

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій Блаженко  
(підпис) (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ Сергій Балюта  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

на тему: «Електропостачання Свалявської птахофабрики з розробкою енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-7 ск

\_\_\_\_\_ Ільтьо Роман Михайлович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник проф., к.т.н., Шестеренко Володимир Євгенович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти

\_\_\_\_\_ Сірик А.О.  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Рецензент

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

Я, як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) незарплатованої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2023 р.



## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	доц. Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2022 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

Пор №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проєкт	11.11.2022 р	
2	Вступ	13.11.2022 р	
3	Характеристика господарства	14.11.2022 р	
4	Характеристика об'єкту проектування	16.11.2022 р	
5	Вибір технологічного устаткування	18.11.2022 р	
6	Вибір потужності, типу, кількості та місця розміщення трансформаторних підстанцій	20.11.2022 р	
7	Розрахунок мереж 0,4 кВ	22.11.2022 р	
8	Розрахунок струмів к.з.	24.11.2022 р	
9	Розрахунок і вибір силового електроустаткування	26.11.2022 р	
10	Проектування електричного освітлення	28.11.2022 р	
11	Визначення електричного навантаження на вводі в приміщення	01.12.2022 р	
12	Специфікація: «Розробка енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи	14.12.2022 р	
	Характеристика приміщення проектування		
13	Розрахунок тепло повітряного режиму приміщення	22.12.2022 р	
14	Вибір і проектування системи опалення та вентиляції	28.12.2022 р	
15	Економічна частина	03.01.2023 р	
16	Охорона праці	11.01.2023 р	
17	Список літератури	17.01.2023 р	
18	Оформлення графічної частини проєкту	19.01.2023 р	
19	Оформлення пояснювальної записки проєкту	24.01.2023 р	
20	Здача дипломного проєкту на перевірку	25.01.2023 р	

Здобувач

\_\_\_\_\_ (підпис)

ІЛЬТЬО Р.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Шестеренко В.Є.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## Анотація

Ільтьо Роман Михайлович. Дипломний проєкт на тему:  
«Електропостачання Свалявської птахофабрики з розробкою енергозберігаючої  
опалювально-вентиляційної системи»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ - 2023

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 6 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проєкту становить 117 сторінок.

До опису надано графічну частину, яка складається із п'яти креслень: генплан із мережами 0,4 кВ і ТП, план розміщення силового обладнання у пташнику, план мережі електричного освітлення пташнику, схема електрична принципова управління ОВС та аксонометрична схема ОВС.

Розрахунки й аналіз виконані за допомогою методик, що викладені у навчальній, довідниковій, нормативній і науково-технічній літературі.

У проєкті наведена виробнича характеристика Свалявської птахофабрики. Приведений вибір опалювально-вентиляційної системи для пташника на 4160 курей, світлотехнічного устаткування, спроектовані лінії електропередач 0,4 кВ, а також виконаний розрахунок високовольтного вводу. У проєкті виконаний розрахунок економічної ефективності заміни електрокалориферів водяними калориферами.

У розділі охорона праці розглянуто основні вимоги безпеки при монтажі устаткування на птахофабриці, безпеки при експлуатації устаткування, пожежної безпеки, а також виконаний повірочний розрахунок ефективності занулення.

**Ключові слова:** опалювально-вентиляційна система, калорифер, електроустаткування, електроприймач, електроосвітлення, електричне навантаження, повітряна лінія, кабельна лінії, трансформатор, електробезпека, економічна ефективність.

## Abstract

ILTYO ROMAN. Diploma project on the topic:

"Power supply of the Svalyavsk poultry farm with the development of an energy-saving heating and ventilation system"

National University of Food Technologies, Kyiv - 2023

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The attached explanatory note consists of an introduction, 6 chapters and a list of used literature. The volume of the project is 117 pages.

The graphic part consisting of five drawings is included in the description: a general plan with 0.4 kV networks and TP, a plan for the placement of power equipment in the poultry house, a plan for the electric lighting network of the poultry house, a diagram of the electrical principle control of the OVS and an axonometric diagram of the OVS.

Calculations and analysis were performed using the methods described in educational, reference, regulatory and scientific and technical literature.

The project provides the production characteristics of the Svalyavsk poultry farm. The selection of the heating and ventilation system for the poultry house for 4160 chickens, the lighting equipment, the designed power lines of 0.4 kV, as well as the calculation of the high-voltage input were made. The project calculates the economic efficiency of replacing electric heaters with water heaters.

In the occupational safety section, the basic safety requirements for the installation of equipment at the poultry factory, safety during the operation of the equipment, fire safety are considered, as well as a verification calculation of the zeroing efficiency is performed.

**Keywords:** heating and ventilation system, heater, electrical equipment, electrical receiver, electrical lighting, electrical load, overhead line, cable lines, transformer, electrical safety, economic efficiency.

## ЗМІСТ

	Стр.
Вступ.....	6
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1. Характеристика господарства.....	7
1.2. Характеристика об'єкту проектування.....	8
2. ВИБІР ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....	10
2.1. Вибір технологічного устаткування.....	10
3. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПТАХОФАБРИКИ.....	17
3.1. Вибір потужності, типу, кількості та місця розміщення трансформаторних підстанцій.....	17
3.2. Розрахунок мереж 0,4 кВ.....	20
3.3. Розрахунок струмів короткого замикання.....	29
3.4. Розрахунок і вибір силового електроустаткування.....	37
3.5. Проектування електричного освітлення.....	40
3.6. Визначення електричного навантаження на вводі в приміщення...59	59
4. СПЕЦПИТАННЯ: «РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ».....	64
4.1. Характеристика приміщення проектування.....	64
4.2. Розрахунок теплоповітряного режиму приміщення.....	65
4.3. Вибір і проектування системи опалення та вентиляції.....	79
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	92
5.1. Постановка завдання, вихідні дані.....	92

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ільтьо Р.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко В.Е.			4		
Н. Контр.					Зміст		
Затверд.		Балюта С.М.			ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		

5.2. Планування енергоспоживання систем мікроклімату та енергоємність процесу.....	93
5.3. Техніко-економічна оцінка варіантів теплопостачання об'єкту.....	96
6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	104
6.1. Основні вимоги безпеки при монтажі устаткування на птахофабриці.....	104
6.2. Основні вимоги безпеки при експлуатації устаткування на птахофабриці.....	106
6.3. Розрахункова та експериментальна перевірка ефективності занулення.....	109
6.4. Пожежна безпека.....	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	116

					ДП 2023 141	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1. Характеристика господарства

Птахофабрика - сільськогосподарське підприємство, галузева приналежність ПП "Сваляваптахопром", орган керування - Міністерство сільського господарства і аграрної політики України.

Птахофабрика розташована в 2 км від міста Свалява Закарпатської області в селі "Драчино". Птахофабрика утворилася в 1995 році на основі міжколгоспної ферми. При утворенні птахофабрики була відсутня механізація. Всі виробничі процеси догляду за птахом: годівля, видалення калу і збір яєць виконувалися в ручну. Утримання птахів був на вигулах і в центральному будинку.

За птахофабрикою закріпленій 21 гектар землі, у тому числі 18 гектара сільськогосподарських угідь, інші землі зайняті під будівлями та дворами. До складу птахофабрики входять: три пташники, яйцесклад, зерносклад, контора, і магазин. Починаючи з 1997 року по 2008 рік, на фабриці були побудовані пташники і початий монтаж устаткування для створення штучного мікроклімату, регулювання світлового режиму та повітрообміну.

Напрямок роботи птахофабрики - одержання яєць і вирощування бройлерів. Ефективність виробництва за 2021 рік склала 117%.

На території птахофабрики розташована підстанція 10/0,4 кВ. На території птахофабрики переважають повітряні лінії електропередач.

В електротехнічну службу входять: головний енергетик, інженер-електрик, інженер по охороні праці, два електромонтери IV розряду, електромонтер VI розряду, дві сантехніки.

На птахофабриці впроваджені індустріальні методи ведення птахівництва, є мережа власних фірмових магазинів і торговельних точок.

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ільтьо Р.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко В.Е.				7	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Затверд.		Балюта С.М.					
1. Загальна частина							

Як джерело теплопостачання прийняте центральна котельня, розташоване не далеко від території птахофабрики. Теплоносієм для потреб опалення служить перегріта вода.

Для оперативного зв'язку обслуговуючого персоналу з керівництвом птахофабрики і її різних служб у майстерні встановлений телефонний апарат. Для радіофікації в майстерні встановлюється гучномовець, що підключається до радіотрансляційної мережі птахофабрики.

## 1.2. Характеристика об'єкту проектування

Пташник призначений для утримання 4160 курей. Будинок пташника складається із приміщення розділеного на секції й підсобні приміщення.

Птах утримується на підстилці при штучному освітленні з регульованим по заданій програмі світловим режимом. Процеси годівлі і поїння на птахофабриці механізовані на основі комплектів устаткування ЦБК-20В. Годівля птаха здійснюється сухими комбікормами, що доставляються з бункерів БСК-10 шнеком у бункери-дозатори кормороздавачів РТШ-2, звідки тросошайбовим транспортером подаються в бункери годівниці.

Поїння птаха здійснюється із чашкових автопоїлок.

Для перевантаження гною в транспортні засоби в пташнику встановлені транспортери на базі скребкових ТСН-3,0-Б. Після зміни поголів'я забруднена підстилка вбирається транспортерами й пташник піддається збиранню й дезінфекції автодезустановкою ДУК-2.

Будинок запроектований у плані розмірами 72×24м і має сім приміщень: приміщення для птаха, підсобне приміщення, приміщення для перевантаження калу, дві венткамери, вбиральню, коридор. Освітлення в них штучне. Висота приміщень у зовнішніх стін - 3 м.

Пташники даного типу виконані з керамзитобетонних панелей із залізобетонними перекриттями й засипанням із гравію. Підлоги також виконані з бетону, двері - дерев'яні, перегородки цегельні.

										ДП 2023 141	Арк.
											8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Всі конструкції й вироби прийняті по діючих серіях і ДСТУ. Всі дерев'яні конструкції й вироби захищені від гниття, поразки дереворуйнуючими комахами й загоряння шляхом дворазового нанесення на поверхню препарату ББК-3, що представляє суміш бури технічної й борної кислоти.

Після завершення опоряджувальних робіт внутрішні поверхні зовнішніх стін і конструкцій, покриття приміщень пташника були піддані гідрофобному захисту кремній-органічними сполуками згідно "Рекомендаціям з гідрофобного захисту внутрішніх поверхонь конструкцій, що обгороджують, сільськогосподарських будинків з підвищеною вологістю внутрішнього повітря кремній-органічними сполуками (ГКШ-Л)".

Сполучні елементи з вуглецевої сталі захищені від корозії цинковим покриттям. Товщина цинкових металевих покриттів від 120 до 150 мкм, а наносимих гарячим цинкуванням - від 50 до 60 мкм. Захист металевих конструкцій і деталей роблять лакофарбовими антикорозійними матеріалами типу ЭЛ-773.

					ДП 2023 141	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. ВИБІР ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

### 2.1. Вибір технологічного устаткування

Комплект устаткування ЦБК-20В, забезпечує механізацію процесів зберігання і роздачі комбікормів, подачі питної води. Він складається з наступних основних частин і механізмів: зовнішніх бункерів для корму, трубчастих роздавачів з бункерними годівницями, систем поїння, систем дровових підвісок.

Зовнішній бункер БСК-10 (рис. 1) призначений для зберігання трьох - п'ятидобового запасу комбікормів, він встановлюється поза приміщеннями і служить для подачі корму похилим транспортером у приводи-живильники трубчастих кормороздавачів, розміщених усередині пташників.

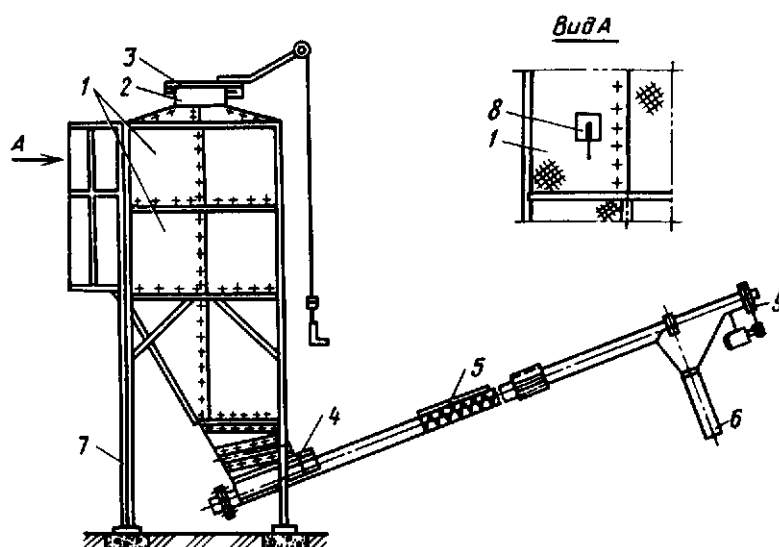


Рис. 1 Бункер БСК-10 для зберігання сухих кормів:

- 1- стінки; 2- горловина; 3- кришка; 4- засувка; 5- транспортер ТНШ-А; 6- лійка вивантажувальна; 7- сходи із захисним огороженням;  
8- датчик рівня корму; 9- електропривод

Для завантаження корму на даху бункера є горловина 2 з відкидною кришкою 3, що відкривається за допомогою ручки, прикріпленої до канату.

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ільтьо Р.М.			2.Вибір електроустаткування для виробничих процесів		
Перевір.		Шестеренко В.Е.					
Н. Контр.					Літ.	Арк.	Аркушів
Затверд.		Балюта С.М.				10	
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		

Датчик рівня корму 8, установлюваний на верхню задню стінку 7, дозволяє контролювати завантаження бункера. Для вивантаження корму в нижній частині бункера розташований похилий спіральний транспортер ТНШ-А 5 із приймачем. Приймач транспортера забезпечує нахил його під кутом від 15 до 30°. У приймачі є засувка 4 для відсікання корму в аварійних випадках або його обмеженій подачі при обкатуванні бункера.

Похилий транспортер складається із труб, з'єднаних хомутами. Усередині цих труб перебуває спіраль із пружинного дроту. У верхній частині спіраль кріпиться до вала, що приводиться в рух від електродвигуна через клиноремінну передачу. Передача має захисне огородження. Для виходу корму на транспортері передбачений спускний рукав з лійкою 6. Керування роботою приводу транспортера здійснюється від електроустаткування, загального із приводом трубчастого кормороздавач.

Для зручності обслуговування бункер комплектується металевими сходами 7 із захисним огородженням.

Трубчастий кормороздавач РТШ-2 призначений для роздачі комбікормів у бункерні годівниці. Кормороздавач складається із приводу-живильника, кормопроводу із транспортуючим органом, натяжним і поворотним пристроями, телескопічних спусків, годівниць, вагового датчика й електроустаткування.

Привід-живильник призначений для прийому й подачі корму в кормопроводи (рис. 2, а). Він являє собою зварену раму, на якій установлений бункер 1. На платформі 13 рами розміщений привід 12. Від приводу через тягу 18, кулісу 16, качалку 15, шток 20 приводиться в рух ворошилка 21. Шток рухається в підшипниках 19, установлених на бункері. Роблячи зворотно-поступальний рух, ворошилка запобігає зависання корму. Качалка обертається в оседержувачах 14 з капроновими вставками. Підшипники також мають капронові вставки.

У передній частині платформи на кронштейнах установлені колеса 17, що виконують роль обвідних роликів. Натяжні пристрої 10 служать для натягу

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

канату при роботі й напрямку його в бункер. Нормальну роботу приводу і його зупинку в аварійних ситуаціях забезпечує електроустаткування 9.

Для зручності монтажу й запобігання травм на кришці 4, капоті 11 і огороженні 7 передбачені кишені 5.

У верхній частині рами закріплене пристосування 3 для рубання канату, з'єднання його частин і різання дисків. У нижній частині рами є лоток 8 для збору кормів, що виносяться канатом із трубопроводу.

На одній з бічних площин бункера 1 установлений датчик рівня корму мембранного типу. У верхній частині бункера змонтовані дві труби, які з'єднують бункер з кормопроводами.

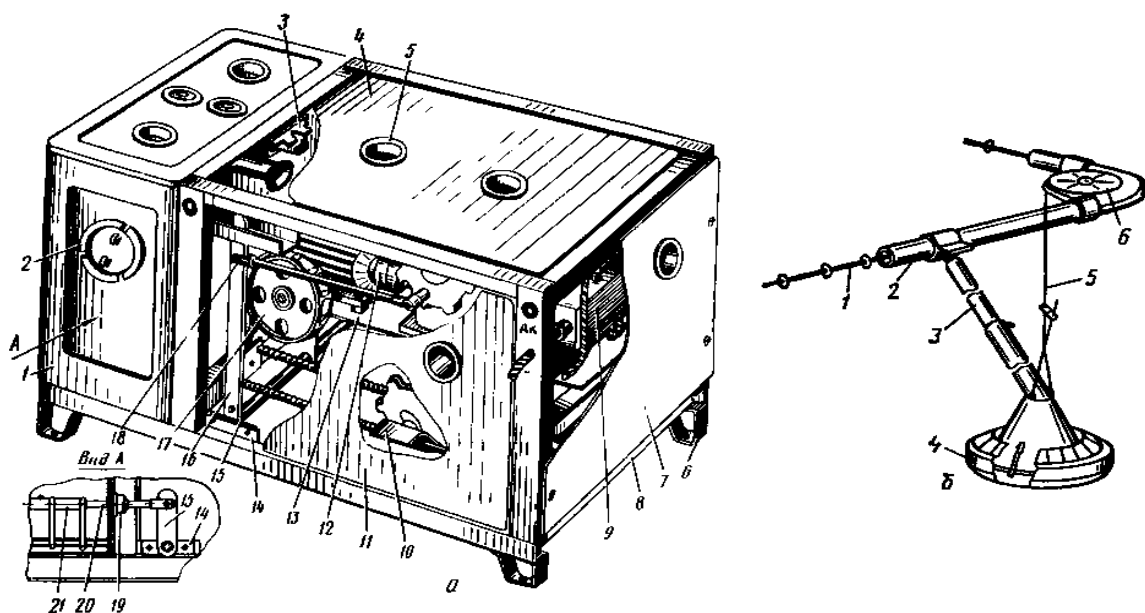


Рис. 2 Кормороздавач

- а- привід живильник кормороздавач РТШ 2: 1- бункер, 2- люк, 3- пристосування, 4- кришка, 5- кишеня, 6- опора регульовальна, 7- огороження, 8- лоток; 9- електроустаткування; 10- натяжний пристрій; 11- капот; 12- привід; 13- платформа; 14- оседержувач; 15- качалка; 16- куліса; 17- колесо; 18- тяга; 19- підшипник; 20- шток, 21- ворошилка;
- б- секція кормороздавач РТШ 2: 1- канат з дисками, 2- кормопривід, 3- телескопічний спуск, 4- годівниця, 5- підвіска; 6- поворотний блок

									ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						12



Електроустаткування кормороздавач складається зі сполучної коробки, аварійних вимикачів, що відключають привід у момент підходу повзуну натяжного пристрою до вимикача при аварійних ситуаціях, і датчика рівня корму, що виключає завантаження корму при заповненні бункера.

