

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

ПОГОДЖЕНО
Директор ІНІ енергетики
автоматики і енергозбереження

проф., д.т.н. Віктор Каплун
вчене звання, науковий ступінь підпис

„_____” _____ 2025 р.
число місяць рік

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри інженерії
енергосистем

доц., к.т.н. Євген Антипов
вчене звання, науковий ступінь підпис

„_____” _____ 2025 р.
число місяць рік

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Модернізація системи енергопостачання свинарника-
відгодівельника ТОВ «ДАН ФАРМ Україна»**

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

Гарант освітньої програми

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко Сергій
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Троханяк Віктор
(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Стьопочкін Євген
(ПІБ)

КИЇВ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Інженерії енергосистем

к.т.н., доцент Євген Антипов
(підпис)

« _____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧУ

Стьопочіну Євгену Олександровчу

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Модернізація системи енергопостачання свинарника-відгодівельника ТОВ «ДАН ФАРМ Україна» затверджена наказом від 18.11.2024 р. № 2061”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2025.11.11.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Технічна документація електрообладнання, нормативно – правова література .

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Модернізація системи електропостачання свинарника.
2. Проектування та оптимізація освітлення.
3. Економічне обґрунтування модернізації енергосистеми.

Дата видачі завдання 18.11.2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи Троханяк В.І.
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання _____ Стьопочкін Є.О.
(підпис) (ПІБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» виконана у Національному університеті біоресурсів та природокористування України, Київ, 2025 р.

Магістерська кваліфікаційна робота: 60 с., 7 рис., 12 табл., 30 джерел.

Об'єкт дослідження - енергетична інфраструктура свинарника-відгодівельника ТОВ "ДАН ФАРМ Україна" у контексті укрупненої мережі енергозабезпечення аграрного сектора.

Предметом дослідження є процеси проектування систем освітлення, вибору схеми живлення, розрахунку навантаження та вибору елементів електромережі для свинарника з урахуванням особливих умов експлуатації.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробити технічно обґрунтовану систему енергопостачання свинарника ТОВ "Дан Фарм Україна" з урахуванням вимог енергоефективності, електробезпеки, нормативної бази та сучасних технічних рішень, яка забезпечить стабільну роботу всіх функціональних систем об'єкта.

В магістерській роботі біло реалізовано системний підхід до проектування систем освітлення та енергозабезпечення з використанням сучасних джерел світла, методів розрахунку навантажень і обґрунтованого вибору схеми живлення. Уперше виконано інтеграцію типових електротехнічних рішень із урахуванням особливостей середовища свинарника (висока вологість, хімічно активне середовище) на основі комплексного аналізу.

Ключові слова: енергопостачання, свинарник, освітлення, розподільчі мережі, трансформаторна підстанція, сільськогосподарське виробництво.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ОБ'ЄКТ ПРОЕКТУВАННЯ	8
Висновки до розділу 1	10
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ В СВИНАРНИКУ	11
2.1. Характеристика об'єкту проектування	11
2.2. Вибір джерела світла	12
2.3. Вибір систем освітлення і типу освітлювальної арматури	14
2.4. Визначення кількості світильників	14
2.5. Розрахунок освітленості за методом коефіцієнта використання світлового потоку	16
2.6. Повірочний розрахунок освітленості точковим методом	17
2.7. Розрахунок освітленості методом питомої потужності	19
2.8. Розрахунок освітлення за прямими нормативами	20
Висновки до розділу 2	20
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ	21
3.1. Розрахунок системи опалення в холодний період року	21
Висновки до розділу 3	24
РОЗДІЛ 4 ВИБІР НАПРУГИ І СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ В СВИНАРНИКУ	25
4.1. Вибір напруги та схеми живлення	25
4.2. Вибір напруги освітлювальної мережі залежно від характеристики приміщення	25
4.3. Визначення місць розташування живильних, групових щитків, прокладка траси мережі і розбивка на групи	27
4.4. Розрахунок перерізу проводу, способів прокладки	28

