень осі магістрального напрямку.

Розрахунок починаємо з першої ділянки, використовуємо перфоровані плівкові повітророзподільники. Вибираємо форму поперечного перерізу - круглу. Діаметр приймаємо в залежності від швидкості і витрати повітря по номограмі.

Приймаємо швидкість повітря в початковому поперечному перерізі повітророзподільника:  $v_n = 6,5 \text{ м / с}$ ;

Довжина повітророзподільника:  $L = 28 \text{ м}$ ;

Приймаємо діаметр повітрепроводу:  $d = 250 \text{ мм} = 0,25 \text{ м}$ ;

Розраховуємо у початковому і кінцевому перетині динамічний тиск повітря:

$$P_d = \frac{\rho v^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 6,5^2}{2} = 25,35 \text{ Па}.$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu},$$

де  $\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості,  $\nu = 14,66 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;

$$\text{Re} = \frac{6,5 \cdot 0,25}{14,66 \cdot 10^{-6}} = 1108458$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{k}{d} \right)^{0,25},$$

де  $k$  – абсолютна шорсткість, приймаємо  $k = 0,01$  мм;

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{1108458} + \frac{0,01 \cdot 10^{-3}}{0,25} \right)^{0,25} = 0,0176$$

Визначаємо коефіцієнт, який охарактеризовує конструктивні особливості повітрерозподілювача:

$$a = 0,364 \frac{\lambda \ell}{d} = 0,364 \frac{0,0176 \cdot 28}{0,25} = 0,717$$

де  $a < 0,73$ , що задовольняє допустимим вимогам.

Встановлюємо мінімально допустиму швидкість витікання повітря крізь отвір у кінці повітрерозподілювача:

$$v_{\partial} = 1,15 \cdot \mu \cdot v_{\text{н}} \sqrt{1-a},$$

$$v_{\partial} = 1,15 \cdot 0,65 \cdot 6,5 \cdot \sqrt{1-0,717} = 2,58 \text{ м/с}$$

Визначаємо коефіцієнт, що характеризує відношення швидкості повітря:

$$b = \frac{\mu \mathcal{W}}{v_{\text{ок}}},$$

де  $v_{\text{ок}}$  - швидкість витікання повітря в кінці повітрерозподільника, (приймаємо 6 м/с);

$$b = \frac{0,65 \cdot 6,5}{6} = 0,7$$

$$f_k = \frac{L}{3600 \cdot l \cdot v_{\text{ок}}} = \frac{1200}{3600 \cdot 28 \cdot 6} = 0,002$$

Встановлюємо найменшу площу отворів,  $\text{м}^2$ , наприкінці повітрерозподільника, виконану на 1 м довжини:

Знаходимо площу отворів виконаних на одиницю довжини повітререпроводу:

$$f_1 = f_k W_1,$$

де  $W_1$  – відносна площа повітререпускних отворів на ділянці.

$$W_1 = 1,07.$$

Так як ділянка одна, то  $f_1 = f_k$ .

Визначаємо число рядів отворів:

$$m = \frac{f_1 l_1}{n f_o},$$

де  $f_o$  - площа повітревипускних отворів, м<sup>2</sup>;

$n$  - число отворів в одному ряді;

$d_o$  - діаметр отвору,  $d_o = 0,04$  м;

$$f_o = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,0013 \text{ м}^2$$

Приймаємо кількість отворів в одному ряді  $n=2$ ;

$$m = \frac{0,002 \cdot 28}{2 \cdot 0,0013} = 22,11$$

Приймаємо число рядів рівним 22.

Крок між рядами отворів  $b$ , м:

– для першої ділянки

$$b = \frac{l}{m-1} = \frac{28}{22-1} = 1,33 \text{ м.}$$

Обчислюємо статичний тиск повітрепроводу:

- Наприкінці повітрерозподільника:

$$P_{ст.к.} = \frac{1}{\mu^2} \frac{\rho v_{OK}^2}{2} = \frac{1}{0,65^2} \frac{1,2 \cdot 6^2}{2} = 51,12 \text{ Па}$$

– на початку повітрерозподільника:

$$P_{ст.н.} = P_{ст.к.} - (1-a)P_\partial = 51,12 - (1-0,72) \cdot 25,35 = 43,95 \text{ Па}$$

Втрати тиску в повітрерозподільнику:

$$\Delta P = P_{ст.к.} + P_\partial = 51,12 + 25,35 = 76,47 \text{ Па}$$

Розрахунок другої ділянки. Діаметр приймаємо в залежності від швидкості і витрати повітря по номограмі:

$$g_n = 7 \text{ м/с}; d = 0,355 \text{ мм};$$

Визначаємо втрати тиску в результаті тертя по довжині ділянки:

$$\Delta P_m = K \cdot l,$$

де  $K$  – питомі втрати тиску на одиниці довжини повітрепроводу, визначаємо по номограмі;

$$\Delta P_m = 1,4 \cdot 4 = 5,6 \text{ Па}$$

в місцевих опорах:

$$\Delta P_m = \sum \xi \cdot P_d$$

де  $\xi$  – коефіцієнти місцевого опору;