Працює кормороздавач у такий спосіб. З бункера приводу-живильника корм подається через кормопровід у телескопічні спуски послідовно в кожну годівницю. При заповненні останньої годівниці ваговий датчик відключає привід. При ручному режимі привід-живильник включають кнопкою на шафі керування в міру необхідності, якщо включено датчик і скльований в останній годівниці корм. У нічний час привід-живильник відключений. У цьому випадку реле часу набудовують на добову програму годівлі. Бункер приводу-живильника автоматично заповнюється кормом із зовнішнього бункера.

Система поїння типу СП А призначена для забезпечення водою молодняку у віці від 16 днів і до кінця вирощування. У неї входять водяний бак, лінії водоводів і чашкові автопоїлки.

Водяний бак служить для підтримки постійного тиску води в системі, а також розчинення лікарських і інших препаратів, призначених для випаювання птахів. Він має прямокутну форму й зварений з листової сталі. Збоку в отвір вмонтований клапан, до якого підводить труба від водопровідної магістралі. У днище бака уведений штуцер для приєднання до трубок розведення, є також зливальна труба, що охороняє бак від переповнення.

Лінії водоводів призначені для подачі води в поїлки. Вони складаються з окремих металевих труб (зі штуцерами), з'єднаних у загальну магістраль за допомогою муфт, перехідників, трійників. Лінії водоводів прикріплюють до стельового перекриття будинку системою дротової підвіски. Уздовж них розташовують чашкові поїлки.

Приєднують поїлки до трубопроводів гнучкою гумовою або полівінілхлоридною трубкою. Герметичність з'єднань забезпечується гумовими ущільнювальними кільцями. На кінцях труб як заглушки встановлюють гумові пробки.

										ДП 2023 141	Арк.
											14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Чашкова автопоїлка АКП-1,5 (рис. 3) являє собою чашку 9 обсягом 2 л, діаметром 380 і глибиною 55 мм із високим конусом, у яку зверху вставлений корпус 15 клапана, зафіксований гайкою 14. У корпус поміщена трубка 10 у зборі із клапаном 13, на яку покладені гумові сідла 5, пружина 12 і штуцер 11. Зовні на трубку нагвинчена голівка 7 і зафіксована гайкою. З'єднання трубки з голівкою ущільнене прокладкою 9.

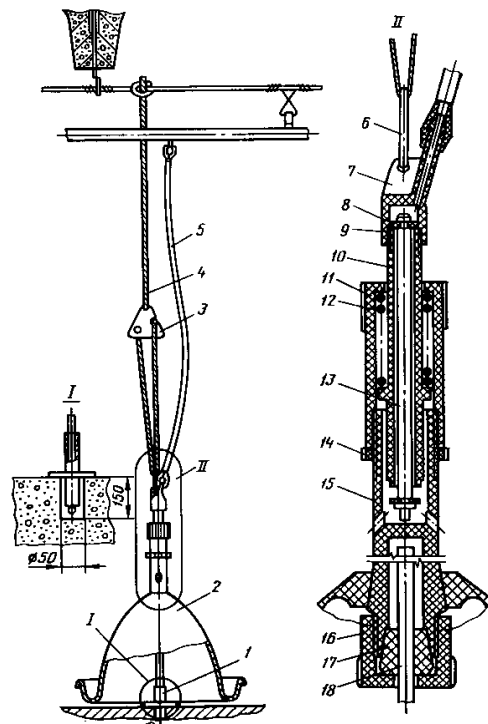


Рис. 3 Чашкова автопоїлка АКП-1,5:

1-трубка фіксуюча; 2- чашка; 3- підвіски; 4- шнур; 5- трубка гнучка приєднувальна; 6- гак; 7- голівка; 8- сідло; 9- прокладка; 10- трубка; 11- штуцер; 12- пружина; 13- клапан; 14, 16- гайки; 15- корпус клапана; 17- втулка; 18- штир

Підвішують поїлку на капроновому шнурі 4, другий кінець якого прикріплюють до трикутної підвіски 3, утворюючи петлю, куди заведений гак 6. Гак вставляють в отвір голівки поїлки. Для запобігання від розгойдування чашки поїлки в корпус клапана знизу вставляють штир 18 і закріплюють втулкою 17 і гайкою 16 або нагвинчують спеціальну гідробаласну ємність (полімерна посудина), заповнювану 2,5 л води. У першому варіанті штир 18 нижнім кінцем опущений у трубку 1, що закріплена в поглибленні підлоги, а

									Арк.
									15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

при наявності гідробаласної ємності поїлка залишається вільно підвішеної, що знижує трудомісткість при ветеринарно-санітарній обробці системи поїння.

Робота поїлок розрахована на тиск води в магістралі  $5 \cdot 10^4$  Па. Їх регулюють так, щоб при рівні заповнення чаші на 20...30 мм відбувалося відключення подачі води.

Система дротової підвіски типу СПП складається із дроту діаметром 6 мм (одинарна - з однієї нитки, спарена - із двох), протягнутої під стелею й закріпленої в торцевих стін пташника натяжними гвинтами із шайбами й гайками.

До складу електроустаткування входять вимикачі, розетки, електродвигуни і ящик керування ЦБК-20У-04.

Працює електроустаткування в такий спосіб. Напруга подається, на автоматичні вимикачі ящика керування, далі через контакти відповідних автоматичних вимикачів і магнітних пускачів - на електродвигуни. Елементи ланцюгів управління ящика і виносні елементи керування працюють при напрузі струму 220 В з частотою 50 Гц. Захист ланцюгів керування здійснюється запобіжником ПРС-6-П із плавкою вставкою на 4 А. Роздача корму контролюється за допомогою датчиків КЦБ-1- ПРОЗ. Командним органом для роботи кормороздавача в автоматичному режимі служить програмне реле часу, а для включення вивантажувального транспортера бункера БСК-10 - датчик рівня корму бункера ОБН-1-03.040.

					ДП 2023 141	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПТАХОФАБРИКИ

#### 3.1. Вибір потужності, типу, кількості та місця розміщення трансформаторних підстанцій

Для проектування зовнішніх мереж і трансформаторних підстанцій необхідно спочатку зробити розрахунок електричних навантажень на уведеннях будинку по об'єкті. Відповідно до генплану (аркуш 1 графічної частини) і табл. 3.1 /4/ визначаємо основні імовірнісні навантаження сільськогосподарських споживачів і зводимо в табл. 1.

Таблиця 1 - Електричні навантаження сільськогосподарських споживачів

Найменування приміщень	$P_{дн}$ , кВт	$P_{в}$ , кВт	$\cos\varphi_{дн}$	$\cos\varphi_{в}$
Пташник 36000 кур	120	120	0,75	0,85
Пташник 4160 кур	20	20	0,75	0,85
Пташник 4160 кур	20	20	0,75	0,85
Зерносклад	5	1	0,7	0,75
Яйцесклад	10	10	0,7	0,75
Контора	15	8	0,85	0,9
Магазин	2	4	0,85	0,9
Вуличне освітлення	—	5,5	—	0,55

Розрахункове навантаження вуличного освітлення визначається з розрахунку 250 Вт на приміщення і по 3 Вт на кожний метр периметра птахофабрики:

$$P_{осв} = n \cdot P_1 + l \cdot P_2 \quad (1)$$

де  $P_1$  – потужність розрахована на одне приміщення, Вт;

$P_2$  – потужність розрахована на один метр довжини периметра, Вт;

$l$  – довжина периметра, м;

$n$  – кількість будинків;

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

Повна потужність визначається по наступній формулі:

$$S = \frac{P_p}{\cos\varphi} \quad (2)$$

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ільтьо Р.М.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко В.Е.				17	
Н. Контр.					З. Електропостачання птахофабрики ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Затверд.		Балюта С.М.					

де  $P_p$  – розрахункове навантаження, кВт;

$\cos \varphi$  – середньозважений коефіцієнт потужності.

У зв'язку з тим, що навантаження споживачів відрізняються більш ніж у чотири рази, робимо визначення сумарного навантаження за допомогою надбавок.

Визначаємо сумарне навантаження споживачів:

$$P_{расч.} = P + \sum_{i=1}^n \Delta P_i \quad (3)$$

де  $P$  – найбільша з потужностей, що складаються, кВт;

$\Sigma \Delta P$  – сума надбавок по інших потужностях, кВт.

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

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

Середньозважений  $\cos \varphi$  визначається з наступного вираження:

$$\cos \varphi = \frac{\sum (P_i \cdot \cos \varphi_i)}{\sum P_i} \quad (4)$$

де  $P_i$  – потужність  $i$ -го споживача, кВт;

$\cos \varphi_i$  – коефіцієнт потужності  $i$ -го споживача;

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

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

Підставляючи числові значення у формулу (2) визначаємо повну денну і вечірню потужність:

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

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

Так як,  $S_d > S_e$ , то подальший розрахунок ведемо по  $S_d$ .

Число трансформаторних підстанцій можна приблизно визначити по формулі /6/:

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$N_{mn} = P_p \cdot \sqrt{\frac{0,6}{\left(\Delta U \cdot \frac{P_p}{F}\right) \cdot \cos \varphi}}, \quad (5)$$

де  $P_p$  – сумарне навантаження об'єкту, кВт;

$F$  – площа об'єкту, км<sup>2</sup>;

$\Delta U$  – допустимі втрати напруги в мережі 0,38кВ,%;

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

Результат округляємо до найближчого цілого, отже, приймаємо кількість трансформаторних підстанцій рівним однієї.

Виходячи з потужності на шинах трансформаторної підстанції по економічних інтервалах виробничих навантажень трансформатора /5/ приймаємо до установки на живильній підстанції ТП 10/0,4 силовий трансформатор типу ТМ - 250 з перемиканням без збудження (ПБЗ), з ручним перемиканням відгалужень обмоток вищої напруги при відключеному трансформаторі /6/. Виходячи із приналежності електроприймачів по надійності електропостачання до другої категорії заживлюємо ТП від двох незалежних взаємно резервуючих джерел живлення, у якості яких використовують дві повітряні лінії напругою 10 кВ. До установки остаточно приймаємо два трансформатори ТМ - 250, трансформаторна підстанція закритого типу.

Місце розташування трансформаторної підстанції вибираємо, керуючись рядом вимог, основне з яких - розташування трансформаторної підстанції в центрі електричних навантажень. Центр навантажень можна визначити графоаналітичним методом. Координати розрахункового центра  $X_p$  і  $Y_p$  визначаємо по формулах:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad Y_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (6,7)$$

									ДП 2023 141	Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

де  $P_i$  — розрахункове навантаження на ввіді  $i$ -го споживача, кВт;

$X_i, Y_i$  — відстань до споживачів по осях ординат, м.

Координати центрів навантажень для кожного будинку заносимо в табл.2:

Таблиця 2 - Центри навантажень споживачів

Найменування приміщення	X	Y
Пташник 36000 кур	192,3	396
Пташник 4160 кур	192,3	279
Пташник 4160 кур	572,4	396
Зерносклад	269	48
Яйцесклад	269	165
Контора	614	279
Магазин	614	165

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

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

Отже, центр електричних навантажень попадає на пташник. Розміщаємо трансформаторну підстанцію ближче до будинку контори з урахуванням зручності проходження відхідних ліній 0,4 кВ, а також живильної лінії 10 кВ і зручності обслуговування трансформаторної підстанції.

### 3.2. Розрахунок мереж 0,4 кВ

#### Визначення допустимих втрат напруги та оптимальних надбавок трансформатора

Вихідними даними для розрахунку електричних мереж є допустимі норми відхилення напруги. Для сільськогосподарських споживачів при навантаженні 100% воно не повинне виходити за межі -5%, а при навантаженні 25% за межі +5% від номінального.

Допустимі втрати напруги в лініях 10кВ і 0,38кВ визначаються шляхом складання таблиць відхилення напруги. Як правило, при складанні таблиць розглядають найближчі й віддалені трансформаторні підстанції в режимі максимального (100%) і мінімально (25%) навантаження. У нашому випадку варто визначити втрати напруги й надбавку для проектованої ТП /4/.

									ДП 2023 141	Арк.
										20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Відхилення напруги визначається з наступної формули:

$$\delta U^{100} = \Sigma H^{100} + \Sigma \Delta U^{100}, \quad (8)$$

$$\delta U^{25} = \Sigma H^{25} + \Sigma \Delta U^{25} \quad (9)$$

де  $\delta U^{100}$ ,  $\delta U^{25}$  – відхилення напруги при 100% і 25% навантаження, %;  
 $\Delta U^{100}$ ,  $\Delta U^{25}$  – відхилення напруги при 100% і 25% навантаження, %;  
 $H^{100}$ ,  $H^{25}$  - надбавки при 100% і 25% навантаження, %.

Для нашого випадку маємо, відхилення напруги в споживача:

$$\delta U_n = \delta U_{ш} + \Delta U_{10} + \delta U_{нб} + \Delta U_{тр} + \Delta U_{0.38}, \quad (10)$$

де  $\delta U_n$  – відхилення напруги в споживача, %;  
 $\delta U_{нб}$  – відхилення напруги на шинах живильної підстанції, %;  
 $\Delta U_{тр}$  – падіння напруги в трансформаторі, %;  
 $\Delta U_{10}$  – падіння напруги в лінії 10кВ, %;  
 $\Delta U_{0.38}$  – падіння напруги в лінії 0.38кВ (складається із зовнішніх і внутрішніх), %;

Із формули (10) виражаємо:

$$\Delta U_{10} + \Delta U_{0.38} = \delta U_n - \delta U_{ш} - \delta U_{нб} - \Delta U_{тр},$$

Підставляючи числові значення, одержуємо:

$$\Delta U_{10} + \Delta U_{0.38} = +6 - 4 + 2,5 - (-5) = 9,5\%,$$

Приймаємо:

$$\Delta U_{10} = -4,5\%, \quad \Delta U_{0.38} = -5\%,$$

Визначаємо зниження напруги в споживача при 25% навантаженні:

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

Так як,  $\delta U_n < 5\%$ , робимо висновок, що допустимі втрати напруги й оптимальні надбавки трансформатора визначили вірно.

Всі розрахунки зводимо в табл. 3.

									ДП 2023 141	Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 3 - Визначення допустимих втрат напруги і оптимальних надбавок трансформатора

N п/п	Елементи схеми	Навантаження	
		100%	25%
1	Відхилення на шинах 10 кВ	+6	-2
2	Втрата напруги 10 кВ	-4,5	-1,13
3	Трансформатор 10/0,38 кВ: - втрата напруги - надбавка	-4 +2,5	-1 +2,5
4	Втрата напруги 0,4 кВ	-5	0
5	Споживач	-5,0	-1,63

Визначаємо кількість ліній і траси їхнього проходження, щоб раціонально розподілити потужність по лініях і додати схемі більшу гнучкість при оперативних перемиканнях приймаємо три лінії. Складання схем мереж 0,38кВ. На розрахунковій схемі вказуємо:

- Джерело живлення (ТП);
- Ліній (Л1, Л2, Л3);
- Номери вузлів;
- Відстань між вузлами, км;
- Денну і вечірню розрахункову потужність споживача.

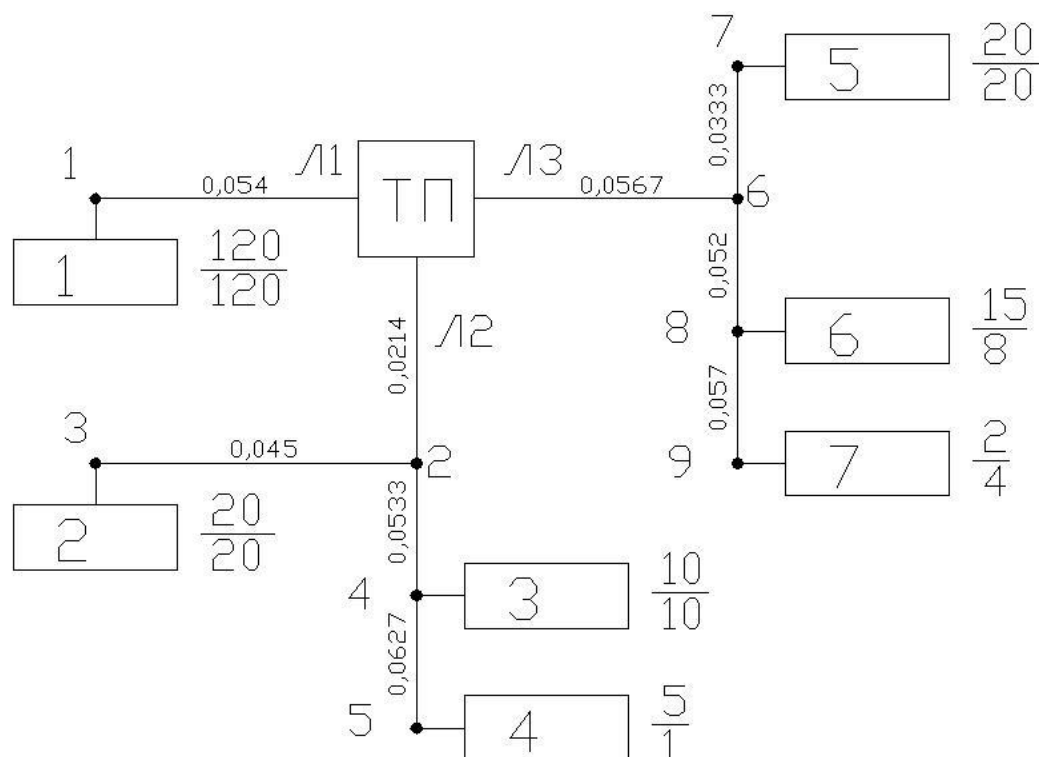


Рис. 4 – Схема повітряної лінії мережі 0,38 кВ

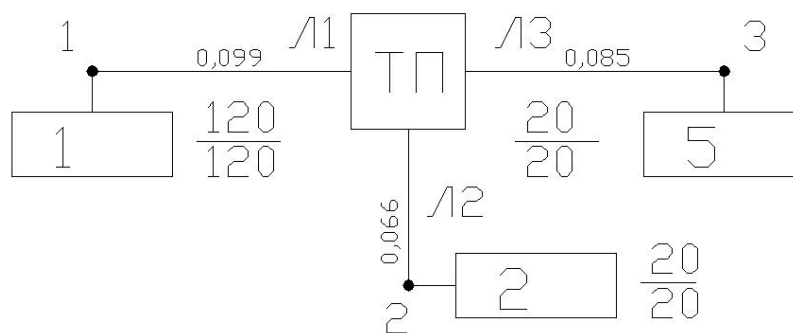


Рис. 5 – Схема кабельної лінії мережі 0,38 кВ

1 - пташник на 36000 курей; 2, 5 - пташник на 4160 курей; 3 - яйцесклад;  
4 - зерносклад; 6 - контора; 7 - магазин

Електричний розрахунок мережі 0,38кВ виконується з метою вибору перерізу і марки проводів та кабелів лінії, а також перевірки якості напруги у споживача. При розрахунку користуємося методом розрахунку електричних мереж по економічних інтервалах навантажень.

Зробимо розрахунок кабельної лінії від трансформаторної підстанції до пташника на 4160 курей. Площа поперечного перерізу струмоведучих жил визначаємо по допустимому нагріванню.