4.5. Вибір пускової та захисної апаратури	29
4.6. Визначення способів захисту від враження електричним струмом	30
4.7. Вимоги електробезпеки до освітлювального обладнання	31
Висновки до розділу 4	32
РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ 10 кВ.....	33
5.1. Розрахунок сумарної потужності заданого дільниці свинарника.....	33
5.2. Розрахунок електричних навантажень мережі 10 кВ.....	35
5.3. Розрахунок струмів короткого замикання.....	43
5.4. Вибір електричної апаратури розподільчого пристрою 10 кВ.....	44
5.5. Вибір релейного захисту комірки лінії 10 кВ районної трансформаторної підстанції.....	47
Висновки до розділу 5	50
РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 0.38 кВ ДІЛЬНИЦІ СВИНАРНИКУ	51
6.1. Розрахунок навантажень лінії електропередачі напругою 0,38 кВ	51
6.2. Вибір перерізу проводів ліній електропередачі 0,38 кВ	53
Висновки до розділу 6	57
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

ВСТУП

Модернізація аграрного сектору України неможлива без активного застосування енергозберігаючих технологій, які гарантують стабільне функціонування та безвідмовність сучасних виробничих потужностей. ТОВ "ДАН ФАРМ Україна" (ДФУ), будучи одним із ключових гравців на ринку вирощування свинини і виробництва рослинності в Україні, критично залежить від безперебійного електроживлення. Це особливо актуально зважаючи на значний ступінь впровадження автоматизованих рішень у процесах як вирощування, так і подальшого вирощування свинини. У зв'язку з цим, нагальне завдання полягає у вдосконаленні схем енергопостачання для подібних виробничих комплексів. Для гарантування безперебійної експлуатації свинарників критично важливою є ретельна калькуляція систем освітлення, обрання оптимальних конфігурацій електропостачання, визначення належних кабельних трас, апаратури захисту, а також суворе дотримання чинних стандартів і норм.

Мета роботи: у межах проєкту необхідно розробити забезпечення електроенергією свинарника-відгодівельника, що належить ТОВ "ДАН ФАРМ Україна", яке буде ґрунтуватися на передових технічних досягненнях, з урахуванням вимог енергоефективності, електробезпеки, нормативної бази та забезпечуючи при цьому безперебійне функціонування усіх систем і комплексів на даній території.

Об'єкт дослідження: електрична підсистема свинарника-відгодівельника ТОВ "ДАН ФАРМ Україна" у контексті укрупненої мережі енергозабезпечення аграрного сектора.

Предмет дослідження: етапи проектування систем освітлення, підбору схеми електроживлення, обчислення потужності та визначення необхідних компонентів електромережі для свинарника, беручи до уваги специфічні робочі умови об'єкта.

Завдання дослідження:

1. Здійснити аналіз техніко-економічних та електротехнічних характеристик об'єкта.
2. Створити належну систему освітлення для свинарника, керуючись при цьому існуючими методиками розрахунку.
3. Обґрунтування типу світлоджерел, світильників та їх необхідної кількості.
4. Створити план електропостачання, узгодити розташування апаратури розподілу струму та здійснити обчислення необхідного перерізу кабелів.
5. Необхідно виконати повний електротехнічний розрахунок мереж, розрахованих на напругу 10 кВ та 0,38 кВ, з метою гарантування надійного електропостачання свинарника.

Практична цінність роботи: результати дослідження цілком придатні для використання у процесі розробки систем енергозабезпечення свинарників комплексів та інших аграрних об'єктів. Завдяки впровадженню рекомендованих технічних підходів досягається зростання надійності та економії енергії у сфері електропостачання, що, своєю чергою, веде до скорочення операційних витрат.

РОЗДІЛ 1 ОБ'ЄКТ ПРОЕКТУВАННЯ

Дан-Фарм Україна є основним активом данського холдингу Agro East (A/S), що є власністю близько 70 данських фермерів. Кожен зі співвласників Agro East є досвідченим бізнесменом та фермером, який вносить свою частку в розвиток дочірніх компаній холдингу.