$P_d$  – динамічний тиск повітря, Па

$$P_d = \frac{\rho v^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 7^2}{2} = 29,4 \text{ Па}$$

$$\Delta P_m = 0,1 \cdot 29,4 = 2,94 \text{ Па}$$

Загальні втрати тиску на ділянці:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_{\text{м}}$$

$$\Delta P = 5,6 + 2,94 = 8,54 \text{ Па}$$

Аналогічно розраховуємо інші ділянки, визначаємо загальні втрати по довжині магістрального напрямку та результати зносимо в табл. В.1

Таблиця В.1 - Розрахунок повітропроводів

№	$L$ , м <sup>3</sup> /год	$l$ , м	$d$ , м	$f$ , м <sup>2</sup>	$v$ , м/с	$R$ , Па/м	$\Delta P_m$ , Па	$\Sigma \xi$	$P_d$ , Па	$\Delta P_{\text{м}}$ , Па	$\Delta P$ , Па
1	1200	34	0,25	0,049	6,5	1,9	64,4	0,26	25,35	6,59	70,99
2	2400	4	0,355	0,099	7	1,4	5,6	0,1	29,4	2,94	8,54
3	4800	9	0,5	0,196	7	0,95	8,55	0,65	29,4	19,11	27,66
Калорифер											76,47
Жалюзійні ґрати					6,5			2	25,35	50,7	50,7
Сумарні втрати по довжині магістрального напрямку											234,36
4	1200	2	0,25	0,049	6,5	1,9	53,2	0,65	25,35	16,48	69,68
5	1200	28	0,25	0,049	6,5	1,9	53,2	0,65	25,35	16,48	69,68
6	1200	34	0,25	0,049	6,5	1,9	64,4	0,26	25,35	6,59	70,99
7	2400	2	0,355	0,099	7	1,4	2,8	0,1	29,4	2,94	5,74

Розрахунок витяжних шахт проводимо за значенням гравітаційного тиску, відповідного різниці щільності зовнішнього повітря і внутрішнього.

Швидкість повітря:

$$v = 0,9 \sqrt{\frac{2gh(t_e - t_n)}{(0,02 \frac{h}{d} + \Sigma \zeta)(t_n + 273)}}$$

де  $d$  – еквівалентний діаметр шахти, м;

$t_n$  – розрахункова зовнішня температура; приймаємо  $t_n = 5$  °С;

$\Sigma \zeta$  – сума коефіцієнтів місцевого опору;  $\Sigma \zeta = 2,35$ ;

$$de = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b};$$

де  $a$  і  $b$  – розміри прямокутного перетину, м.

$$de = \frac{2 \cdot 0,8 \cdot 0,4}{0,8 + 0,4} = 0,53 \text{ м}$$

$$v = 0,9 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 2,5 \cdot (16 - 5)}{(0,02 \frac{2,5}{0,53} + 2,35)(5 + 273)}} = 0,8 \text{ м/с.}$$

Визначаємо число шахт для всього приміщення:

$$n = \frac{f}{f_m},$$

де  $f$  – необхідна площа шахт, м<sup>2</sup>;

$f_m$  – площа поперечного перерізу однієї шахти, м<sup>2</sup>;

$$f = \frac{L_e}{3600 \cdot v} = \frac{9360}{3600 \cdot 0,8} = 3,24 \text{ м}^2,$$

$$f_m = a \cdot b = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{3,24}{0,32} = 10,1$$

Приймаємо число шахт для всього приміщення,  $n = 10$

У системах вентиляції та опалення сільськогосподарського виробництва будівель встановлюють радіальні (відцентрові) вентилятори марок ВЦ4–75, В44–76 і ВЦ44–46.

Вибір вентиляторів проводимо за заданими подачі і необхідному повному тиску.

Подачу вентилятора визначаємо з урахуванням втрат, введення поправочного коефіцієнта до розрахункової витрати повітря:

$$L_v = 1,1 \cdot L,$$

де  $L$  – розрахункова витрата повітря, м<sup>3</sup>/год;

$$L_v = 1,1 \cdot 9360 = 10296 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для умов, відмінних від стандартних, розраховуємо необхідну повний опір вентилятора, Па:

$$P_v = \Delta P \frac{273+t}{293} \frac{B_0}{B},$$

де  $\Delta P$  – розрахункові втрати повітря в системі повітропроводів,

$$\Delta P = 234,36 \text{ Па};$$

$t$  – температура повітря, що проходить через вентилятор,  $t = 1,1$  °С;

$B$  – атмосферний тиск у даній місцевості,  $B = 101,3$  кПа;

$B_0$  – атмосферний тиск,  $B = 99,5$  кПа;

Підбираємо радіальний вентилятор, побудувавши робочу точку перетину координат на вільному графіку.

$$P_v = 234,36 \cdot \frac{273+1,1}{293} \cdot \frac{101,3}{99,5} = 223,2 \text{ Па}.$$

Вибираємо вентилятор: Е6,3.100-1.

Виходячи з цього заповнюємо наступну табл. В.2:

Таблиця В.2. - Комплектність вентиляційного агрегату

Позначення	Вентилятор			Електродвигун			Маса, кг
	Номер	Діаметр колеса, % номінального	Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	Тип	Потужність кВт	Частота обертання, хв <sup>-1</sup>	
Е 6,3.100-1	6,3	100	935	АІР 90L6/8	1,5	935	171,7