Розрахунковий струм лінії становить:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (11)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність на вводі об'єкту, кВт;

$U_n$  – номінальна напруга, кВ.

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

По табл. 12.1 /5/ приймаємо переріз кабелю  $F=4,0 \text{ мм}^2$  с  $I_{дон}=38 \text{ А}$  при прокладанні в землі.

$$38 \text{ А} > 30,4 \text{ А}$$

Приймаємо до прокладки в землі кабель марки АВВГ 5х4, перевіряємо обраний кабель на допустимі втрати напруги.

Втрати напруги в лінії визначаємо по формулі:

					ДП 2023 141	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U, \% = \frac{P_p \cdot l}{c \cdot F}, \quad (12)$$

де  $l$  – довжина лінії, м;

$c$  – коефіцієнт залежний від системи напруги й матеріалу провідника /9/.

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

Перевіряємо умову:

$$\Delta U, \% \leq \Delta U_{\text{дон}}, \quad (13)$$

де  $U_{\text{дон}}$  – допустима втрата напруги в мережі 0,38 кВ таблиця (3)

$7,1\% \leq 5\%$  умова не виконується, отже, вибираємо кабель із перерізом жил на порядок вище, і проводимо повторну перевірку.

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

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

Умова виконується. Розрахунок для інших ліній аналогічний. Дані зводимо в табл. 6.

Зробимо розрахунок повітряних ліній. Розбиваємо лінії на ділянки й визначаємо розрахункові потужності на ділянках шляхом підсумовування розрахункових потужностей, що проходять через дану ділянку, кВт:

$$P_p = P_{\text{наиб.}} + \Sigma \Delta P, \quad (14)$$

де  $P_p$  – розрахункове значення максимальної потужності, кВт;

$P_{\text{наиб.}}$  – найбільше значення потужності, кВт;

$\Sigma \Delta P$  – сума надбавок /4/, кВт.

Користуючись розрахунковою схемою високовольтної мережі визначаємо максимальні навантаження.

Ділянка мережі	Розрахунок максимального денного навантаження
	Лінія 1
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	$P_{2-3} = P_2 = 20 \text{ кВт}$ ,

										ДП 2023 141	Арк.
											24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$\begin{aligned}
2-4 & P_{2-4} = P_3 + \Delta P_4 = 10 + 3 = 13 \text{ кВт}, \\
4-5 & P_{4-5} = P_4 = 5 \text{ кВт}, \\
& \text{Лінія 3} \\
0-6 & P_{0-6} = P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 = 20 + 9,2 + 0,6 = 29,8 \text{ кВт} \\
6-7 & P_{6-7} = P_5 = 20 \text{ кВт}, \\
6-8 & P_{6-8} = P_6 + \Delta P_7 = 15 + 0,6 = 15,6 \text{ кВт}, \\
8-9 & P_{8-9} = P_7 = 2 \text{ кВт}
\end{aligned}$$

Визначення середньозваженого коефіцієнта потужності. Далі розраховуємо середньозважений коефіцієнт потужності по наступній формулі:

$$\cos \varphi_{с.в.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cos \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (15)$$

де  $P_i$  – розрахункова потужність  $i$  - го споживача, кВт;

$\cos \varphi_i$  - коефіцієнт потужності  $i$  - го споживача.

Користуючись розрахунковою схемою, визначаємо середньозважений коефіцієнт потужності:

Для лінії Л2 (Фідер 2):

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

Ділянка мережі 2-3:  $\cos \varphi_{2-3} = 0,75$  (так як один споживач),

Ділянка мережі 2-4:  $\cos \varphi_{2-4} = 0,7$  (так як споживач і споживачі мають однаковий  $\cos \varphi$ ),

Ділянка мережі 4-5:  $\cos \varphi_{4-5} = 0,7$  (так як один споживач).

Аналогічно розраховуємо лінії. Результати розрахунків заносимо в табл. 4. Визначення повних потужностей на ділянках мережі. Далі, визначаємо повну розрахункову потужність на всіх ділянках мережі, кВа по наступній формулі:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi}, \quad (16)$$

де  $P_p$  – розрахункова потужність на ділянці, кВт;

										ДП 2023 141	Арк.
											25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$\cos\varphi$  - коефіцієнт потужності.

Ділянка мережі 0- 1 для лінії Л-1 :

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

Аналогічним образом визначаємо повну потужність на інших ділянках мережі. Отримані значення заносимо в табл. 4.

Визначення еквівалентної потужності. Потім визначаємо еквівалентне навантаження по наступній формулі:

$$S_{\Sigma} = S_p \cdot K_{\Delta}, \quad (17)$$

де  $S_p$  – розрахункова потужність на ділянці, кВА;

$K_{\Delta}$  – коефіцієнт, що враховує динаміку росту навантажень. Приймаємо для знову споруджених мереж  $K_{\Delta} = 0,7$  /4/.

Отримаємо:

Для лінії 1 (Фідер 1) ділянка мережі 0-1:

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

Аналогічним образом визначаємо еквівалентну потужність на інших ділянках мережі. Отримані значення зводимо в табл. 4.

Таблиця 4 - Результати розрахунків повної і еквівалентної потужностей для денного максимуму

Ділянка мережі	P, кВт	cosφ	S, кВА	S <sub>Σ</sub> , кВА
Лінія 1				
0-1	120	0,75	160	112
Лінія 2				
0-2	29	0,73	21,2	14,8
2-3	20	0,75	26,6	18,62
2-4	13	0,7	18,5	13,02
4-5	5	0,7	7,1	4,97
Лінія 3				
0-6	29,8	0,79	37,3	26,1
6-7	20	0,75	26,7	18,7
6-8	15,6	0,85	18,4	12,9
8-9	2	0,85	2,4	1,68

Товщина шару ожеледі  $b = 5$  мм (розрахунок ведеться стосовно до Закарпатської області). Для вибору перерізу проводів використовуємо додаток 33/4 /. Підбираємо: Для лінії 1 (Фідер 1) ділянка мережі 0-1:

Інтервал економічних навантажень: понад 26,4 кВа. Вибираємо провід А50. Аналогічним чином попередньо підбираємо перерізи проводів для інших ділянок. Результати зводимо в табл. 5.

Таблиця 5 - Попереднє визначення перерізу проводів на ділянках лінії

Ділянка лінії	Інтервал економічних навантажень, кВА	Марка проводу
Лінія 1		
0-1	вище 26,4	5А50+А50
Лінія 2		
0-2	5,5 ... 26	5А25+А25
2-3	5,5 ... 26	5А25+А25
2-4	5,5 ... 26	5А25+А25
4-5	5,5 ... 26	5А25+А25
Лінія 3		
0-6	5,5 ... 26	5А25+А25
6-7	5,5 ... 26	5А25+А25
6-8	5,5 ... 26	5А25+А25
8-9	5,5 ... 26	5А25+А25

**Визначення втрат напруги на ділянках лінії**

Втрата напруги на ділянці мережі визначається по наступній формулі:

$$\Delta U_{уч} = \frac{S_p \cdot l}{U_n} (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi), \quad (18)$$

де  $S_p$  – розрахункова потужність ділянки мережі, кВА;

$l$  – довжина ділянки, км;

$U_n$  – номінальна напруга на ділянці, кВ;

$r_0, x_0$  – відповідно, питомі активний і індуктивний опори проводу, Ом/км, приймаються по таблиці додатків 3 і 15 для середнегеометричної відстані між проводами 600мм.

Втрата напруги на ділянці мережі у відсотках визначається по наступній формулі:

$$\Delta U_{уч\%} = \frac{\Delta U_{уч}}{U_n} \cdot 100\%, \quad (19)$$

Ділянка 0 – 1:

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

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

Аналогічним образом розраховуємо втрати напруги на інших ділянках лінії. Результати розрахунків зводимо в табл. 7.

Падіння напруги перевіряємо до самого вилученого споживача від ТП. У нашому випадку самі вилучені точки мережі є: для лінії ЛЗ:0 ...9;

Падіння напруга для ділянок, що зв'язують ці точки лінії із ТП, буде визначається в такий спосіб:

Лінія ЛЗ (Фідер 3):

$$\Delta U_{0-9} = \Delta U_{0-6} + \Delta U_{6-8} + \Delta U_{8-9},$$

$$\Delta U_{0-9} = 1,6 + 0,76 + 0,1 = 2,46\%,$$

$$\text{Найбільше значення падіння напруги } \Delta U_{\text{наиб.}} = \Delta U_{0-9} = 2,46\%,$$

$$\text{Перевіряємо умову } \Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{наиб.}},$$

де  $\Delta U_{\text{доп}}$  – втрата напруги в мережі 0,38 кВ,  $\Delta U_{\text{доп}} = 5\%$ .

Так як умова  $5\% \geq 2,46\%$  виконується, робимо висновок, що перерізи й марки проводів вибрані вірно і залишаються без змін.

Таблиця 6 - Результати розрахунків кабельної лінії 0,38кВ

Ділянка мережі	Р, кВт	Ір, А	l, км	Марка кабелю і сечення, мм <sup>2</sup>	ΔU, %
Кабельні лінії					
Лінія 1					
0-1	120	182,3	0,099	АВВГ 5х70	3,7
Лінія 2					
0-2	20	30,4	0,066	АВВГ 5х6,0	4,7
Лінія 3					
0-3	20	30,4	0,085	АВВГ 5х10	3,7

Таблиця 7 - Результати розрахунків повітряної лінії 0,38кВ

Ділянка мережі	P, кВт	cosφ	S, кВА	S <sub>з</sub> ,кВА	l, км	ΔU, В	ΔU, %
Повітряні лінії							
Лінія 1							
0-1	120	0,75	160	112	0,054	15,4	4,05
Лінія 2							
0-2	29	0,73	21,2	14,8	0,0214	1,27	0,33
2-3	20	0,75	26,6	18,62	0,045	3,4	0,89
2-4	13	0,7	18,5	13,02	0,0533	2,7	0,71
4-5	5	0,7	7,1	4,97	0,0627	1,2	0,32
Лінія 3							
0-6	29,8	0,79	37,3	26,1	0,0567	6,1	1,6
6-7	20	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	0,85	2,4	1,68	0,057	0,41	0,1

#### 2.4. Розрахунок струмів короткого замикання

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

Для розрахунку струмів короткого замикання необхідно знати переріз лінії 10 кВ по формулі (17) визначаємо:

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

З таблиці /4/ за значенням еквівалентної потужності вибираємо перетин провідників А16. Але згідно ПУЕ по механічній міцності для лінії 10 кВ мінімальний перетин 35 мм<sup>2</sup>. Отже приймаємо проведення А35.

Визначаємо втрату напруга на лінії 10кВ по формулі (18):

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

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

Перевіряємо за умовою (13)

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

Умова виконується, отже провід вибраний вірно.

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

Користуючись схемою мереж 0,38кВ складаємо розрахункову схему струмів короткого замикання.

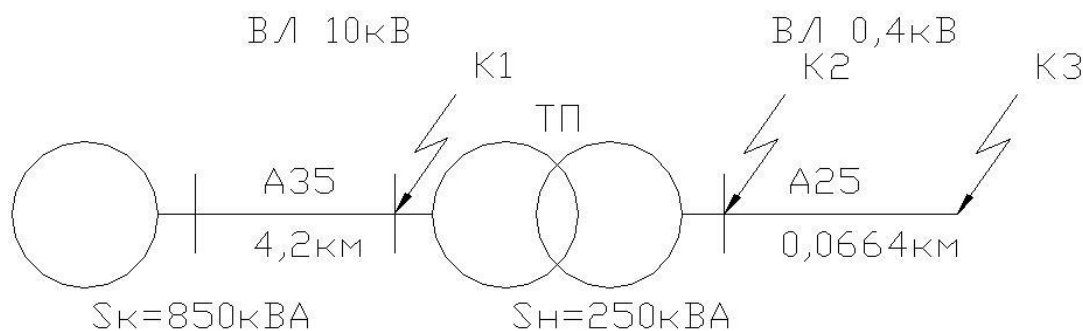


Рис. 6 – Розрахункова схема кола короткого замикання

Далі на підставі розрахункової схеми складаємо схему заміщення (рис. 7), у якій для кожного елемента вказується його опір.

Розрахунок у відносних одиницях.

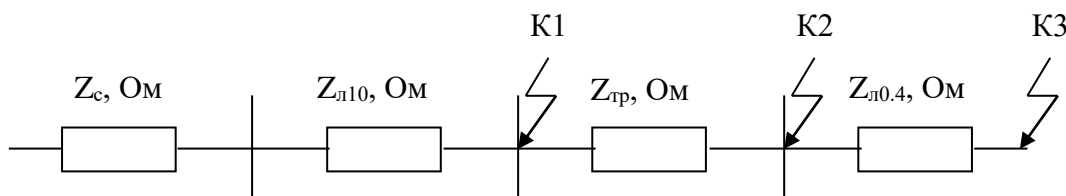


Рис. 7 – Схема заміщення

Приймаємо базисну потужність  $S_b = 100$  мВА.

Визначаємо опорів елементів схеми заміщення.

Для нашого випадку  $S_k = 850$ мВА. Тоді опір системи визначається як:

$$X_{*c} = \frac{S_b}{S_k}, \quad (20)$$

Одержуємо

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

Опір лінії  $Z_{*л}$  визначається по наступній формулі:

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$z_{*л} = \sqrt{r_{*л}^2 + x_{*рез}^2}, \quad (21)$$

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

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

$r_{*л}$  і  $x_{*л}$  визначаються в такий спосіб:

$$r_{*л} = r_0 \cdot l \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}^2}, \quad (22)$$

$$x_{*л} = x_0 \cdot l \frac{S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}^2}, \quad (23)$$

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

$l$  – довжина лінії, км;

$U_{\bar{o}}$  – середня напруга, приймається  $U_{\bar{o}} = 1,05 \cdot U_H = 1,05 \cdot 10 = 10,5$  кВ.

Розраховуємо опір лінії 10кВ:

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

$$x_{*рез} = 0,12 + 1,44 = 1,56 \text{ Ом}, \quad r_{*л} = 0,773 \cdot 4,2 \cdot \frac{100}{10,5^2} = 2,9 \text{ Ом},$$

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

Розраховуємо струми короткого замикання для точки К1. Вони визначаються в такий спосіб:

- струм 3-х фазного короткого замикання:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{I_{\bar{o}}}{z_{*л}}, \quad (24)$$

де  $I_{\bar{o}}$  – базисний струм, А:

$$I_{\bar{o}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}}}, \quad (25)$$

Отримаємо:

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

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

- струм 2-х фазного короткого замикання:

									ДП 2023 141	Арк.
										31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$I_{\kappa}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (26)$$

Отримаємо:

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

- ударний струм:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot k_{\partial} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (27)$$

де  $k_{\partial}$  – ударний коефіцієнт, приймаємо для мережі 10кВ  $k_{\partial} = 1/6$ .

Отримаємо:

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

Визначаємо повну потужність короткого замикання:

$$S_{\kappa}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \quad (28)$$

Отримаємо:

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

### ***Розрахунок в іменованих одиницях***

Визначаємо опори елементів схеми заміщення.

Опір системи визначається по наступній формулі:

$$x_c = \frac{U_{\partial}^2}{S_{\kappa}}, \quad (29)$$

де  $U_{\partial}$  – базисна напруга мережі 0,38кВ, приймаємо  $U_{\partial} = 1,05 \cdot U_{\text{н}} = 0,38 \cdot 1,05 = 0,4 \text{кВ}$ ;

Одержуємо:

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

Опору лінії 10кВ приведеної до 0.4кВ,  $r_{*л}$  и  $x_{*л}$  визначається по наступних формулах:

$$r_{*л} = r_0 \cdot l \cdot \frac{U_{\partial}^2}{U_{\text{сп}}^2}, \quad (30)$$

$$x_{*л} = x_0 \cdot l \cdot \frac{U_{\partial}^2}{U_{\text{сп}}^2}, \quad (31)$$

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

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$l$  – довжина лінії, км;

$U_{cp}$  – середня напруга лінії 0,38кВ, приймається  
 $U_{cp}=1,05 \cdot U_n=1,05 \cdot 0,38=0,4$ кВ.

Розраховуємо опір лінії 0,38кВ:

$$r_l = 0,773 \cdot 4,2 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 0,0047 \text{ Ом}, \quad x_l = 0,38 \cdot 4,2 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 0,0023 \text{ Ом},$$

Опору трансформатора визначаються в такий спосіб:

- повний опір:

$$z_{mp} = \frac{10 \cdot U_k \cdot U_n^2}{S_n}, \quad (32)$$

де  $U_k$  – напруга короткого замикання, %, для обраного трансформатора  $U_k = 4,5\% / 5/$ ;

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

$S_n$  – номінальна потужність трансформатора,  $S_n = 250$ кВА;

Отримаємо:

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

- активний опір:

$$r_{mp} = \frac{P_k \cdot U_n^2}{S_n^2}, \quad (33)$$

де  $P_k$  – втрати короткого замикання трансформатора, Вт /5/;

Маємо:

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

- індуктивний опір:

$$x_{mp} = \sqrt{z_{mp}^2 - r_{mp}^2}, \quad (34)$$

Отримаємо:

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

Стосовно до точки К2 розраховуємо результуючі опори:

									ДП 2023 141	Арк.
										33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- активний:

$$r_{рез} = r_l + r_{mp} \quad (35)$$

Розраховуємо:

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

- індуктивний:

$$x_{рез} = x_c + x_l + x_{mp}, \quad (36)$$

Розраховуємо:

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

- повний:

$$z_{рез} = \sqrt{r_{рез}^2 + x_{рез}^2}, \quad (37)$$

Розраховуємо:

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

Розраховуємо струми короткого замикання для точки К2. Вони визначаються в такий спосіб:

- струм 3-х фазного короткого замикання:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot z_{рез}}, \quad (38)$$

Отримаємо:

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

- струм 2-х фазного короткого замикання визначаємо по формулі (26), одержуємо:

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

- ударний струм розраховуємо по формулі (27) (приймаємо  $K_y = 1$  для мережі 0,38кВ), одержуємо:

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

Визначаємо повну потужність короткого замикання по формулі (28), отримаємо:

									ДП 2023 141	Арк.
										34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

Визначаємо опори фазних проводів лінії 0,38кВ. Отримані дані зводимо в табл. 8.

Таблиця 8 - Опори фазних проводів лінії 0,38кВ

№ ділянки	l, км	r <sub>0</sub> , Ом/км	x <sub>0</sub> , Ом/км	r <sub>лф</sub> , Ом	x <sub>лф</sub> , Ом
Лінія 2					
0-2	0,0214	1,14	0,345	0,024	0,0075
2-3	0,045	1,14	0,345	0,051	0,016
Сумарне				0,075	0,0234
Лінія 1					
0-1	0,054	0,6	0,35	0,032	0,019
Лінія 3					
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
Сумарне				0,19	0,058

Визначаємо опори нульових проводів лінії 0,38кВ. Отримані дані зводимо в табл. 9.