Ця фірма посідає ключове значення для насичення вітчизняного ринку м'ясом свинини високої якості, а також володіє суттєвими можливостями для виходу на зовнішні ринки.

Сформована на зорі двохтисячних, ТОВ «ДАН ФАРМ Україна» постала як втілення наполегливого зростання аграрного сектору України. Завдяки неперервним вливанням інвестицій, застосуванню передових технологій та вправному керівництву, ця структура трансформувалася з локального гравця у провідну фігуру на ринку. Включення Дан-Фарм до єдиного виробничого ланцюга Agro East дало змогу здійснювати повний нагляд над усім циклом: від вирощування зернових культур до реалізації готової продукції безпосередньо покупцеві.

Дан-Фарм вражає своєю масштабністю та високим рівнем автоматизації. До складу підприємства входять:

- Вирощуються трипородні гібриди, що складаються з 50% батьківської породи дюрок і по 25% материнських порід ландрас та йоркшир.
- Головна перевага таких гібридів полягає у високоякісному дієтичному м'ясі, яке відрізняється високим вмістом білка, низьким рівнем жиру та чудовими смаковими властивостями. При цьому в процесі вирощування не застосовують стимулятори росту, антибіотики або хімічні добавки.
- Власна логістика дає змогу оперативної й результативної розвозити свіжі до роздрібних мереж та центрів дистрибуції.
- Зерноочисний комплекс: ДФУ високо цінує екологічну безпеку, тому має передові біологічні системи очищення, котрі зводять до мінімуму будь-який вплив виробничої діяльності на оточуюче середовище.

У ТОВ "ДАН ФАРМ Україна" неухильно впроваджуються найсучасніші технології у всі сфери виробничої діяльності. Ідеться про комп'ютеризовані комплекси, які здійснюють нагляд за умовами мікроклімату у свинарнику регулюють процедури годування й напування, а також контролюють етапи подальшої обробки. Крім того, ця компанія має сертифікати відповідності міжнародним критеріям якості та безпеки харчових продуктів, серед яких визнані ISO, HACCP та BRC. Це є прямим доказом того, що контроль на кожному кроці виробничого циклу, починаючи від моменту отримання первинної сировини і аж до відвантаження фінального товару, підтримується на винятково високому рівні.

Комбікормовий завод переробляє значну частину врожаю, що збирається, проходить обробку на двох приватних комбікормових підприємствах, де щорічний обсяг виробництва готових кормів сягає 30 тисяч тонн. Експерти ретельно визначають усі необхідні співвідношення та стандарти для живлення тварин. Як ключові складники для формування раціонів залучає кукурудзу, ячмінь, соняшник та пшеницю, доповнюючи їх преміксами, переважно імпортованими з Данії.

Ретельний нагляд за процесом виготовлення кормів гарантує їхню відмінну якість, надійність та поживну цінність для худоби. Дан Фарм демонструє цілісний погляд на власні зобов'язання у екологічній та соціальній сфері. У ході своєї виробничої діяльності підприємство реалізує заходи, спрямовані на збільшення енергоощадності, скорочення обсягів використання води та запровадження дієвої схеми управління відходами. Будучи одним із ключових роботодавців у цій галузі, завод створює стабільні можливості працевлаштування, а також активно сприяє розвитку інфраструктури місцевих громад.

AgroEast сприяє зростанню міської та сільської інфраструктури, економічного потенціалу, освітньої сфери та культурного життя на рівні

територіальних громад. А/С налагоджують тривалі співпраці з місцевими спільнотами, що веде до відчутного поліпшення якості життя їх мешканців.

ТОВ "Дан Фарм Україна" є ключовим гравцем у сільськогосподарському секторі нашої держави, забезпечуючи значні фінансові вливання до скарбниць різних рівнів, а також сприяючи піднесенню суміжних галузей, як-от логістика, виготовлення кормів. Завдяки своїй експортній діяльності, товариство укріплює позиції України на глобальному ринку та забезпечує стабільні валютні надходження.