Таблиця 9 - Опори нульових проводів лінії 0,38кВ

№ ділянки	l, км	r <sub>0</sub> , Ом/км	x <sub>0</sub> , Ом/км	r <sub>лф</sub> , Ом	x <sub>лф</sub> , Ом
Лінія 2					
0-2	0,0214	1,14	0,345	0,024	0,0075
2-3	0,045	1,14	0,345	0,051	0,016
Сумарне				0,075	0,0234
Лінія 1					
0-1	0,054	0,83	0,35	0,045	0,018
Лінія 3					
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
Сумарне				0,19	0,058

Визначаємо результуючі опори для точки КЗ:

- фазних проводів:

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

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

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

- нульових проводів:

						ДП 2023 141	Арк.
							35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$r_{лн} = 0,075 \text{ Ом},$$

$$x_{лф} = 0,0234 \text{ Ом},$$

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

Розраховуємо струми короткого замикання для точки КЗ:

- струм 3-х фазного короткого замикання визначаємо по формулі (38), одержуємо:

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

- струм 3-х фазного короткого замикання визначаємо по формулі (26), маємо:

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

- струм однофазного короткого замикання визначається по наступній формулі:

$$I_k^{(1)} = \frac{U_\phi}{z_{mp}/3 + z_n}, \quad (39)$$

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

$z_{mp}$  – опір трансформатора струму однофазного короткого замикання, Ом. Для даного трансформатора  $z_{mp} = 0,312 \text{ Ом /5/}$ ;

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

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

- ударний струм розраховуємо по формулі (1.6.8), одержуємо:

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

Визначаємо повну потужність короткого замикання по формулі (28), одержуємо:

$$S_k^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 2,46 = 1,62 \text{ МВА},$$

Всі отримані значення зводимо в табл. 10.

										ДП 2023 141	Арк.
											36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Таблиця 10 - Зведена таблиця розрахунку струмів короткого замикання

№ п/п	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	0,62	6,5	3,03

## 2.5. Розрахунок і вибір силового електроустаткування

Основним силовим електроустаткуванням у майстерні є електродвигуни, які служать для приводу технологічного устаткування.

Вибір електродвигуна ведеться з урахуванням наступних показників: робочого середовища, потужності, по номінальній напрузі, номінальному струму, частоті обертання, ковзанню і коефіцієнту корисної дії.

При виборі трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкнутим ротором перевагу потрібно віддавати двигунам серії АИР, тому що вони більше економічні в порівнянні із серією 4А, їхня маса на 18% менша, вища надійність, менші габаритні розміри, мають більш високий коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності.

Робимо вибір електродвигуна для приводу горизонтального транспортера навозоудалення. Електродвигун вибирають по максимально можливому завантаженню на початку збирання, і за умовами пуску, знаходимо достатній пусковий момент і потужність електродвигуна.

Зусилля опору руху транспортерного ланцюга при роботі транспортера на холостому ходу:

$$F_x = m \cdot q \cdot l \cdot f_x \quad (40)$$

де  $m$  – маса одного метра ланцюга зі скребками, кг/м;

$q$  – прискорення вільного падіння,  $q=9,81$  Н/с<sup>2</sup>;

$l$  – довжина ланцюга, м;

$f_x$  – коефіцієнт тертя ланцюга.

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

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Зусилля затрачуване на подолання опору тертя калу об дно каналу при переміщенні:

$$F_n = m_n \cdot q \cdot f_n, \quad (41)$$

$$m_n = \frac{m \cdot N}{Z}, \quad (42)$$

де  $m_n$  – маса калу в каналі, що доводиться на одне збирання, кг;

$N$  – чисельність птаха обслуговуючих одним транспортером, гол;

$F_n$  – коефіцієнт тертя калу об дно каналу;

$Z$  – число збирань калу в добу.

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

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

Зусилля затрачуване на подолання опору тертя калу об бічні стінки каналу при переміщенні:

$$F_{\delta} = P_{\delta} \cdot f_n, \quad (43)$$

$$P_{\delta} = \frac{m_n \cdot q}{2}, \quad (44)$$

де  $P_{\delta}$  – тиск калу на бічні стінки приймають 50% від загальної ваги, Н;

$$F_{\delta} = 765,2 \cdot 0,97 = 742,2 \text{ Н}$$

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

Зусилля на подолання опору руху при заклинюванні скребків виникаючих між скребком і стінкою каналу:

$$F_3 = \frac{l \cdot F_1}{a}, \quad (45)$$

де  $F_1$  – зусилля затрачуване на подолання опору заклинювання доводиться на один скребок;

$a$  – відстань між скребками, м;

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

									ДП 2023 141	Арк.
										38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Загальне максимальне зусилля, необхідне для переміщення калу в каналі, коли весь транспортер завантажений:

$$F_{\max} = F_x + F_n + F_b + F_z,$$

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

Момент опору приведений до вала електродвигуна при максимальному навантаженні:

$$M_{\max} = \frac{F_{\max} \cdot v}{\omega \cdot \eta_n}, \quad (46)$$

де  $v$  – швидкість руху транспортерного ланцюга, м/с;

$\eta_n$  – коефіцієнт корисної дії передачі, %;

$\omega$  – коефіцієнт тертя калу об дно каналу.

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

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

Враховуємо, що момент опору наведений до вала електродвигуна збільшується при пуску транспортера.

Момент пуску від максимального зусилля опору:

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

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

Для пуску в цьому випадку потрібно щоб:

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

Звідки необхідний момент електродвигуна:

$$M_n \geq \frac{M_{\text{тр}}}{K_n^2 \cdot \mu_n - 0,25}, \quad (47)$$

де  $\mu_n$  – кратність пускового моменту;

$K_n$  – коефіцієнт, який враховує зниження напруги;

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

									ДП 2023 141	Арк.
										39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Необхідна потужність електродвигуна:

$$P = M_n \cdot \omega_n,$$

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

Для іншого електроустаткування розрахунок робимо аналогічно, а результати зводимо в табл. 11.

Таблиця 11 – Силове електроустаткування пташнику

№ п/п	Найменування операцій	Робоча машина	Кількість	Тип електродвигуна	Паспортні дані					
					Рн, кВт	S, %	n, хв <sup>-1</sup>	η, %	cos φ	Кв
1	Вентиляція	ВЦ 6,3–100	2	АИР90L6/8	1,5	7,5	925	0,76	0,72	6
2	Навозовидалення	Поперечний транспортер	1	АИР100L4	4	6	1410	0,85	0,84	7
3		Поздовжній транспортер	4	АИР80В4	1,5	7	1395	0,78	0,83	5,5
4		Похилий транспортер	1	АИР90L6	0,37	12	1320	0,68	0,7	5
5	Роздача корму	БСК–10	2	АИР71В6	0,55	8,5	915	0,685	0,7	4,5
6		РТШ–2	2	АИР71В6	0,55	8,5	915	0,685	0,7	4,5

### 3.5. Проектування електричного освітлення

Вибір джерел світла визначається техніко-економічними показниками і виконується по рекомендаціях СНиП II-4-79 "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" і "Галузевих норм освітлення сільськогосподарських підприємств, будинків і споруд".

Відповідно до вимог СНиП 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, що 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 по таблиці, наведеної в СНиП II-4-79, залежно від характеристики зорових робіт, найменшого розміру об'єкта розрізнення, контрасту об'єкта розрізнення із фоном і характеристики фону. Для полегшення визначення норм освітленості на основі СНиП II-4-79 розроблені галузеві норми робочого освітлення виробничих, адміністративних, суспільних і побутових приміщень, нормована освітленість по яких визначається залежно від технологічного призначення приміщень.

Галузеві норми освітлення сільськогосподарських підприємств, будинків і споруд рекомендують приймати коефіцієнт запасу для ламп розжарювання 1,15, а для газорозрядних ламп - 1,3. При цьому чищення світильників повинне проводитися не рідше 1 раз в 3 місяці. Результати розрахунків заносимо в табл. 2.

Визначаємо категорію приміщення №1 за умовами навколишнього середовища (табл.3.15 /7/) і мінімально допустимий ступінь захисту світильника (табл. ПЗ.13 /7/). З номенклатури світильників (табл.ПЗ.1 /7/) виділяємо ті, які задовольняють мінімально допустимого ступеня захисту. З огляду на виробничий характер приміщення, залишаємо світильники, що мають прямий (П) клас світлорозподілу. Тому що висота підвісу світильників 3 м, то доцільно (табл. 3.1 /7/) вибрати світильник, що має криву сили світла Д-2 або Г-1. Попередньо приймаємо світильник ЛСП 18-40 прямого світлорозподілу (П) із кривою силою світла (Д-2) і ступенем захисту 5'4. Аналогічно вибираємо світильники для інших приміщень і дані заносимо в табл. 12.

					ДП 2023 141	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 12 - Результати вибору світильників

№	№ по плану і найменування приміщення	Категорія середовища	Е, лк	К <sub>з</sub>	Площина нормування	Система освітлення	Мінімально допустима ступінь захисту	Вид освітлення	Прийнятий світильник		
									Найменування серії	Тип КСС	Ступінь захисту
1	Приміщення для птахів (58×24×3)	сире	75	1,3	0,0	Загальна рівномірна у всіх приміщеннях	IP53	Робоче і чергове	ЛСП18-40	Д-2	5/4
2	Підсобні 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 перевантаження 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	Вбиральня (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 роблять по кутах прямокутника (співвідношення сторін не більше 1,5:1) або вершинам ромба з урахуванням допуску до світильників для обслуговування.

Вимоги до мінімально допустимої висоти установки світильників викладені в ПУЕ і залежать від категорії приміщення по ступені небезпеки ураження електричним струмом, конструкції світильника, напруги живлення ламп.

Приміщення №1. По табл. П.3.3 /7/, висота зв'язу світильника  $h_{зв}=0,166$  м. Світильник підвішується на тросі, прокладеному на висоті  $H_o=2,8$  м.

Розрахункова висота установки світильника:

$$H_p = H_o - h_{св} - h_p = 2,8 - 0,166 = 2,634 \text{ м} \quad (48)$$

де  $H_o$  – висота приміщення, м;

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$h_c$  – висота зв'язи світильника (відстань від світлового центра світильника до перекриття), обумовлена з урахуванням розмірів світильників і способу їхньої установки, м.

Для світильника ЛСП18-40  $\lambda_c=1,2\dots1,6$  (табл.П.3.14 /7/). Приймаємо  $\lambda_c=1,2$ . Відстань між рядами світильників і між світильниками в ряді.

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

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

$$l_B = 0,3L'_B = 0,95 \text{ м.}$$

Число рядів:

$$N_2 = \frac{B - 2l_B}{L_B} + 1 = \frac{24 - 2 \cdot 0,95}{3,16} + 1 = 7,99 \quad (49)$$

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:

$$L_B = \frac{B - 2 \cdot l_B}{N_2 - 1} = \frac{24 - 2 \cdot 1}{8 - 1} = 3,14 \text{ м} \quad (50)$$

Аналогічно розміщуємо світильники і в інших приміщеннях, і результати заносимо в табл. 13.

Для приміщень із точковими випромінювачами додатково розраховується число світильників у ряді:

$$N_1 = \frac{A - 2l_a}{L_a} + 1 \quad (51)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

Загальне число світильників у приміщенні:

$$N_{\Sigma} = N_1 \cdot N_2 \quad (52)$$

Так само уточнюються відстані між світильниками в ряді  $L_a$  і між рядами світильників  $L_B$ :

$$L_a = \frac{A - 2 \cdot l_a}{N_1 - 1}; L_B = \frac{B - 2 \cdot l_B}{N_2 - 1}. \quad (53, 54)$$

Таблиця 13 - Параметри розміщення світильників у приміщеннях

										Арк.
										43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

№ п/ п	Найменування приміщення	Н <sub>р</sub> , м	К-сть, 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 птахів	2,63 4	8	—	—	3,1 4	1	1	На тросі
2	Підсобні приміщення	2,66 8	1	6	3,7	—	1	2	До потолку
3	Приміщення для перевантаження посліду	2,66 8	1	10	2,4	—	1	1,7 5	До потолку
4,7	Венткамера	2,66 8	1	2	3,6	—	3	1,5	До потолку
5	Вбиральня	2,66 8	1	1	—	—	1	0,7 5	До потолку
6	Тамбур	2,66 8	1	1	—	—	0,8	0,7 5	До потолку

### 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. 12,13.

По табл.2 визначнемо  $E_n=75$  лк, коефіцієнт запасу  $K_3=1,3$ . Розрахункова висота установки світильників  $H_p=2,634$  м.

2. Розміщаємо ряди світильників на плані приміщення відповідно до вихідних даних і намічаємо контрольну точку А (рис.8).

										Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2023 141

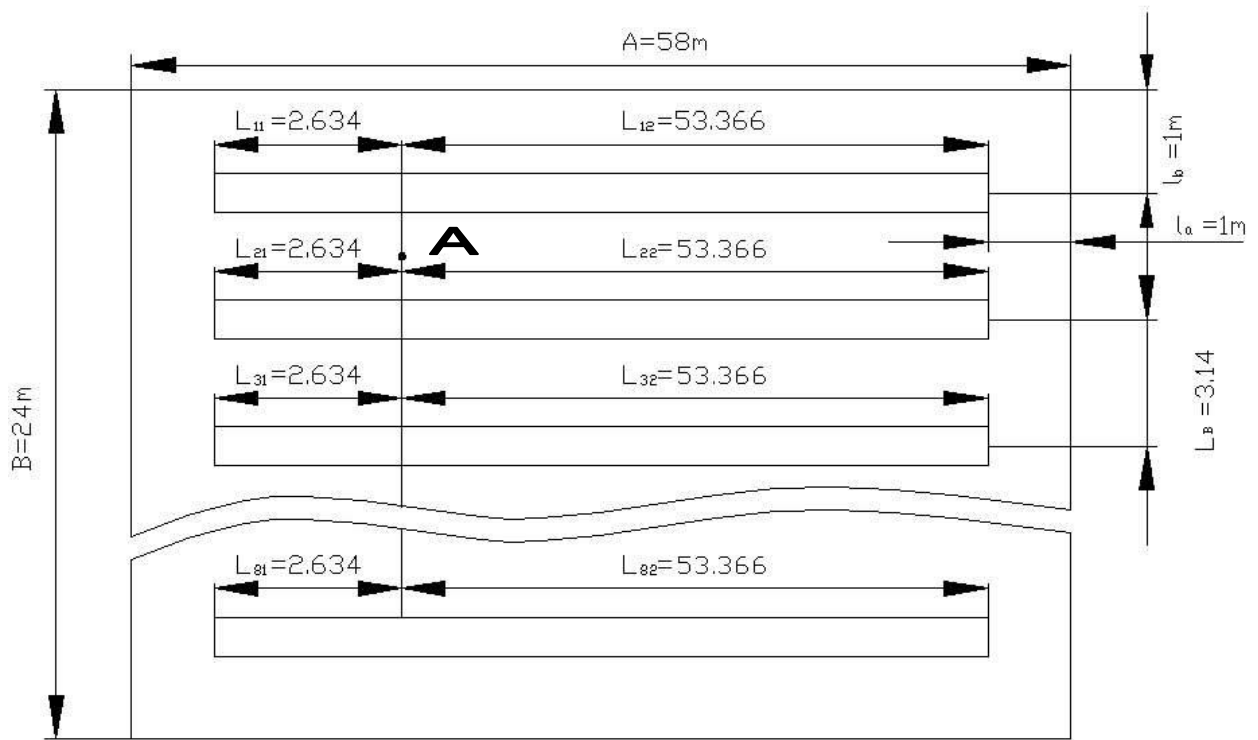


Рис. 8 – План приміщення №1

3. Визначаємо довжини напіврядів і відстань від контрольної точки до проекції рядів на робочу поверхню (Рис. 8).

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

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

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

$$P_8=20,41 \text{ м;}$$

4. Визначаємо приведені розміри:

$$L'_{11}=L'_{21}=\dots=L'_{81}=\frac{L_{11}}{H_p}=\frac{2,634}{2,634}=1 \quad (55)$$

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

Приймаємо  $L'_{12}=4$

$$P'_1=P'_2=\frac{P_{1,2}}{H_p}=\frac{1,57}{2,634}=0,6; \quad (56)$$

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

$$P'_4=\frac{P_4}{H_p}=\frac{7,85}{2,634}=2,98;$$

$$P'_5=\frac{P_5}{H_p}=\frac{10,99}{2,634}=4,17;$$

$$P'_6=\frac{P_6}{H_p}=\frac{14,13}{2,634}=5,36;$$

$$P'_7=\frac{P_7}{H_p}=\frac{17,27}{2,634}=6,56;$$

$$P'_8=\frac{P_8}{H_p}=\frac{20,41}{2,634}=8,63;$$

									ДП 2023 141	Арк.
										45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

По лінійним ізолюксам для світильників з ЛЛ и КСС типу Д-2 (рис.3.10 /7/) визначаємо умовну освітленість у контрольній точці від всіх 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 у контрольній точки

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

5. Визначаємо розрахункове значення лінійної густини світлового потоку

$$\Phi'_p = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_3 \cdot H_p}{\mu \cdot \sum e} = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,3 \cdot 2,634}{1,2 \cdot 285,5} = 749,6 \text{ лм} \cdot \text{м}^{-1} \quad (57)$$

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

$K_3$  – коефіцієнт запасу;

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

6. Вибираємо тип джерела світла (табл. П.3.33 /7/) залежно від характеристики зорової роботи - робота з ахроматичними об'єктами з освітленістю менше 150 лк. Приймаємо лампу типу ЛБ і з огляду на потужність світильника, остаточно – ЛБ – 40. По табл. П.2.7, потік лампи  $\Phi_{л}=3200$  лм.

7. Кількість світильників у ряді, що світиться, довжиною

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

$$N_1 = \frac{\Phi_p \cdot L_p}{n_c \cdot \Phi_{л}} = \frac{749,6 \cdot 56}{1 \cdot 3200} = 13,11 \quad (58)$$

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

$L_p$  – довжина ряду, що світиться, м

Приймаємо  $N_1=14$ .

8. Відстань між світильниками в ряді, попередньо визначивши довжину світильника по табл. П.3.3  $l_c=1,625$ м,

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

						ДП 2023 141	Арк.
							46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

9. Перевіряємо розташування світильників у ряді з урахуванням вимог рівномірності:

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

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

Вимога рівномірності виконана. 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 у приміщеннях.

Приміщення №2.

1. Визначаємо залежно від матеріалу і фарбування поверхонь коефіцієнти відбиття (табл.П.3.22 /7/) стелі:  $\rho_{\text{п}}=50\%$ , стін:  $\rho_{\text{с}}=30\%$ , робочей поверхні:  $\rho_{\text{р}}=10\%$ .

2. Індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{20,5 \cdot 4}{2,668 \cdot (20,5 + 4)} = 1,25 \quad (59)$$

3. По КСС світильника Д-3, індексу приміщення  $i=1,25$  і коефіцієнтам відбиття поверхонь  $\rho_{\text{п}}=50\%$ ,  $\rho_{\text{с}}=30\%$ ,  $\rho_{\text{р}}=10\%$  визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку в нижню:  $\eta_1=64\%$  (табл.П.3.23), - і в верхню:  $\eta_2=24\%$  (табл. П.3.25 /7/), - півсфери. В табл.П.3.1 знаходимо ККД в нижню ( $\eta_{\text{н}}=67\%$ ) і в верхню ( $\eta_{\text{в}}=0\%$ ) півсфери. Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_{\text{н}} + \eta_2 \cdot \eta_{\text{в}} = 0,64 \cdot 0,67 + 0,24 \cdot 0 = 0,43$$

4. Розрахункове значення потоку лампи.

$$\Phi_p = \frac{E_n \cdot K_z \cdot S \cdot z}{n_c \cdot N_{\Sigma} \cdot \eta} \quad (60)$$

де  $S$  – площа освітлюваного приміщення,  $\text{м}^2$ .

									ДП 2023 141	Арк.
										47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

$\eta$  – 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  $\Phi_{л}=2100$  лм, яка відповідає вимогам  $0,9 \cdot \Phi_p \leq \Phi_{л} \leq 1,2 \cdot \Phi_p$ :

$$0,9 \cdot 2101,6 \leq \Phi_{л} \leq 1,2 \cdot 2101,6$$

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

6. Перевіряємо можливість установки лампи у світильники:

$$P_{л} \leq P_{\text{свет}} \quad (61)$$

де  $P_{л}$  – потужність лампи, Вт.

$P_{\text{свет}}$  – допустима потужність лампи у 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 істотні затінення робочих поверхонь, наприклад, допоміжних і складських приміщень, комор, коридорів і т.п.

Приміщення №3.

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

2. Табличне значення питомої потужності (табл. П.3.19 /7/), визначають по кривій сили світла світильника, розрахунковій висоті підвісу і площі приміщення (для подовжених приміщень, коли  $A > 2,5B$ , табличну питому потужність знаходять для умовної площі  $2B^2$ )

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ДП 2023 141

$$P_{\text{п}}^{\tau}=20,8 \text{ Вт/м}^2.$$

3. Визначаємо залежно від матеріалу і фарбування поверхонь коефіцієнти відбиття стелі:  $\rho_{\text{п}}=50\%$ , стін:  $\rho_{\text{с}}=30\%$ , робочої поверхні:  $\rho_{\text{р}}=10\%$  (табл. П.3.22 /7/).

4. Обчислюємо поправочні коефіцієнти:

$$K_1 = \frac{K_3^{\text{реал}}}{K_3^{\text{табл}}} = \frac{1,15}{1,3} = 0,88 \quad (62)$$

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

$K_3^{\text{реал}} = 1,15$  – реальне значення коефіцієнта запасу освітлювальної установки (табл.2);

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

$K_2$  – коефіцієнт приведення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщення до табличного значення;

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

Розрахункове значення питомої потужності:

$$P_{\text{уд}} = \frac{P_{\text{уд}}^{\tau} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_4 \cdot E_{\text{н}}}{100} = \frac{20,8 \cdot 0,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 50}{100} = 9,2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^2 \quad (63)$$

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

5. Розрахункове значення потужності лампи:

$$P_{\text{р}} = \frac{P_{\text{уд}} \cdot S \cdot \eta}{N_{\Sigma} \cdot n_{\text{с}}} = \frac{9,2 \cdot 25 \cdot 0,67}{10 \cdot 1} = 51,78 \text{ Вт} \quad (64)$$

6. Підбираємо потужність лампи з урахуванням вимог (табл. П.2.6 /7/):

$$0,9P_{\text{р}} \leq P_{\text{л}} \leq 1,2P_{\text{р}}$$

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

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

Вибираємо лампу БК 230...240–60

7. Перевіряємо можливість установки лампи у світильник:

										ДП 2023 141	Арк.
											49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$P_{л} \leq P_{свет}$$

$$P_{л}=60 \text{ Вт} \leq P_{свет}=100 \text{ Вт} .$$

Результати розрахунку наведені на плані приміщення.

### **Складання світлотехнічної відомості**

Після розрахунку всіх приміщень будинку складається світлотехнічна відомість об'єкта. У ній зведені всі дані, що використовувалися для проектування освітлювальної установки, а так само остаточні рішення на вибір освітлювальних приладів і джерел світла. Світлотехнічна відомість наведена в табл. 14.

### **Розрахунок електричних мереж освітлювальних установок**

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

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

Живильні лінії звичайно виконують пятипровідними (трифазними), а групові - трьох- і чотирьохпровідними залежно від навантаження і довгі.

Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної небезпеки. ПУЕ 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 частин (для світильників з люмінесцентними лампами).

Кількість групових щитків освітлювальної установки визначають, виходячи з розмірів будинку і рекомендуємої протяжності групових ліній. Приймають довжину чотирьохпровідних трифазних групових ліній напругою

										ДП 2023 141	Арк.
											50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

380/220 В рівної 80 м, напругою - 220/127 В - 60 м і, відповідно, двохпровідних однофазних - рівної 35 м і 25 м. Однофазні групові лінії доцільно застосовувати в невеликих конторах, а також у середніх приміщеннях при установці в них світильників з лампами розжарювання потужністю до 200 Вт і з люмінесцентними лампами. Застосування трифазних групових ліній економічно в більших приміщеннях (пташниках, корівниках і т.д.), освітлюваних як лампами розжарювання, так і газорозрядними лампами.

Орієнтовну кількість групових щитків можна визначити по формулі:

$$n_{щ} = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2r} \quad (65)$$

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

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

$r$  – рекомендована протяжність групової лінії, м.

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

$$x_{ц} = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i}; \quad y_{ц} = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i} \quad (66)$$

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

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

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

При виборі місця установки групових освітлювальних щитків ураховують також і те, що групові щитки, призначені для керування джерелами оптичного випромінювання, встановлюють у місцях, зручних для обслуговування: проходах, коридорах і на сходових клітках. Щитки, що мають відмикаючі апарати встановлюють на доступній для обслуговування висоті (1,8...2,0 м від підлоги).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

При компоюванні внутрішніх мереж світильники поєднують у групи так, щоб на одну фазу групи доводилося не більше 20 ламп розжирювання, ДРЛ, ДРН, ДНаТ і розеток або 50 люмінесцентних ламп.

Освітлювальні щитки вибирають залежно від кількості груп, схеми з'єднання, апаратів керування і захисту, а також за умовами середовища, у яких вони будуть працювати. Залежно 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, що повинна бути не тільки найкоротшою, але й найбільш зручною для монтажу й обслуговування. Прокладка мережі по геометрично найкоротших трасах практично неможлива або недоцільна із причин конструктивного й технологічного характеру. Трасу відкритої проводки, як по конструктивним, так і по естетичним міркуванням намічають паралельно й перпендикулярно основним площинам приміщень. Тільки при схованій проводці на горизонтальних площинах можна застосовувати прямолінійне трасування між фіксованими точками мережі.

Обрані траси живильних і групових ліній, місця установки групових щитків, світильників, вимикачів і розеток наносять на план приміщення відповідно до умовних позначень, прийнятим в ГОСТ 21.608 - 84 і ГОСТ 2.754 - 72.

Обчислюємо необхідну кількість групових щитків по формулі:

$$n_{\text{ш}} = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2r} = \frac{\sqrt{60^2 + 24^2}}{2 \cdot 80} = 0,4 \quad (67)$$

Приймаємо один щиток. Для визначення місця його установки розраховуємо координати центра електричного навантаження. Виходячи з кількості світильників і потужності ламп, у кожному приміщенні визначаємо встановлену потужність по формулі:

$$P_i = N_{1i} \cdot N_{2i} \cdot n_{ci} \cdot P_{ли} \quad (68)$$

									ДП 2023 141	Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

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

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

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

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

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

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

Прийнявши, що навантаження кожного приміщення зосереджене в центрі, і побудувавши осі координат, визначимо координати центрів всіх приміщень, враховуючи лівий нижній кут початком координат. Дані заносимо в табл. 15.

Таблиця 15 – Визначення координат центра навантажень

№ по плану	Найменування приміщення	$P_{\text{уст}}, \text{кВт}$	X, см	У, см
1	Приміщення для птаха	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	Убиральня	0,025	10,25	23,525
6	Тамбур	0,025	7,825	1,25
7	Венткамера	0,08	72,5	12,5

Визначаємо координати центра електричних навантажень усього будинку по формулі: (66)

$$x_{\text{ц}} = \frac{6,72 \cdot 40,519 + 1,08 \cdot 9,019 + 0,6 \cdot 71,769 + 0,08 \cdot 5,019 + 0,025 \cdot 10,25 + 0,025 \cdot 7,825 + 0,08 \cdot 72,5}{6,72 + 1,08 + 0,6 + 0,08 + 0,025 + 0,025 + 0,08} = 38,21 \text{см};$$

$$y_{\text{ц}} = \frac{6,72 \cdot 12,5 + 1,08 \cdot 12,275 + 0,6 \cdot 12,5 + 0,08 \cdot 12,5 + 0,025 \cdot 23,525 + 0,025 \cdot 1,25 + 0,08 \cdot 12,5}{6,72 + 1,08 + 0,6 + 0,08 + 0,025 + 0,025 + 0,08} = 12,47 \text{см}.$$

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

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

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$n = \frac{N_{л.н}}{20} + \frac{N_{л.л}}{50} = \frac{23}{20} + \frac{0}{50} = 1,15$$

Для зручності керування освітленням у різних половинах будинку приймаємо п'ять груп. Вибираємо з /7/ табл. П.5.2 груповий щиток ЯРН 8501-4217 із трьома триполюсними й з дев'ятьма однополюсними автоматичними вимикачами. На плані будинку намічаємо траси прокладки мереж, місця установки вимикачів, позначаємо, номери груп і приводимо дані світильників.

При проектуванні сільськогосподарських об'єктів використовують наступні способи прокладки електропроводок: на тросі; на лотках і в коробах; у пластмасових і сталевих трубах; металевих і гнучких гумовотехнічних рукавах; у каналах будівельних конструкцій; проводами і кабелем по будівельних підставах і конструкціям (ОСТ 70.004.0013 - 81). По категорії приміщення й умовам навколишнього середовища з табл. П.5.1 /7/ вибираємо кабель АВВГ.

Складаємо розрахункову схему мережі, на якій указуємо номери розрахункових крапок, довжини ділянок і приєднані потужності. Потужності рівномірно розподіленого навантаження заміняємо рівнодіючої прикладеної в центрі цих навантажень.

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

Приймаємо припустимі втрати напруги  $\Delta U = 2,5\%$  і коефіцієнт попиту  $K_{п}=1$  П.5.5 /7/.

Тоді розрахункове значення перерізу провідника на ділянці:

$$S = \frac{\Sigma M + \Sigma \alpha \cdot m}{C \cdot \Delta U} \quad (69)$$

де  $\Sigma M = \Sigma P \cdot l$  – сума моментів, що розраховується й всіх наступних ділянок з тим же числом проводів, що й у розрахункового, кВт·м;

										ДП 2023 141	Арк.
											55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							





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

З урахуванням механічної міцності приймаємо найближчий, стандартний більший 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 прийнятий переріз на нагрівання. 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 інших 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 більший переріз  $S_{2-4}=2,5 \text{ мм}^2$ .

По розрахунковому струму вибираємо уставку захисного апарата, встановленого в розподільному щиті. Приймаємо  $I_b \geq I_p = 3,1 \text{ А}$ . Знаходимо найближчий номінальний струм розщеплювача автоматичного вимикача  $I_b=6 \text{ А}$ .

Перевіряємо обраний переріз на відповідність уставці захисного апарата з табл. 5.1 /7/ приймаємо  $\beta=1,0$

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

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

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

										Арк.
										58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



Так як всі інші ділянки лінії менш протяжні і менш завантажені, то розрахунок перерізу проводів не проводимо. Приймаємо переріз проводів по механічній міцності 2,5 мм<sup>2</sup>.

Визначаємо дійсну втрату напруги в 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.

### 3.6. Визначення електричного навантаження на ввіді в приміщення

Розрахункова потужність - це основна величина при розрахунку електричних навантажень будинків, споруд.

При розрахунку електричних навантажень скористаємося методом технологічного графіка. Ми можемо використовувати цей метод, тому що наш об'єкт є сільськогосподарським об'єктом, де технологічний процес здійснюється строго за часом, тобто витримується ритмічність виробництва, а даний метод дає найбільш точний результат. Сутність методу полягає в побудові добового графіка навантажень.

Для групи електроприймачів під розрахунковою потужністю розуміють таке незмінне навантаження яка еквівалентна фактично не змінюється в часі

										Арк.
										60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2023 141

навантаженню, групи ЕП по найбільшому можливому тепловому впливі на елементи системи електропостачання. При цьому за  $P_p$  приймається максимальна з можливих навантажень із тривалістю дії рівної півгодинному максимуму.

Проводимо аналіз наявних електроприймачів, всі параметри і час роботи заносимо в табл. 16.

Таблиця 16 – Добовий технологічний графік устаткування

№ п/п	Наименование операций	Робоча машина	Кількість	$P_{\text{усь}}$ , кВт	$\eta$ , %	$K_3$	$P_p$ , кВт	Тривалість роботи, год.
1	Вентиляція	ВЦ6,3–100	2	1,5	0,76	0,7	1,38	авт.
2	Роздача корму	БСК–10	2	0,55	0,685	0,5	0,4	авт.
		РТШ–2	2	0,55	0,685	0,5	0,4	авт.
3	Ел. освітлення	Люмінесцентні лампи	—	4,48	0,85	1	5,27	16
		Лампи розжарювання	—	1,71	1	1	1,71	16
4	Навозоудалення	Поперечний транспортер	1	4	0,85	0,5	2,35	0,2
		Поздовжній транспортер	4	1,5	0,78	0,5	0,96	0,2
		Похилий транспортер	1	0,37	0,68	0,5	0,27	0,2

Приймаємо допущення: електроприймачі працюючи в автоматичному режимі умовно працюють постійно. Побудова графіка починається з постійно діючих навантажень, а подальша побудова з найбільш тривалих.

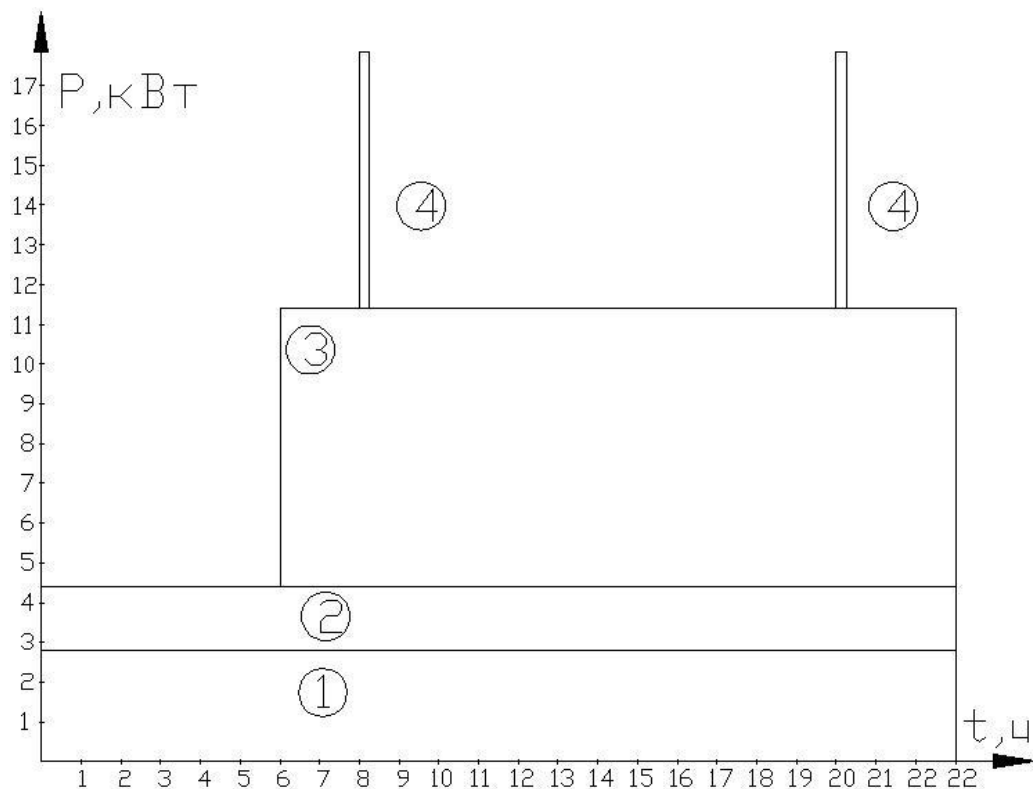


Рис. 10 – Добовий графік навантажень

1. Вентиляція
2. Роздача корму
3. Електроосвітлення
4. Навозовидалення

Із графіка видно що, максимальна потужність рівняється  $P_p=17,85$  кВт і триває п'ятнадцять хвилин. Це не є явно вираженим максимумом, тому розрахункову потужність визначаємо по формулі:

$$P_p = \sum_1^n \frac{P_y \cdot K_3}{\eta} + \sum_1^m \frac{P_y^1 \cdot K_3 \cdot t}{\eta \cdot 0,5} \quad (73)$$

де  $P_y$  – установлена потужність електроприймачів працюючих більше 0,5 години під час очікуваного максимуму.

$P_y^1$  – установлена потужність електроприймачів працюючих менше 0,5 години під час очікуваного максимуму.

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

$K_3$  – коефіцієнт завантаження групи.

					ДП 2023 141	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Коефіцієнт потужності розраховується по формулі:

$$\cos \varphi = \frac{\sum \cos \varphi_i \cdot P_i}{\sum P_i} \quad (74)$$

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

Повна потужність визначається в такий спосіб:

$$S = \frac{P_p}{\cos \varphi} = \frac{15,02}{0,81} = 18,54 \text{ кВА} \quad (75)$$

Розрахунковий струм лінії вводу:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{15,02}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,81} = 28,21 \text{ А} \quad (76)$$

					ДП 2023 141	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4. СПЕЦПИТАННЯ: «РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ ОПАЛЮВАЛЬНО-ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ»

### 4.1. Характеристика приміщення проектування

Об'єктом проектування є пташник на 4160 бройлерів з напольним утриманням розмірами 72х24 м.

Конструкція будівлі виконана на бетонному фундаменті, що 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 керамічну пустотну цеглу шириною 120 мм;

Перекрыття – хвилясті азбестоцементні плити – 5 мм, засипання із 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 – 30мм, теплоізоляційний керамзитобетонний шар – 80 мм, підстиляючий гравійний шар – 120 мм.

Зовнішні двері й ворота – дошка соснова – 50 мм, мати мінераловатні – 15 мм.

Пташник розташований у Свалявському районі Закарпатської області. Використовуваний теплоносій – гаряча вода з параметрами 95 – 70 °С.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ільтьо Р.М.			4. Спецпитання «Розробка енергозберігаючої опалювально-вентиляційної системи»	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко В.Е.					64	
Н. Контр.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск			
Затверд.		Балюта С.М.						







$n$  – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні стосовно зовнішнього повітря.

У якості розрахункової температури зовнішнього повітря приймають залежно від теплової інерції  $D$  зовнішнього огородження /12/:

$$D = \sum_{i=1}^n R_i S_i, \quad (82)$$

де  $S_i$  – розрахунковий коефіцієнт теплосприймання матеріалу окремих шарів обгороджуючої конструкції, Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ).

- для зовнішніх стін:

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

У якості розрахункової температури зовнішнього повітря приймаємо середню температуру найбільш холодних трьох діб.  $t_3 = -24$  °С.

Нормативний температурний перепад між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею обгороджуючої конструкції, приймаємо, виходячи з типу приміщення. Для виробничих приміщень із вологим режимом:

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

Температуру точки роси  $t_P$  приймаємо з діаграми вологого повітря при  $t_{II} = 16$  °С і  $\varphi = 70\%$ .  $t_P = 10$  °С.