Стратегія інвестування А/С містить у собі план з подальшого модернізації виробничих потужностей Дан Фарм, розширення асортименту товарів та інтеграції передових технологічних підходів, з фокусом на запити як вітчизняного, так і світового попиту. Акцент робиться на укріпленні позицій компанії серед провідних гравців галузі та гарантуванні громаді доступу до високоякісної, безпечних продуктів.

Підсумовуючи, Дан Фарм постає як один із найбільш передових із технічного погляду та фінансово важливих суб'єктів у своїй сфері, де суворо дотримані виробничі критерії гармонійно поєднані з ясно визначеною суспільною метою. Постійне зростання й активізація інноваційних рішень, що тут впроваджуються, засвідчують її вагому роль у загальній структурі вітчизняного агропромислового комплексу.

Висновки до розділу 1

У цьому розділі представлено аналіз діяльності ТОВ "Дан Фарм Україна" як важливого агропромислового підприємства. Підкреслено його стратегічну роль, високий ступінь автоматизації виробничих процесів та інтеграцію в структуру компанії А/С. Описано технічну інфраструктуру об'єкта, що дозволило сформулювати ключові вимоги до системи енергопостачання.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ В СВИНАРНИКУ

2.1. Характеристика об'єкту проектування

Об'єктом проектування є свинарник. Приміщення свинарника належить до категорії приміщень із специфічними умовами експлуатації, яке характеризується високою вологістю та наявністю хімічно активного середовища. Об'єкт включає три приміщення, загальні розміри яких становлять:

довжина А - 140 м.

Ширина В - 29 м.

Висота Н - 5,7 м.

1. Приміщення для утримання свинини (20м x 17м) Коефіцієнти відбивання : $\rho_1 = 35\%$, $\rho_2 = 15\%$, $\rho_3 = 15\%$. Нормована освітленість становить - $E_n = 50$ лк. Площа приміщення становить : $S = 340 \text{ м}^2$;

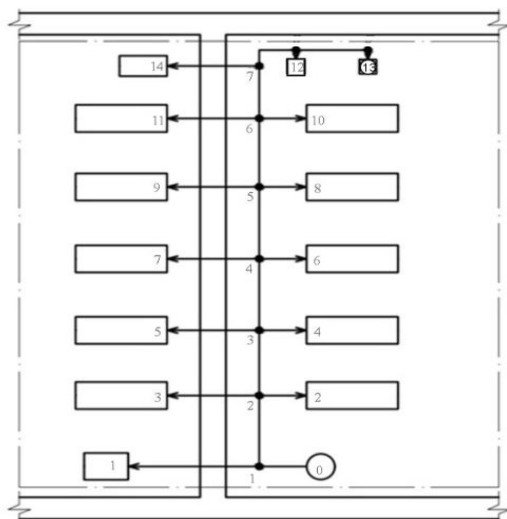
Особливо вологе середовище з хімічно активними властивостями (при відносній вологості повітря близько 70%).

2. Приміщення для приготування кормів (15м x 16м) Коефіцієнти відбивання : $\rho_1 = 35\%$, $\rho_2 = 15\%$, $\rho_3 = 15\%$. Нормована освітленість становить - $E_n = 30$ лк.

Площа приміщення становить : $S = 240 \text{ м}^2$; Сухе (відносна вологість не перевищує 60%)

3. Приміщення для утримання свинини (20м x 17м) Коефіцієнти відбивання : $\rho_1 = 35\%$, $\rho_2 = 15\%$, $\rho_3 = 15\%$. Нормована освітленість становить - $E_n = 50$ лк. Площа приміщення становить : $S = 340 \text{ м}^2$

Особливо вологе середовище з хімічно активними властивостями (при відносній вологості повітря близько 70%).