Коефіцієнт  $n$  визначаємо по його нормованих значеннях:  $n = 1$

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

- для покриттів і перекриттів:

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

У якості розрахункової температури зовнішнього повітря приймаємо середню температуру найбільш холодних трьох діб.  $t_3 = -26$  °С.

Нормальний температурний перепад між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею обгороджуючої конструкції:

									ДП 2023 141	Арк.
										68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

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

- 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 повинний бути не менше 60% від  $R_0^{TP}$  зовнішніх стін при розрахунковій температурі зовнішнього повітря, рівній середній температурі найбільш холодній п'ятиденці. Але для зовнішніх огорожень тваринницьких приміщень із тепловою інерцією менше 1,5 рекомендується використовувати в якості розрахункової середню температуру найбільш холодної доби. У якості розрахункової температури зовнішнього повітря приймаємо середню температуру найбільш холодних п'яти діб.  $t_3 = -22^\circ\text{C}$ .

Нормальний температурний перепад між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею обгороджуючої конструкції:

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

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

Виходячи з того, що розрахунковий опір теплопередачі повинний бути не менше ніж необхідний, перевіряємо дотримання санітарно-гігієнічних норм:

- для зовнішніх стін:  $1,15 > 0,77$  – задовольняє нормам;
- для покриттів і перекриттів:  $1,81 > 1,01$  – задовольняє;
- для зовнішніх дверей  $0,69 > 0,44 = 60\%$  від  $0,73$ .

Робимо висновок про те, що розрахункові термічні опори обгороджуючих конструкцій задовольняють санітарно-гігієнічним нормам.

*Розрахунок площі окремих зон підлоги:*

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

									ДП 2023 141	Арк.
										69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

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

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

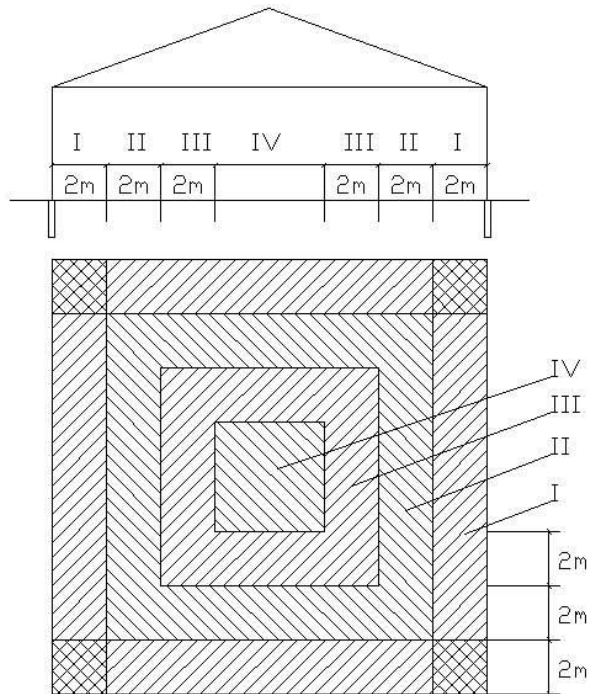


Рис. 11. Правила вимірювання зовнішніх огорожень (підлоги)

Тепловтрати через підлоги розраховують, розбиваючи підлогу на зони-смуги, паралельні зовнішнім стінам. Перші три смуги мають ширину 2м, а вся інша частина становить четверту зону. Площа ділянок підлоги, що примикають до кутів зовнішніх стін, ураховують у першій зоні двічі (мал. 11).

Теплові потоки тепловтрат через обгороджуючі конструкції визначають окремо для кожної конструкції, а потім підсумують отримані значення.

Тепловий потік  $\Phi_{III}$  тепловтрат розраховують із округленням до 10 Вт, по формулі:

$$\Phi_{III} = \frac{A}{R_0} (t_B - t_{3,0}) \left( 1 + \sum_{i=1}^n \beta_i \right) n, \quad (83)$$

де  $A$  – площа обгороджуючої конструкції, м<sup>2</sup>;

$R_0$  – термічний опір теплопередачі, м<sup>2</sup>·К/Вт;

									ДП 2023 141	Арк.
										70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$t_B$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;

$t_{3.0}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря (середня температура найбільш холодних п'ятиденок), °С;

$\beta_i$  – додаткові втрати теплоти в частках від основних втрат;

$n$  – коефіцієнт обліку положення зовнішньої поверхні стосовно зовнішнього повітря;

Розраховуємо теплові потоки тепловтрат:

- через зовнішні стіни (ЗС).

Згідно із правилами обмірювання, розраховуємо площі зовнішніх стін.

Площа однієї стіни:  $A_c = A_{zc} - A_e$

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

$A_e = A_{I\text{про}} \cdot n_e$  – площа вікон ( $A_{I\text{про}}, n_e$  – площа одного вікна, кількість вікон);

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

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

Приймаємо додаткові втрати:

- для стін обернених на північ – 0,1;

- для стін обернених на схід – 0,1;

- для стін обернених на захід – 0,05;

Результати розрахунків заносимо в табл. 20.

					ДП 2023 141	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 20. Розрахунки тепловтрат через зовнішні огороження

Номер приміщення	Найменування приміщення	°С	Характеристики огорожень					(tв-tз.оп, °С)	Частки додаткових тепловтрат на орієнтацію	1+Σβ	Ф <sub>тп</sub> , Вт
			Найменування	Орієнтація	ахв, м	А, м <sup>2</sup>	R <sub>о</sub> , Вт/м <sup>2</sup> ·К				
1	Приміщення для птахів	16	НС	Пн	58х3,6	208,8	1,15	38	0,1	1,1	7724
			НС	Пд	58х3,6	208,8	1,15	38	—	1	6899
			НС	Зх	15х3,6+1,2х12	68,4	1,15	38	0,05	1,05	2136
			НС	Сх	24х3,6+1,2х12	100,8	1,15	38	0,1	1,1	3297
			ПТ	—	(12,06х58)·2	1399	1,81	38	—	1	29371
			ПЛ 1	—	—	328	2,25	38	—	1	5540
			ПЛ 2	—	—	280	4,45	38	—	1	2391
			ПЛ 3	—	—	248	8,75	38	—	1	1077
			ПЛ 4	—	—	552	14,35	38	—	1	1462
Σ Ф <sub>тп</sub>										59762	

Для розрахунків теплоповітряного режиму визначаємо норми виділення теплоти, вологи, СО<sub>2</sub> і заносимо в табл. 21.

Таблиця 21. Норми виділення теплоти, вологи, СО<sub>2</sub>

Групи тварин	Жива маса, кг	Тепловий потік тепловиділень, Вт		Вологовиділення, г/год	Виділення СО <sub>2</sub> , л/год
		повних	явних		
Кури м'ясних порід	3	25,47	17,73	11,25	4,32

Випишемо температурні коефіцієнти і у табл. 22 для внутрішньої температури приміщення (періоди: холодний, перехідний, теплий).

Таблиця 22. Температурні коефіцієнти

Період	t, °С	Температурні коефіцієнти			
		Тепловиділень		Вологовиділень	Виділень СО <sub>2</sub>
		повних	явних		
Холодний	16	1	1	1	1
Перехідний	16	1	1	1	1
Теплий	31,4	1,24	1,15	1,32	1,32

### Холодний період року

Здійснюємо розрахунок теплового режиму тваринницького приміщення для холодного періоду року.

Тепловий потік явних тепловиділень, кВт:

$$\Phi_{TB} = K_t' q n \cdot 10^{-3}, \quad (84)$$

де  $K_t'$  – температурний коефіцієнт явних тепловиділень;

$q$  – тепловий потік явних тепловиділень однією твариною;

$n$  – число голів.

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

Вологовиділення тваринами, г/год:

$$W_{TB} = K_t'' W n, \quad (85)$$

де  $K_t''$  – температурний коефіцієнт вологовиділення;

$W$  – вологовиділення однією твариною, г/год.

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

Вологовиділення з відкритих поверхонь:

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

Сумарні вологовиділення:

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

Кількість вуглекислого газу, виділюваного тваринами, л/год:

$$V_{CO_2} = K_t''' V_{CO_2}' n, \quad (86)$$

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

$V_{CO_2}'$  – кількість вуглекислого газу, виділюваного однією твариною, л/год;

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

Тепловий потік повних тепловиділень, кВт:

									ДП 2023 141	Арк.
										73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\Phi_0 = K_t''' q_0 n \cdot 10^{-3}, \quad (87)$$

де  $q_0$  – тепловий потік повних тепловиділень однією твариною, Вт;

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

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

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_{OCB} - \Phi_{T.П.} \quad (88)$$

Тепловий потік від електроосвітлення:

$$\Phi_{OCB} = \alpha \cdot N_{осв} \quad (89)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує вид і арматури освітлювальних приладів  $\alpha=0,9$  для люмінесцентних відкритих ламп;

$N_{осв}$  – потужність установлених освітлювальних приладів, кВт;

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

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

Кутовий коефіцієнт  $\varepsilon$  для холодного періоду, кДж/кг, рівний:

$$\varepsilon = 3600 \frac{\Phi}{W}, \quad (90)$$

де  $W$  – сумарні вологовиділення в приміщенні, кг/год:

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

### **Перехідний період**

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

$$\Phi_{II} = \Phi_0^{II} + \Phi_{OCB} - \Phi_{T.П.}^{II}, \quad (91)$$

де  $\Phi_0^{II}$  – тепловий потік повних тепловиділень тваринами в перехідний період, кВт;

$\Phi_{II}^{T.П.}$  – тепловий потік тепловтрат через обгороджуючі конструкції в перехідний період, кВт:

										ДП 2023 141	Арк.
											74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$\Phi_{T.П.}^{II} = \Phi_{T.П.} \cdot \frac{t_B^{II} - t_3^{II}}{t_B - t_{3.0}}, \quad (92)$$

де  $t_B^{II}$  і  $t_3^{II}$  – розрахункові температури внутрішнього і зовнішнього повітря в перехідний період року, °С;

Сумарні вологовиділення:

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

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

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

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

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

$$\varepsilon = 3600 \frac{\Phi_{II}}{W}, \quad (93)$$

де  $W$  – сума вологовиділень у приміщенні, кг/год:

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

### **Теплий період**

Аналогічним чином розраховуємо теплий період.

$$\Phi_O^T = K_t''' q_0 n \cdot 10^{-3}$$

$$\Phi_O^T = 1,32 \cdot 17,73 \cdot 4160 \cdot 10^{-3} = 97,36 \text{ кВт}$$

$$W_{TB} = K_t'' W n \quad (94)$$

$$W_{TB} = 1,32 \cdot 11,25 \cdot 4160 \cdot 10^{-3} = 61,78 \text{ кг/год.}$$

$$W_T = W_{TB} + W_B = 61,78 + 0,3 \cdot 61,78 = 80,31 \text{ кг/год.}$$

$$V_{CO_2} = 1,32 \cdot 4,32 \cdot 4160 = 23722 \text{ л/год.}$$

Тепловий потік теплонадлишків:

$$\Phi_T = \Phi_O^T + \Phi_{OCB} + \Phi_{C.P.}, \quad (95)$$

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

										ДП 2023 141	Арк.
											75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$\Phi_{c.p.} = \Phi'_{c.p.} + \Phi''_{c.p.} + \Phi'''_{c.p.}, \quad (96)$$

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

$\Phi''_{c.p.}$  – тепловий потік через заскління, Вт;

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

$$\Phi'_{c.p.} = \frac{A_n}{R_0} \Delta t_c, \quad (97)$$

де  $A_n$  – площа покриття, м<sup>2</sup>;

$R_0$  – термічний опір покриття, м<sup>2</sup> К/Вт;

$\Delta t_c$  – надлишкова різниця температур, °С;

Для покрівлі зі світлого матеріалу приймаємо:  $\Delta t_c = 14,9$  °С;

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

Так як заскління нема, то  $\Phi''_{c.p.} = 0$ .

$$\Phi'''_{c.p.} = \frac{A_c}{R_0} \Delta t_c, \quad (98)$$

де  $A_c$  – площа стіни, м<sup>2</sup>;

$R_0$  – термічний опір стіни, м<sup>2</sup> К/Вт;

$\Delta t_c$  – надлишкова різниця температур, °С;

Виходячи з орієнтації стін приймаємо:

$$\Delta t_c \text{ (Пд)} = 8,9 \text{ °С};$$

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

Отримаємо:

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

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

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

$$\varepsilon = 3600 \frac{\Phi_T}{W}, \quad (99)$$

де  $W$  – сума вологовиділень у приміщенні, кг/год:

									ДП 2023 141	Арк.
										76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

## Розрахунок повітрообміну

### Холодний період

Розрахунки вентиляційного повітря  $L_v$ , м<sup>3</sup>/год, у холодний період року визначають із умови видалення:

- водяних парів:

$$L_B = \frac{W}{\rho(d_B - d_3)}, \quad (100)$$

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

$\rho$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>;

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

$d_3 = 0,3$  г/кг,  $d_B = 8,3$  г/кг – з hd – діаграми /12/;

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

- вуглекислого газу:

$$L_B = \frac{V_{CO_2}}{C_B - C_3}, \quad (101)$$

де  $V_{CO_2}$  – витрата вуглекислого газу, виділюваного тваринами в приміщенні, г/год,

$$V_{CO_2} = 17971,2 \text{ л/год};$$

$C_B$  – ГДК вуглекислого газу в приміщенні,  $C_B = 2,5$  л/м<sup>3</sup>;

$C_3$  – концентрація вуглекислого газу в зовнішньому, припливному повітрі,

$$C_3 = 0,4 \text{ л/м}^3;$$

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

Розраховуємо витрату вентиляційного повітря виходячи з норми мінімального повітрообміну:

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

$$L_B = lm, \quad (102)$$

де  $l$  – норма мінімального повітрообміну на 1 центнер живої маси,  $l = 75 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$m$  – жива маса тварин,  $m = 124,8 \text{ ц}$ ;

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

Приймаємо витрату вентиляційного повітря в зимовий період:

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

### **Перехідний період**

Розрахунок повторює холодний період, але

$$d_B = d_3 + 1020 \frac{t_B - t_3}{\varepsilon - 2500}, \quad (103)$$

де  $t_B$  і  $t_3$  – температури внутрішнього і зовнішнього повітря, °С;

$\varepsilon$  – кутовий коефіцієнт, кДж/кг;

$d_3 = 8,3 \text{ г/кг}$ , – з hd - діаграми;

$$d_B = 8,3 + 1020 \frac{16 - 8}{6811,59 - 2500} = 10,19 \text{ г/кг}.$$

- водяних парів:

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

- 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 із цього приймаємо витрату вентиляційного повітря як і в зимовий період:  $L_B = 9360 \text{ м}^3/\text{год}$ .

### **Теплий період**

Розраховуємо аналогічно холодному періоду.

Розрахунки вентиляційного повітря  $L_v$ ,  $\text{м}^3/\text{год}$ , у теплий період року визначають із умови видалення вологовиділень:

										Арк.
										78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$d_3 = 11,6 \text{ г/кг} - \text{з hd - діаграми};$

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

$$L_B = \frac{80310}{1,2 \cdot (12,72 - 11,6)} = 59562,01 \text{ м}^3/\text{год}.$$

- вуглекислого газу:

$$L_B = \frac{23722}{2,5 - 0,4} = 11296,2 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розраховуємо витрату вентиляційного повітря виходячи з норми мінімального повітрообміну:

$$L_B = lm,$$

де  $l$  – норма мінімального повітрообміну на 1 центнер живої маси,  $l = 500 \text{ м}^3/\text{год};$

$m$  – жива маса тварин,  $m = 124,8 \text{ ц};$

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

Приймаємо витрату вентиляційного повітря в теплий період:

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

### 4.3. Вибір і проектування системи опалення та вентиляції

Конструкції ОВС для пташників з напольним і клітинним утриманням практично збігаються, тому в пташниках з напольним утриманням птахів не забезпечується оптимальний мікроклімат у зоні утримання.

Усунути відзначений недолік можна зниженням підвіски розподільних повітропроводів, устаткуванням металевих повітропроводів вузькими прямокутними повітровипускними отворами, застосуванням в ОВС повітронаправляючих пристроїв у вигляді пересувних стінок-екранів, які встановлюються уздовж приміщення між роздавальними повітропроводами. На рис. 12 приведена вдосконалена ОВС пташника з напольним утриманням.

										ДП 2023 141	Арк.
											79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



## Проектування системи ОВС

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

$$\Phi_{ОВС} = \Phi_{Т.П.} + \Phi_{В} + \Phi_{ВМП} - \Phi_{Ж} - \Phi_{ОСВ}, \quad (104)$$

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

$\Phi_{В}$  – тепловий потік на нагрівання вентиляційного повітря, кВт;

$\Phi_{ВМП}$  – тепловий потік на випарування вологи усередині приміщення, кВт;

$\Phi_{Ж}$  – тепловий потік явних тепловиділень тваринами, кВт;

$\Phi_{ОСВ}$  – тепловий потік від електроосвітлення (враховується в безвіконних приміщеннях), кВт;

$$\Phi_{Т.П.} = 50,23 \text{ кВт}$$

$$\Phi_{В} = 0,28C_p\rho_{П}L \cdot (t_{в} - t_{з}) \cdot 10^{-3}, \quad (105)$$

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

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

$t_{в}$ ,  $t_{з}$  – внутрішнього і зовнішнього повітря,

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

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

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

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

Розраховуємо температуру припливного повітря, °С:

$$t_{П} = t_{з.о.} + 3600 \frac{\Phi_{ОВС}}{C_p \rho_{П} L_{П}}, \text{ °С} \quad (106)$$

де  $t_{з.о.}$  – температура зовнішнього повітря,

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

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

Приймаємо масову швидкість у живому перерізі калорифера:

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

									ДП 2023 141	Арк.
										81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Обчислюємо необхідну площу живого перерізу  $f$  м<sup>2</sup>, для прохідного повітря:

$$f' = \frac{L\rho}{3600(\nu\rho)}, \quad (107)$$

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

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

Приймаємо до установки два калорифери КВСБ-ПУЗ із 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:

$$(\nu\rho) = \frac{\rho L}{3600 f'} = \frac{1,2 \cdot 4800}{2 \cdot 3600 \cdot 0,267} = 5,99 \text{ кг}/(\text{м} \cdot \text{с}^2) \quad (108)$$

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

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

Обчислюємо швидкість води в трубах:

$$\omega = \frac{\Phi_0}{C_w \rho_w (t_2 - t_0) f_T}, \quad (109)$$

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

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

$\Phi_0$  – теплова потужність ОВС.

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

$f_T$  – площа живого перерізу трубок, м<sup>2</sup>.

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

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

										ДП 2023 141	Арк.
											82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$k = a(v\rho)^n \omega^r, \quad (110)$$

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

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

$n, r$  – показники степеня ( $n = 0,35$ ;  $r = 0,13$ ) /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, м<sup>2</sup>:

$$A = \frac{\Phi_0 \cdot 10^3}{k(t_{cp} - t'_{cp})} \quad (111)$$

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

Визначаємо число калориферів:

$$n = \frac{A}{A_k}, \quad (112)$$

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

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

Приймаємо до установки калорифер КВСБ-ПУЗ із пластинчастим оребренням, вертикальним розташуванням трубок і різностороннім розміщенням трубок приєднання до трубопроводів теплоносія. Патрубок для відводу пари розміщуємо зверху, а для відводу конденсату – знизу.