Експлікація приміщень

№ на плані	Назва приміщення	Кількість
0	ТП 10/04	1
1	КПП	1
2–11	Свинарник	10
12	Кормороздавач	1
13	Водонапірна башта	1
14	Тех. приміщення	1

Рис. 2.1. План приміщень свинарника

2.2. Вибір джерела світла

У процесі аграрного виробництва для освітлення застосовуються джерела енергії випромінювання оптичного спектра, що охоплює видимий діапазон (380-760 нм), ультрафіолетовий (200-380 нм) та інфрачервоний (760-1000 нм) електромагнітних хвиль. До джерел оптичного випромінювання відносяться три типи ламп:

- лампи розжарювання (загального призначення, дзеркальні та інфрачервоні);
- газорозрядні лампи низького тиску (люмінісцентні, еритемні та бактерицидні);
- лампи високого тиску (ДРЛ, ДРИ, ДРТ, ДКсТ).

Стосовно ламп розжарювання, вони різняться між собою завдяки варіаціям у нитки розжарювання, формою колби та її внутрішнього наповнення. Ефективність світлової віддачі таких ламп, призначених для роботи від мережі 220 В, знаходиться у межах від 0,8 до 2,8 відсотка.

Вони мають широке застосування завдяки таким перевагам:

- легкість у використанні та простота монтажу;
- можливість повного регулювання напруги.

Однак є й недоліки:

- обмежений термін експлуатації (750 годин);
- низький коефіцієнт корисної дії.

Люмінесцентні лампи низького тиску мають вагомні переваги порівняно з лампами розжарювання, серед яких:

- висока енергоефективність;
- тривалий термін експлуатації (до 15 000 годин залежно від типу).

Однак, такі лампи мають і свої недоліки:

- чутливість до умов навколишнього середовища — при температурі повітря нижче 10°C запалювання лампи може бути нестабільним;
- неможливість регулювання яскравості за допомогою напруги;
- зменшення світлового потоку до 46% від початкового рівня наприкінці терміну служби.

Освітлення промислових площ та зовнішніх просторів часто здійснюється за допомогою ламп високого тиску. Встановлення цих джерел світла має більше складнощів, ніж монтаж звичайних ламп розжарювання.

Переваги:

- Максимальний світловий коефіцієнт корисної дії;
- Тривалий термін експлуатації.

Недоліки:

- Висока вартість;
- Нерівномірність освітлення.

На українському ринку, окрім вітчизняних джерел освітлення, представлено електрообладнання від провідних світових виробників.

Обираючи джерела світла, так само як й інші прилади освітлювальної техніки, слід керуватися чинними нормами стосовно напруги живлення мережі - 380/220 вольт. Варто надавати перевагу лампам, розрахованим на вищу напругу, а саме 235В, в умовах нестабільної напруги (як-от у сільській місцевості) чи спостерігається нерівномірність навантаження.

2.3. Вибір систем освітлення і типу освітлювальної арматури

Встановлення штучного освітлення на промислових об'єктах є ключовим моментом для гарантування нормальних умов зорового сприйняття та безперебійності виробничих процесів. Ступінь освітлення має прямий відбиток на точності виконання завдань.

Електроосвітлювальні системи поділяються на кілька типів залежно від способу просторового розміщення світильників:

- загальний підхід із локалізованим розміщенням джерел освітлення;
- змішаний тип, який інтегрує елементи обох зазначених схем.

Варіант із симетричним розміщенням освітлювальних приладів є слушним там, де підтримувати незмінну інтенсивність світла по всій поверхні приміщення.

При доборі апаратури для освітлення беруться до уваги параметри клімату, хімічна діяльність оточення, у цій ситуації слушним рішенням буде монтаж світильників моделі НСП01х100, які обладнані сучасними світлодіодними (LED) джерелами світла, що економлять енергію.

Ключові властивості обраного обладнання включають:

- електрична потужність у 100 Вт;
- Ступінь захисту корпусу IP54 гарантує стійкість до проникнення пилу та вологи, дозволяючи апарату стабільно працювати навіть під час значного навантаження.

2.4. Визначення кількості світильників

Проектування схеми освітлення вимагає скрупульозного прорахунку необхідної кількості світильників, беручи до уваги усі габарити приміщення. Для досягнення цієї мети застосовують підхід, що базується на встановленій висоті кріплення світильників та оптимальному співвідношенні відстаней між ними.