Розраховуємо запас по поверхні теплообміну:

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

Що відповідає відповідним умовам.

									ДП 2023 141	Арк.
										83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Визначаємо аеродинамічний опір калориферної установки:

$$\Delta P = 1,1m\Delta P_k, \quad (113)$$

де  $m$  – число рядів калорифера;

$\Delta P_k$  – аеродинамічний опір калорифера, Па:

$$\Delta P_k = b(v\rho)^m, \quad (114)$$

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 довжиною, і проставляємо номери його ділянок, починаючи з периферійного. Потім у такий же спосіб нумеруємо ділянки відгалужень осі магістрального напрямку.

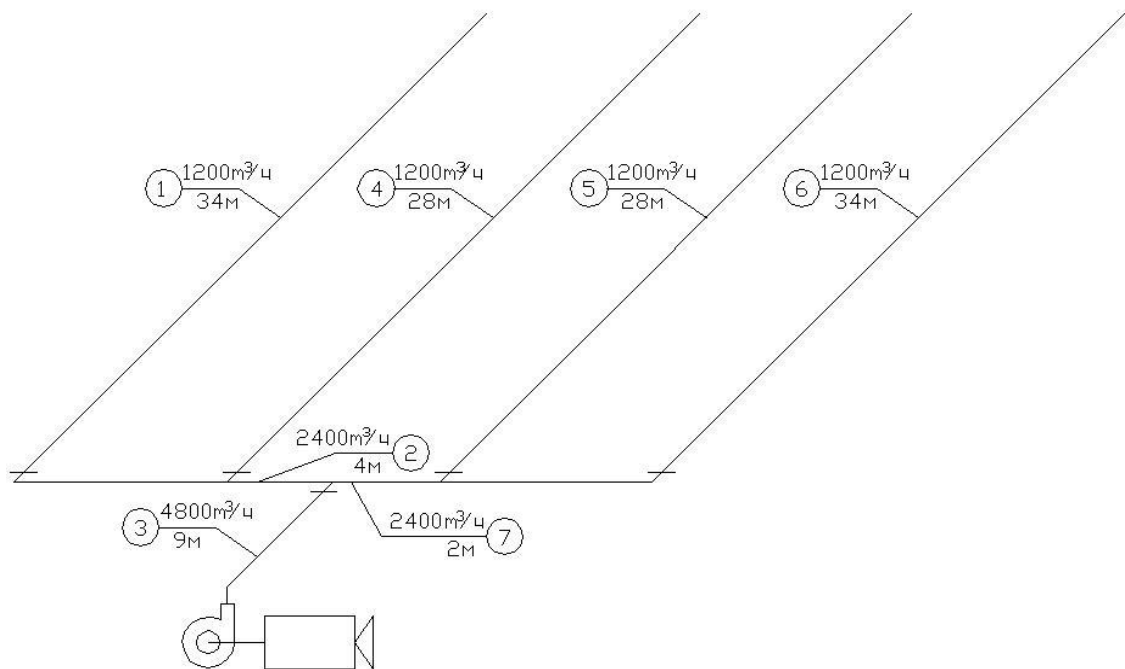


Рис. 13. Розрахункова схема повітропроводів

Розрахунок починаємо з першої ділянки, використовуємо перфоровані плівкові повітророзподільники. Вибираємо форму поперечного перерізу – кругле. Діаметр приймаємо залежно від швидкості та витрати повітря по номограмі.

									Арк.
									84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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

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

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

При цих параметрах розраховуємо в початковому і кінцевому перерізі динамічний тиск повітря:

$$P_{\text{д}} = \frac{\rho v^2}{2} = \frac{1,2 \cdot 6,5^2}{2} = 25,35 \text{ Па.} \quad (115)$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{v d}{\nu}, \quad (116)$$

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

$$\text{Re} = \frac{6,5 \cdot 0,25}{14,66 \cdot 10^{-6}} = 110845,8$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{k}{d} \right)^{0,25}, \quad (117)$$

де  $k$  – абсолютна шорсткість, приймаємо  $k = 0,01 \text{ мм}$ ;

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{68}{110845,8} + \frac{0,01 \cdot 10^{-3}}{0,25} \right)^{0,25} = 0,0176$$

Визначаємо коефіцієнт, що характеризує конструктивні особливості повітророзподільника:

$$a = 0,364 \frac{\lambda l}{d} = 0,364 \frac{0,0176 \cdot 28}{0,25} = 0,717 \quad (118)$$

$a < 0,73$ , що задовольняє допустимим вимогам, тобто забезпечує збільшення семантичного тиску повітря в міру наближення від початку до кінця повітророзподільника.

Установлюємо мінімально допустиму швидкість витікання повітря через отвір наприкінці повітророзподільника:

									ДП 2023 141	Арк.
										85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$v_{\partial} = 1,15 \cdot \mu \cdot v_n \sqrt{1-a}, \quad (119)$$

де  $\mu$  - коефіцієнт витрати,  $\mu = 0,65$ ;

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

Визначаємо коефіцієнт, що характеризує відношення швидкостей повітря:

$$b = \frac{\mu v}{v_{ок}}, \quad (120)$$

де  $v_{ок}$  - швидкість витікання повітря наприкінці повітророзподільника (приймаємо 6 м/с);

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

$$f_k = \frac{L}{3600 \cdot l \cdot v_{ок}} = \frac{1200}{3600 \cdot 28 \cdot 6} = 0,002 \quad (121)$$

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

По табл. 8.8 приймаємо як 1 ділянку.

Знаходимо площу отворів виконаних на одиницю довжини повітропроводу:

$$f_1 = f_k W_1, \quad (122)$$

де  $W_1$  - відносна площа повітровипускних отворів на ділянці.

$$W_1 = 1,07.$$

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

Визначаємо число рядів отворів:

$$m = \frac{f_1 l_1}{n f_o}, \quad (123)$$

де  $f_o$  - площа повітровипускних отворів,  $\text{м}^2$ ;

$n$  - число отворів в одному ряді;

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

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

										ДП 2023 141	Арк.
											86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

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 повітропроводу:

- наприкінці повітророзподільника:

$$P_{ст.к.} = \frac{1}{\mu^2} \frac{\rho v_{OK}^2}{2} = \frac{1}{0,65^2} \frac{1,2 \cdot 6^2}{2} = 51,12 \text{ Па} \quad (124)$$

- на початку повітророзподільника:

$$P_{ст.н.} = P_{ст.к.} - (1-a)P_{\partial} = 51,12 - (1-0,72) \cdot 25,35 = 43,95 \text{ Па} \quad (125)$$

Втрати тиску в повітророзподільнику:

$$\Delta P = P_{ст.к.} + P_{\partial} = 51,12 + 25,35 = 76,47 \text{ Па} \quad (126)$$

Розрахунки другої ділянки. Діаметр приймаємо залежно від швидкості та витрати повітря по номограмі /12/:

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

Визначаємо втрати тиску в результаті тертя по довжині ділянки:

$$\Delta P_m = K \cdot l, \quad (127)$$

де  $K$  – питомі втрати тиску на одиницю довжини повітропроводу, що визначаються по номограмі /12/;

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

у місцевих опорах:

$$\Delta P_m = \sum \xi \cdot P_{\partial} \quad (128)$$

де  $\xi$  – коефіцієнти місцевого опору;

$P_{\partial}$  – динамічний тиск повітря, Па, по формулі (115).

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

									ДП 2023 141	Арк.
										87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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

Загальні втрати тиску на ділянці:

$$\Delta P = \Delta P_m + \Delta P_M \quad (129)$$

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

Аналогічно розраховуємо інші ділянки, визначаємо загальні втрати по довжині магістрального напрямку і результати заносимо в табл. 23.

Таблиця 23. 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	$\Sigma \zeta$	$P_0$ , Па	$\Delta P_m$ , 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
Жалюзійна решітка					6,5			2	25,35	50,7	50,7
Сумарні втрати по довжині магістрального напрямку											234,36
4	1200	28	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

Розрахунки витяжних шахт виконуємо за значенням гравітаційного тиску, відповідного до різниці густини зовнішнього повітря і внутрішнього.

Швидкість повітря в поперечному перерізі витяжної шахти:

$$v = 0,9 \sqrt{\frac{2gh(t_g - t_n)}{(0,02 \frac{h}{d} + \Sigma \zeta)(t_n + 273)}} \quad (130)$$

де  $h$  – висота витяжної шахти між площиною витяжного отвору і

устям шахти, м; приймаємо  $h = 2,5$  м;

$d$  – еквівалентний діаметр шахти, м;

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

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

$$de = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}; \quad (131)$$

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

											Арк.
											88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

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

$$v = 0,9 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 2,5 \cdot (16 - 5)}{(0,02 \frac{2,5}{0,53} + 2,35)(5 + 273)}} = 0,8 \text{ м/с.}$$

Визначаємо число шахт для всього приміщення:

$$n = \frac{f}{f_m}, \quad (132)$$

де  $f$  – необхідна площа шахт, м<sup>2</sup>;

$f_m$  – площа поперечного перерізу однієї шахти, м<sup>2</sup>;

$$f = \frac{L_6}{3600 \cdot v} = \frac{9360}{3600 \cdot 0,8} = 3,24 \text{ м}^2,$$

$$f_m = a \cdot b = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32 \text{ м}^2$$

$$n = \frac{3,24}{0,32} = 10,1.$$

Приймаємо число шахт для всього приміщення,  $n = 10$ .

У системах вентиляції та опалення сільськогосподарського виробництва будинків установлюють радіальні (відцентрові) вентилятори марок ВЦ4-75, В44-76 і ВЦ44-46.

Вибір вентиляторів виконуємо по заданих, подачі та необхідному повному тиску.

Подачу вентилятора визначаємо з урахуванням втрат, введенням поправочного коефіцієнта до розрахункової витрати повітря:

$$L_v = 1,1 \cdot L, \quad (133)$$

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 необхідний повний опір вентилятора, Па:

										ДП 2023 141	Арк.
											89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$P_v = \Delta P \frac{273+t}{293} \frac{B_0}{B}, \quad (134)$$

де  $\Delta P$  – розрахункові втрати повітря в системі повітропроводів,  $\Delta P=234,36$  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 перетинання координат на вільному графіку /12/.

$$P_v = 234,36 \cdot \frac{273+1,1}{293} \cdot \frac{101,3}{99,5} = 223,2 \text{ Па.}$$

Вибираємо вентилятор: Е6,3.100-1.

Виходячи із цього заповнюємо наступну таблицю:

Таблиця 24. 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	АИР 90L6/8	1,5	935	171,7

									Арк.
									90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДП 2023 141				

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1. Постановка завдання, вихідні дані

Розрахунок економічної частини виконаний на основі порівняння двох варіантів:

1. Застосування чотирьох калориферних установок типу СФОЦ 25/0,5Т для опалення й вентиляції стійлового приміщення;

2. Застосування для опалення та вентиляції тепловентилятора ТВ-18 на базі пароводяних калориферів;

Вихідні дані для розрахунку приймаємо наступні (частина третя):

- Найменування об'єкта - пташник на 4160 курей;
- Середня маса однієї тварини 3 кг;
- Тепловтрати через огороження - 59762 кВт або 1573 Вт/°С;
- Повітропродуктивність вентилятора 10296 м<sup>3</sup>/год або 13899,6 кг/год
- Тепловиділення тварин 105,96 Вт;
- Втрати тепла на випар 3,23 кВт
- Розрахункова зовнішня температура -22 °С;
- Температура усередині приміщення 16 °С;
- Вид палива спалюється в котельні - газ;
- Довжина теплотраси 60 м;
- Довжина лінії електропередач 66 м;
- Теплова потужність системи опалення 95,17 кВт.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ільтьо Р.М.			5.Економічна частина	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко В.Е.					92	
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		

## 5.2. Планування енергоспоживання систем мікроклімату та енергоємність процесу

Визначаємо температуру, при якій автоматика включає систему опалення по формулі:

$$t_{нз} = t_в - \frac{Q_{жс} - Q_u}{\sum kF + 0,28L}, \quad (135)$$

де  $t_в$  – температура внутрішнього повітря, °С;

$Q_{жс}$  – тепловиділення тварин, Вт;

$\sum kF$  – тепловтрати через огороження, Вт/°С;

$L$  – повітропродуктивність, кг/ч.

$$t_{нз} = 16 - \frac{105960 - 3230}{1573 + 0,28 \cdot 13899,6} = -10,4 \text{ °С}$$

По СНиП виходячи із граничної температури, знаходимо середню температуру зовнішнього повітря за опалювальний період  $\bar{t}_н$  і тривалість опалювального періоду  $n_{от}$ .

Річне число годин використання максимального навантаження системи опалення для кожного з варіантів знаходимо по формулі:

$$\tau_{max} = k_p \cdot k_{мс} \cdot \frac{t_в - \bar{t}_н}{t_в - t_{нр}} \cdot n_{от} \cdot 24, \quad (136)$$

де  $t_{нр}$  – розрахункова зовнішня температура, °С;

$\bar{t}_н$  - середня температура опалювального періоду, °С

$k_p$  – коефіцієнт, що враховує непродуктивні втрати тепла на регулювання (для плавного регулювання процесу - 1,02);

$k_{мс}$  – коефіцієнт, що враховує втрати тепла в теплорозводних мережах;

$n_{от}$  – число днів опалювального періоду – 35 днів;

для варіанту 1:

$$\tau_{max1} = 1,02 \cdot 1 \cdot \frac{16 - (-14,4)}{16 - (-22)} \cdot 35 \cdot 24 = 685,4 \text{ год}$$

для варіанту 2:

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93



$$W_{ед}^1 = \frac{K_3 \cdot P_n}{\eta_{де}} \cdot n_{от} \cdot 24, \quad (141)$$

де  $P_n$  – теплотворна здатність умовного палива, МДж/кг.

$K_3$  – коефіцієнт завантаження по потужності;

$\eta_{ед}$  – ККД електродвигунів.

$$W_{едI}^1 = \frac{0,75 \cdot 4 \cdot 1,1}{0,83} \cdot 35 \cdot 24 = 3339,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$W_{едII}^1 = \frac{0,75 \cdot 3}{0,83} \cdot 35 \cdot 24 = 2277,1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Енергоємність процесу опалення йі вентиляції визначається питомою витратою енергоресурсів розраховуючи на 1 пташину:

$$EH = \frac{B_y}{n_{жс}}, \quad (142)$$

де  $B_y$  – витрата енергоресурсів в т.у.п.;

$n_{жс}$  – поголів'я тварин, гол;

Для електрокалориферної установки витрата енергоресурсів (у т.у.п.) визначається по формулі:

$$B_{yI} = b_y (W_{ек} + W_{едI}) = b_y \cdot W_I, \quad (143)$$

де  $b_y$  – середня витрата палива розраховуючи на 1 кВт·год відпущеної електроенергії (приймається 0,32 т.у.п.);

$W_{ек}$  – річна витрата електроенергії на опалення приміщення, кВт·год;

$W_{едI}$  – річна витрата електроенергії нагнітальною вентиляційною системою, кВт·год;

$W_I$  – річна витрата електроенергії опалювально-вентиляційною системою, кВт·год;

$$B_{yI} = 0,32 \cdot (67093,2 + 3339,8) = 22538,6 \text{ кг} \cdot \text{у.п.}$$

Витрата умовного палива при використанні водяного калорифера:

$$B_{yII} = B_n \frac{q_n}{q_y} + b_y \cdot W_{едII}, \quad (144)$$

де  $B_n$  – річна витрата натурального палива, кг.

					ДП 2023 141	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{yII} = 5982 \cdot \frac{48}{29,31} + 0,32 \cdot 2277,1 = 10525,2 \text{ кг у. п.}$$

$$EH_I = \frac{22538,6}{4160} = 5,42 \text{ кг.у.п./ гол}$$

$$EH = \frac{22538,6}{4160} = 5,42 \text{ кг.у.п./ гол}$$

Електроємність процесу опалення і вентиляції визначається питомою витратою електроенергії розраховуючи на одного птаха, кВт·год/гол:

$$EL = \frac{W}{n_{\text{э}}}, \quad (145)$$

$$EL_I = \frac{70433}{4160} = 16,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{гол}$$

$$EL_{II} = \frac{2277,1}{4160} = 0,55 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{гол}$$

### 5.3. Техніко-економічна оцінка варіантів теплопостачання об'єкту

Визначимо капіталовкладення по порівнюваних варіантах. При розрахунку враховуються витрати на придбання калориферних установок, систему автоматичного керування, на монтажні роботи. Для підігріву припливного повітря в системах з пароводяними калориферами гаряча вода надходить із котельні. У цьому випадку повні капіталовкладення повинні включати вартість котельні і теплотрас. Як правило, котельня обслуговує кілька об'єктів, тому варто розраховувати часткову вартість із обліком відносини максимальної потужності опалювальної системи до потужності котельні в цілому.

Капіталовкладення в опалювально-вентиляційної системи в цінах базисного року визначаємо по формулі:

$$K_{OBC}^{(6)} = (C_k^{(6)} \cdot n_k + C_a^{(6)} \cdot n_a) \cdot 1,2, \quad (146)$$

де  $C_k^{(6)}$ ,  $C_a^{(6)}$  – вартість калориферів і системи керування в базисних цінах 1984 р. /21/;

$n_k$ ,  $n_a$  – кількість калориферів і систем керування;

$$K_{OBCI}^{(6)} = (200 \cdot 4 + 500 \cdot 4) \cdot 1,2 = 3360 \text{ грн.}$$

									ДП 2023 141	Арк.
										96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						







$$E_{II} = S_Q \cdot Q_{\text{водII}} + C_e^* \cdot W_{\text{водII}}, \quad (162)$$

де  $S_Q$  – собівартість теплової енергії, тис.грн./ГДж.

$$E_{II} = 0,77 \cdot 264,2 + 0,0123 \cdot 2277,1 = 231,5 \text{ тис.грн.}$$

$$I_I = 196,69 + 10,61 + 245,96 + 866,33 = 1319,59 \text{ тис.грн.}$$

$$I_{II} = 118,65 + 4,8 + 146,24 + 231,5 = 501,19 \text{ тис.грн.}$$

Всі елементи експлуатаційних витрат зводимо в табл. 25.

Таблиця 25. Порівняння елементів експлуатаційних витрат

Елементи витрат, тис.грн.	Варіанти		Зміни (2-1)
	ОВС на базі електрокалориферів (1)	ОВС на базі водяних калориферів (2)	
Амортизація	196,69	118,65	-78,04
Ремонт	256,57	151,04	-105,53
Енерговитрати	866,33	231,5	-634,83
Разом:	1319,59	501,19	-818,4

Річний інвестиційний дохід, тис.грн., визначається:

$$D_2 = (I_I - I_{II}) + (A_{II} - A_I), \quad (163)$$

$$D_2 = (1319,59 - 501,19) + (118,65 - 196,69) = 740,36 \text{ тис.грн.}$$

Експлуатаційні витрати включають вартість ремонту і енергоресурсів:

$$I^1 = P + E, \quad (164)$$

$$I_I^1 = 245,96 + 10,61 + 866,33 = 1122,9 \text{ тис.грн.}$$

$$I_{II}^1 = 146,24 + 4,8 + 231,5 = 382,54 \text{ тис.грн.}$$

Амортизація котельні:

$$A_K = \frac{P_a}{100} \cdot K_{\text{кот}}, \quad (165)$$

$$A_K = \frac{5}{100} \cdot 1015,48 = 50,78 \text{ тис.грн.}$$

Інтегральний ефект:

$$E_i = D_2 \cdot \alpha_m - K, \quad (166)$$

де  $K$  – капіталовкладення, тис.грн.;

$\alpha_m$  – коефіцієнт дисконтування, років.

									Арк.
									100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Коефіцієнт дисконтування визначається по формулі:

$$\alpha_m = \frac{(1+E)^T - 1}{E(1+E)^T}, \quad (167)$$

де  $E$  – ставка дисконтування;

$T$  – розрахунковий період, років.

У більшості випадків розрахунковий період визначається терміном служби оцінюваного устаткування:

$$T = T_{cl} = \frac{100}{P_a}, \quad (168)$$

де  $P_a$  – річна норма амортизації, рівна для ОВС 14,3%.

$$T = \frac{100}{14,3} = 6,99 \text{ років}$$

$$\alpha_m = \frac{(1+0,1)^{6,99} - 1}{0,1(1+0,1)^{6,99}} = 4,86 \text{ років}$$

$$E_i = 740,36 \cdot 4,86 - 2361,33 = 1236,82 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень із обліком дисконтування визначається по формулі:

$$T_o = \frac{\lg(1 + \frac{E}{P_e})}{\lg(1+E)}, \quad (169)$$

де  $P_e$  – коефіцієнт повернення капіталу;

$$P_e = \frac{D_e}{K} - E, \quad (170)$$

$$P_e = \frac{740,36}{2361,07} - 0,1 = 0,21$$

$$T_o = \frac{\lg(1 + \frac{0,1}{0,21})}{\lg(1+0,1)} = 4,09 \text{ років}$$

Критерії ефективності повинні задовольняти умовам:

$$E_i \geq 0, \quad (171)$$

$$T_o \leq T, \quad (172)$$

$$E_i = 1236,82 \text{ тис. грн.} > 0$$

					ДП 2023 141	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = 4,09 \text{ років} < T = 6,99 \text{ років}$$

Критерії ефективності задовольняють умовам.

На підставі розрахунку складаємо таблицю техніко-економічних показників.

Таблиця 26. Техніко-економічні показники

Показники	Варіанти		Зміни (2-1)
	(1)	(2)	
1. Поголів'я, гол	4160	4160	—
2. Річна витрата теплоти, МДж	234826,3	264188,1	29361,8
3. Час роботи ОВС із максимальною продуктивністю, год/рік	685,4	771,1	85,7
4. Енергоємність процесу, кг у.п./гол	5,42	2,53	- 2,89
5. Капіталовкладення, тис.грн.	1644,36	2361,33	716,97
6. Експлуатаційні витрати, тис. грн./рік, в тому числі енергоресурси	1319,59	501,19	- 818,4
7. Інвестиційний дохід, тис.грн./рік	—	740,36	—
8. Інтегральний ефект, тис.грн.	—	1236,82	—
9. Термін окупності капіталовкладень із врахуванням дисконтування, років	—	4,09	—

Висновок: приведений вище техніко-економічний розрахунок показав, що варіант використання для опалювально-вентиляційної системи пароводяних калориферних установок економічно доцільний, тому що при цьому забезпечується інвестиційний дохід і дані установки окуплять себе повністю через 4,09 роки.

## 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1. Вимоги безпеки при монтажі електроустаткування 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 нерухливі ліси. Сходи-драбини повинні закриватися на гачок або ланцюг, що перешкоджають їхньому самовільному розсовуванню. Щоб уникнути випадкового падіння інструмента не можна залишати його на риштуваннях, лісах. Інструмент кладуть в інструментальний ящик або сумку. До робіт на висоті допускаються тільки особи, що пройшли інструктаж, а при висоті більше 5 м - ще й медичний огляд.

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

Шківні приводів вентиляторів із приводними ременями, 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 устаткування.

Перед першою подачею напруги на устаткування варто перевірити мегомметром опір ізоляції, він не повинний бути менше 0,5 МОм.

Перше включення електроустаткування пташника можна робити тільки з дозволу й у присутності електротехнічного персоналу.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ільтьо Р.М.			6.Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Шестеренко В.Е.					104	
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		







проводу. З'єднання проводу з устаткуванням - 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 й відповідними приладами. Вхід у камеру повинен мати світлове табло з покажчиками "Не входить, газация" і "Камера провітрена". Вони повинні бути заблоковані з пусковими пристроями приладів для дезінфекції й 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 перебувати інструкція, що містить дані по безпечних способах застосування дезінфікуючих речовин, ефективним прийомам обробки шкірного покриву тіла людини при поразці. Не допускається використання дезінфікуючих речовин, на які немає затвердженої інструкції безпечного застосування.

Роботи на насосній станції по гідротехнічному й електричному устаткуванню виконують по наряду, крім аварійних робіт, оглядів і профілактичного догляду за устаткуванням, які виконують по усному або телефонному розпорядженню із записом у журнал.

На місце роботи повинна бути відвернена подача води. У машинному залі насосної станції використовують переносні світильники напругою 12 В. Підлоги машинного відділення повинні бути сухими. Виходячи із практики, що найбільше часто зустрічається несправністю є вихід з ладу електродвигуна вентилятора або насоса. При ремонті заміну щіток або догляд за ними можуть виконати одноосібно без наряду в порядку поточної експлуатації спеціально призначені особи або обслуговуючий персонал. При цьому не можна одночасно доторкатися руками струмоведучих частин різних полярностей або струмоведучих і заземлених частин, варто користуватися діелектричними

										Арк.
										108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2023 141

калошами або килимами та інструментом з ізолюючими рукоятками, але не діелектричними рукавичками.

Під час роботи не можна знімати огороження виводів обмоток і кабельних воронок електродвигуна, а також його частин, що рухаються. Ці огороження варто влаштовувати так, щоб їх не можна було зняти без гайкового ключа або викрутки. Корпуси електродвигунів і пускової апаратури необхідно занулювати.

При ремонтних роботах на обертові частини електродвигуна або механізму, що приводиться їм 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 і, щоб запобігти обертанням двигуна, з боку пов'язаного з ним насоса або вентилятора, закрити відповідні засувки, перев'язати їхнім ланцюгом і вивісити на них заборонні плакати.

### 6.3. Розрахункова та експериментальна перевірка ефективності занулення

Вихідні дані для розрахунку занулення кормороздавача РТШ-2 з електродвигуном АИР71В6. Лінія від трансформатора до вводу в будинок виконана проводом марки А25 довжиною 66 м. Лінія від ВРУ до силового щита виконана кабелем марки АBBГ 5x2,5 довжиною 84м. Лінія від силового щита до автоматичного вимикача ВА51Г-25 виконана кабелем АBBГ 5x2,5 довжиною 4м. Від автоматичного вимикача до електродвигуна виконана кабелем марки АBBГ 5x2,5 довжиною 9м. Трансформатор ТП10/0,4 кВ потужністю  $S_{н.т.}=250\text{кВА}$  зі схемою з'єднання "зірка-зірка з нулем". Двигун захищає автоматичний вимикач ВА51Г-25 зі струмом електромагнітного розчеплювача  $I_{н.расц}=2,5\text{А}$ .

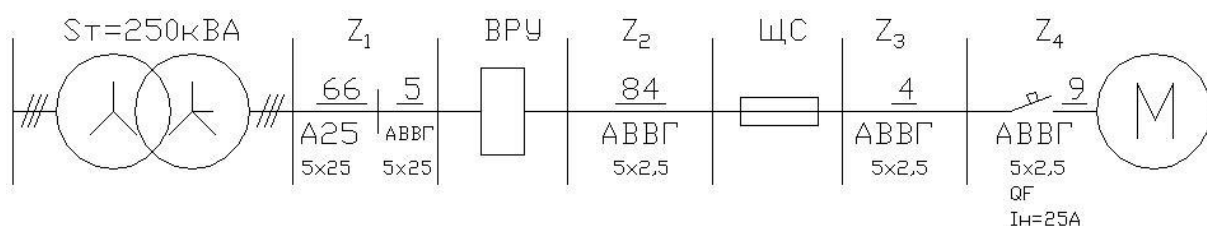


Рис. 14 – Розрахункова схема занулення

						ДП 2023 141	Арк.
							109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



$X_{i\phi}$ ,  $X_{in}$  – питомі індуктивний опір провідників відповідно фазного і нульового провода, Ом/км;

$X_{in}$  – питомі індуктивний опір провідників фазного і нульового провода, Ом/км (приблизно приймають 0,6 Ом/км – для ПЛ; 0,15 Ом/км – для проводки в трубах; 0 – для КЛ);

$R_{ik}$  – опір контактів, для ПЛ довжиною менше 200 м – 0,02 Ом;

$$Z_{n1} = \sqrt{[0,071 \cdot (1,14 + 1,14) + 0,02]^2 + [0,071 \cdot (0,345 + 0,345 + 0,6)]^2} = 0,2 \text{ Ом}$$

Повний опір петлі «фаза – нуль» від ВРУ до ЩС визначаємо по формулі:

$$Z_{\pi} = l_i \sqrt{\left(2 \frac{\rho_1}{S}\right)^2 + 2x_1^2} \quad (177)$$

де  $l_i$  – довжина ділянки, м;

$S$  – переріз кабелю, мм<sup>2</sup>;

$\rho$  – питомий опір кабелю, Ом·мм<sup>2</sup>/км,  $\rho=31,2$  Ом·мм<sup>2</sup>/км для алюмінієвих жил;

$x_1$  – реактивний опір ділянки, Ом/км,  $x_1=0,26$  Ом/км.

$$Z_{n2} = 0,084 \sqrt{\left(\frac{31,2}{2,5} + \frac{31,2}{2,5}\right)^2 + (2 \cdot 0,26)^2} = 2,09 \text{ Ом}$$

Повний опір петлі «фаза – нуль» від ЩС до автоматичного вимикача:

$$Z_{n3} = 0,004 \sqrt{\left(\frac{31,2}{2,5} + \frac{31,2}{2,5}\right)^2 + (2 \cdot 0,26)^2} = 0,1 \text{ Ом}$$

Повний опір петлі «фаза – нуль» від автоматичного вимикача до електродвигуна:

$$Z_{n4} = 0,009 \sqrt{\left(\frac{31,2}{2,5} + \frac{31,2}{2,5}\right)^2 + (2 \cdot 0,26)^2} = 0,22 \text{ Ом}$$

Повний опір петлі «фаза – нуль»

$$Z_n = 0,2 + 2,09 + 0,1 + 0,22 = 2,61 \text{ Ом}$$

Опір фази трансформатора току однофазного короткого замикання визначаємо по формулі:

									ДП 2023 141	Арк.
										111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\frac{Z_T}{3} = \frac{K_i}{S_{н.т.}}$$

де  $K_i$  — емпіричний коефіцієнт, для схеми з'єднання "зірка-зірка з нулем"  $K_i = 26$ ;

$S_{н.т.}$  — номінальна повна потужність трансформатора, кВА.

$$\frac{Z_T}{3} = \frac{26}{250} = 0,1 \text{ Ом}$$

Струм однофазного короткого замикання лінії дорівнює:

$$I_{к.з}^{(i)} = \frac{220}{2,61 + 0,1} = 81,2 \text{ А}$$

Тоді за умовою одержуємо:

$$\frac{81,2}{25} = 3,2 > 3$$

Отже, занулення ефективне.

### Вибір пристрою захисного відключення

Згідно ПУЕ якщо не відомі струми розтікання в лінії, то можна зробити спрощений вибір ПЗВ за умовою: струм розтікання в лінії повинен бути в три рази більше номінального струму ПЗВ.

$$I_{ут} \leq \frac{1}{3} I_{н.узо}$$

$$I_{ут} = I_y + I_{y.c}$$

Струм розтікання лінії складається із двох складових, які розраховуються в такий спосіб.

Струм розтікання приймається рівним, з розрахунку 0,4 мА на 1 А навантаження електроприймачів.

$$I_y = 0,4 \cdot I_n$$

Струм розтікання мережі приймається рівним, з розрахунку 10 мкА на 1 метр довжини фазного провідника, який живить електроприймачі.

$$I_{y.c} = 10 \cdot L_{ф.пр}$$

Згідно ПУЕ та діючих в Україні нормативно правових актів з ОП на розеточних групах потрібна установка ПЗВ.

									ДП 2023 141	Арк.
										112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$I_y = 0,4 \cdot I_n = 0,4 \cdot 28,21 = 11,28 \text{мА}$$

$$I_{y.c} = 10 \cdot 953 = 9530 \text{мкА} = 9,53 \text{мА}$$

$$I_{yT} = 11,28 + 9,53 = 20,81 \text{мА}$$

$$20,81 \leq \frac{100}{3} = 33,3 \text{мА}$$

По каталозі вибираємо: ПЗВ РУД-05У3 з номінальними даними: номінальний струм  $I_n=100\text{мА}$ , номінальна напруга  $U_n=220\text{В}$ , час спрацювання  $T_{cp}=0,06$  сек.

#### 6.4. Пожежна безпека

Пожежна безпека - такий стан виробничого об'єкта, при якому із заданим досить великим ступенем імовірності виключається можливість пожежі або вибуху, а якщо вона все-таки виникає, то запобігає впливу на людей небезпечних факторів пожежі (відкритий вогонь, висока температура повітря або предметів) і забезпечується захист матеріальних цінностей. Імовірність пожежі допускається не вище  $10^{-6}$  на один пожежонебезпечний вузол об'єкта.

Птахофабрика має у своєму складі об'єкти, які по ступені пожежної небезпеки відносяться до різних категорій. Інкубаторій має виробництва, що відносяться до категорії "В" (пов'язані з обробкою і застосуванням твердих згоряємих речовин),- розпакування і сортування яєць, зберігання яєць і тари. Всі приміщення, у яких виконуються подібні процеси, відносяться до пожежонебезпечних зон класу П-Па (зони, що містять тверді або волокнисті горючі речовини, але без утворення значної кількості пилу).

Насосна станція відноситься до категорії "Д" (виробництва, у яких зберігаються тільки негорючі речовини в практично холодному стані) і до класу П- Пб.

У пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі й проводи повинні мати покрив і оболонку з матеріалів, що не поширюють горіння. Через пожежонебезпечні зони будь-якого класу забороняється прокладати транзитні електропроводки всіх напруг.

									ДП 2023 141	Арк.
										113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Не можна допускати провисання проводів, перевантаження електропроводок і коротких замикань, контактів скруткою, які можуть іскрити або перегріватися, а також застосування плавких вставок на невідомий або завищений струм у порівнянні з розрахунковим.

Для запобігання пожеж через короткі замикання необхідно дотримувати вимог ПУЕ ще при монтажі. Прохід через стіни незахищених електричних проводів виконують у нерозрізаних ізоляційних напівтвердих трубках.

Ввідні щитки або щити із запобіжниками й автоматами потрібно розташовувати не далі, чим на відстані 3 м від місця вводу в будинок. У приміщеннях птахофабрики вивішують протипожежну інструкцію й установлюють протипожежний інвентар. У приміщеннях проходи й тамбури, виходи нічим не повинні захищуватися, забороняється паління й застосування відкритого вогню.

Всі засоби пожежогасіння повинні бути в справному стані й постійній готовності до дії, всі працівники повинні бути навчені поводженню з ними. Як засоби пожежогасіння застосовують пісок і вогнегасники. Для категорії "Д" потрібно 1 вуглекислотний і 1 пінний, хімічний або повітряно-пінний вогнегасник на 600...800м<sup>2</sup> площі.

При загорянні проводки старший або черговий оператори зобов'язані знеструмити силову й освітлювальну мережу (крім аварійного освітлення), вжити заходів до пожежогасіння, повідомити в пожежну частину або адміністрацію. Гасити електроустаткування (попередньо знеструмивши) допускається тільки вуглекислотними вогнегасниками, піском або іншими струмонепровідними засобами. У випадку явної небезпеки необхідно організувати евакуацію людей.

Пожежа може виникнути також у результаті дії атмосферної електрики. Насосна станція відноситься до III категорії блискавкозахисту. На даній насосній станції у якості блискавкоприймача використані сітки зі сталеві катанки діаметром 6 мм із розміром осередку 6х6 м<sup>2</sup>. Сітка заземлена по кутах. З'єднання зі штучним заземлювачем виконано за допомогою зварювання.

										Арк.
										114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ДП 2023 141

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила устройства электроустановок. – М.: Энергоиздат, 1986. – 460с.
2. Болотнов П.М., Лукьянов В.М. Механизация птицеводства. – М.: Агропромиздат, 1988. – 215с.
3. Кудрявцев Н.Ф. Автоматизация производственных процессов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368с.
4. Будзко И.А., Зуль И.М. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1990. – 496с.
5. Каганов И.Л. Курсовое и дипломное проектирование – М.: Агропромиздат, 1990. – 351с.
6. Харкута К.С. и др. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства – М.: Агропромиздат, 1992. – 223с.
7. Николоенок М.М., Заяц Е.В. Расчет осветительных и облучательных установок в сельском хозяйстве – М.: ООО «Лазурак», 2000. – 228с.
8. Степанцов В.П. Светотехническое оборудование в сельскохозяйственном производстве. Справочное пособие. – Мн.: Ураджай, 1987. – 216с.
9. Степанцов В.П. Электрооборудование осветительных и облучательных установок. Справочное пособие. – Мн.: Ураджай, 1991.— 191с.
10. Бородин Е.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических процессов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 368с.
11. Проектирование комплексной электрификации. Методические указания к курсовому проекту. – Мн.: БАТУ, 1986. – 104с.
12. Справочник по теплоснабжению сельского хозяйства /Герасимович Л.С., Цубанов А.Г., Драганов Б.Х., Синяков А.Л. и др./ - Мн.: Агропромиздат, 1986. – с.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ільтьо Р.М.</i>			<i>Список використаної літератури</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Шестеренко В.Е.</i>					116	
<i>Н. Контр.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

13. Захаров А.А. Применение теплоты в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1986.
14. Стандарт предприятия БАТУ. 1999. – 40с.
15. Сериков В.К., Карасев О.Б. Оформление дипломных проектов. Методические указания. – Мн. Ротапринт, 1985. – 87с.
16. Луковников А.В. и др. Охрана труда. – М.: Агропромиздат, 1991. – 319с.
17. Якобс А.И., Луковников А.В. Электробезопасность в сельском хозяйстве.— М.: Колос, 1981.— 239с.
18. Саевич К.Ф., Мисун Л.В. Экологическая безопасность на объектах АПК. – Мн.: Ураджай, 1998. – 198с.
19. Дмитриев И.М. Гражданская оборона на объектах АПК.— М.: Агропромиздат, 1990.— 351с.
20. Методические указания к экономическому обоснованию дипломного проекта для студентов специальности С03.02 – М.: Ротапринт, 1994.
21. Ширшова В.В. Планирование энергопотребления и экономическая оценка отопительно-вентиляционной системы на животноводческих объектах. – М.: Ротапринт, 1997. – 22с.
22. Коэффициенты (индексы) пересчета стоимости основных фондов по состоянию на текущий момент. – 2003.

					ДП 2023 141	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		