Габарити приміщення свинарника:

- довжина — 140 м;
- ширина — 29 м;
- висота — 5,7 м.

Клас умов експлуатації визначено як вологе, до того ж із посиленою хімічною агресивністю. Згідно з чинними нормами, рівень освітлення повинен сягати щонайменше п'ятдесяти люксів.

Для виконання розрахунків враховано:

- коефіцієнт запасу: $k = 1,13$;
- коефіцієнт нерівномірності освітлення: $Z = 1,13$;
- було обрано світильники моделі НСП01, оснащені LED-лампами;
- найбільш ефективна відносна відстань між світильниками: $\lambda = 1,6$.

Ефективну висоту підвісу освітлювального пристрою визначають за допомогою наступної формули:

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (2.1)$$

де

H_p - розрахункова висота, м.

H - повна висота приміщення (5,7 м),

h_c - проміжок од стелі до середини світла (2,8 м для НСП01),

h_p - висота робочої площини (0 м, оскільки освітлення підлоги).

$$H_p = 5,7 - 2,8 - 0 = 2,9 \text{ м.}$$

Визначаємо кількості світильників

Нижче наводиться розрахунок оптимальної відстані між світильниками:

$$L = \lambda \cdot H_p = 1,6 \cdot 2,9 = 4,64 \text{ м.} \quad (2.2)$$

Визначаємо число світильників у ряду:

$$n_A = \frac{A}{N} = \frac{140}{4,64} = 30,17 \quad (2.3)$$

З урахуванням розривів від стін — 30 світильників у ряду.

Аналогічно визначається кількість рядів:

$$n_B = \frac{B}{L} = \frac{29}{4,64} = 6,25 \quad (2.4)$$

Загальна кількість освітлювальних приладів:

$$N = n_A \cdot n_B = 30 \cdot 6 = 180 \text{ шт} \quad (2.5)$$

Варто врахувати, що зали №1 та №3 є абсолютно однаковими, тому для кожного з них приймається по 180 освітлювальних приладів.

2.5. Розрахунок освітленості за методом коефіцієнта використання світлового потоку

Цей спосіб застосовується лише задля визначення рівня освітлення горизонтальних площин, у випадках в межах закритих виробничих приміщеннях.

Завдання цього обчислення полягає у визначення потрібного світлового потоку джерела світла, аби досягти встановленої нормованої освітленості з урахуванням геометрії приміщення, виду світильників, втрати потужності світла та загальну кількість встановлених приладів.

Формулка, що дозволяє визначити світловий потік для однієї лампи:

$$\Phi = \frac{EkSz}{N\eta} \quad (2.6)$$

- Φ — розрахунковий світловий потік лампи, лм;
- E — нормативна освітленість (приймається 50 лк);
- k — коефіцієнт запасу (для аграрних приміщень — 1,15);
- S — площа приміщення (140 м × 29 м = 4060 м²);
- Z — коефіцієнт нерівномірності (1,15 для прямого освітлення);
- N — кількість світильників (180 шт.);
- η — коефіцієнт використання світлового потоку (визначається на основі геометричних та оптичних характеристик приміщення).

Для обчислення коефіцієнта використання η спочатку визначається індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{H_r(A + B)} = \frac{4060}{2.9 * (140 + 29)} \approx 8.284 \quad (2.7)$$

де H_r — висота підвісу світильника (2,9 м), А — довжина, В — ширина приміщення.

Використовуючи табличні значення коефіцієнтів відбиття (15 % для стелі, 35 % для стін і 15 % для підлоги), а також для обраного світильника типу НСП01 із LED-лампю, розраховано $\eta=0.62$.

Підставляючи значення в основну формулу:

$$\Phi = \frac{50 * 1.15 * 4060 * 1.15}{180 * 0.62} \approx 2405.6 \text{ лм.}$$

Для досягнення необхідного світлового потоку використовується світлодіодна лампа Lemanso 2400, яка забезпечує яскравість рівнем 2400 люмен.

Оскільки реальний світловий потік лампи може відрізнятись від розрахункового, необхідно перевірити відповідність рівня освітленості:

$$E_{\Phi} = \frac{\Phi_{\text{факт}}}{\Phi_{\text{розр}}} * E = \frac{2400}{2405.6} * 50 \approx 49.8 \text{ лк.} \quad (2.8)$$

Похибка перебуває в межах допустимого діапазону ($\pm 10-20$ %), що свідчить про правильність вибору джерела світла.

Потужність системи освітлення:

- потужність однієї лампи: $P_{\text{л}} = 25 \text{ Вт}$,
- Загальна потужність: $P = P_{\text{л}} * N = 25 * 180 = 4500 \text{ Вт}$,
- Питома потужність:

$$P_{\text{пит}} = P / S = 4500 / 4060 = 1,1 \text{ Вт / м}^2$$

2.6. Повірочний розрахунок освітленості точковим методом

Метод точок застосовують для більш детальної оцінки рівня освітлення там, де світло є сфокусованим, спрямованим або використовується для зовнішнього освітлення, а також стосовно поверхонь, які не розташовані горизонтально. Початкова стадія включає створення проєкції розташування джерел освітлення на площині об'єкта як на мал. 2.1

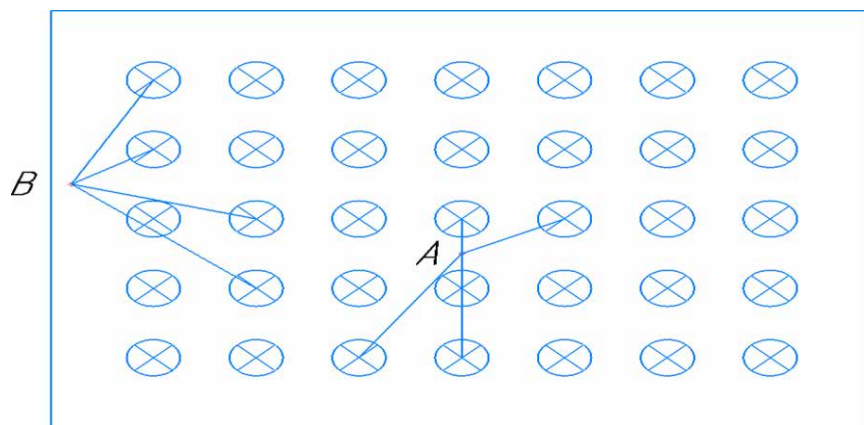


Рис. 2.2. Горизонтальна проекція положення джерел світла

Далі виконується вертикальне проектування, а саме – встановлюється позиція освітлювального приладу стосовно розрахункової точки на поверхні, що освітлюється (точок А і В). Для кожної з цих точок обираються лише ті світильники, які характеризуються найменшою відстанню і, як наслідок, випромінюють найбільшу частку світлового потоку у відповідній точці.

Кут падіння світлового променя визначається через тангенс за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{d}{H_r}, \quad (2.9)$$

де:

d — горизонтальна відстань від розрахункової точки до проекції центру світильника на вертикальну площину;

H_r — висота, на якій підвісили світильник над робочою площиною;

α — це кут, що утворюється між віссю світильника та напрямком, спрямованим до розрахункової точки.

Відстань d на плані приміщення визначають графічним вимірюванням, беручи до уваги масштаб та просторове розташування обладнання.

Сила світла у заданому напрямку обчислюється за формулою:

$$I_\alpha = \frac{(I_\alpha)_T \cdot \Phi_{\text{л}}}{1000}, \quad (2.10)$$

де $(I_\alpha)_T$ – табличне значення потужності світла лампи з потоком 2400 лм;

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік вибраного джерела світла, лм.

Горизонтальний рівень освітленості в певній точці, обумовлений застосуванням відповідного світильника, визначається наступною формулою:

$$E = \frac{(I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha)}{H_p^2}, \quad (2.11)$$

де E – освітленість у певній точці поверхні, лк;

I_{α} - дійсна відстань від світильника до точки прорахунку;

α – кут між віссю світильника та напрямком до точки розрахунку.

Значення, характерні для кожного окремого джерела світла, інтегруються для визначення загального рівня освітлення у певній точці розрахунку. Усі проміжні та підсумкові дані заносяться до Таблиці 2.1, яка слугує основою для подальшого аналізу їхньої відповідності чинним нормативам і вимогам.

Таблиця 2.1

Значення розрахунків

Відстань	$\operatorname{tg} \alpha$	α , град	$\operatorname{Cos}^3 \alpha$	$(I_{\alpha})_t$ кд	I_{α} кд	E лк
$d_{1A}=1,40\text{м}$	0,483	30,752	0,694	229	549,6	45,353
$d_{2A}=2,95\text{м}$	1,017	53,123	0,316	177	424,8	15,961
$d_{3A}=3,90\text{м}$	1,345	60,755	0,186	164	393,6	8,705
$d_{4A}=4,69\text{м}$	1,617	65,035	0,095	142	340,8	3,849
$d_{1B}=2,5\text{м}$	0,862	48,214	0,325	189	453,6	17,529
$d_{2B}=4,42\text{м}$	1,524	63,707	0,096	159	381,6	4,356
$d_{3B}=4,86\text{м}$	1,676	65,741	0,089	141	338,4	3,581
$d_{4B}=6,10\text{м}$	2,103	70,255	0,068	129	309,6	2,503

Для точки А (мах): $\Sigma E = 2d_{1A} + 4d_{2A} + 2d_{3A} + 4d_{4A} = 41,16$ лк.

Для точки В (мах): $\Sigma E = 2d_{1B} + 2d_{2B} + 2d_{3B} + 2d_{4B} = 35,76$ лк.

2.7. Розрахунок освітленості методом питомої потужності

Визначення показників, що базуються на питомій потужності, виконується, спираючись на заздалегідь підготовлені довідкові таблиці. Ці табличні зведення, що містять дані про питому потужність, розроблені із застосуванням підходу коефіцієнта світлового потоку. Обчислювальний процес реалізується за допомогою такої формули:

$$P = P_{\text{пит}} \cdot \frac{S}{N} \cdot n, \text{ Вт}, \quad (2.12)$$

Розрахунок освітлення для приміщення в яких утримуються свині. Норма освітленості $E = 50$ лк. Розміри приміщення: $A=140$ м, $B=29$ м

$$H_{\text{розр}} = h - h_{\text{зв}} - h_{\text{р.п.}}, \quad (2.13)$$

$$H_{\text{розр}} = 2,9 - 0,3 - 0 = 2,6 \text{ м}$$

$$S = 4060 \text{ м}^2$$

$$P = 0,94 \cdot \frac{4060}{180} \cdot 1 = 21,2 \text{ Вт}$$

Вибираємо лампу Вибираємо лампу Lemanso 2400 з світловим потоком 2400 лм. (180 шт)

2.8. Розрахунок освітлення за прямими нормативами

Коли в сільськогосподарському приміщенні монтується лише один світловий прилад, застосовувати методика, що базується на коефіцієнті використання світлового потоку, або точковий спосіб обчислення, не має сенсу.

Контроль за відповідністю освітлення у свинарника, що має площу:

$$E_n = 50 \text{ лк}, S = 4060 \text{ м}^2$$

кількість світильників та розташування їх у рядах були вже встановлені раніше під час розрахунків. У цьому проекті ми застосовуємо світильник моделі Lemanso 2400, чия заявлена світлова віддача становить 2400 лм.

Сукупна кількість світлових приладів, необхідна для досягнення установленого стандарту освітленості, дорівнює 180 штук, що засвідчує дотримання нормативів освітлення для даного тваринницького об'єкта.

Висновки до розділу 2

Було здійснено прорахунок системи освітлення, приймаючи до уваги особливості приміщень (підвищений рівень вологості, наявність хімічно активних речовин). Обґрунтуванням слугував підбір світловипромінювачів, світлотехнічних приладів, типів систем освітлення та їх необхідної кількості.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

3.1. Розрахунок системи опалення в холодний період року

Тепловий потік використаний на випарування вологи із посліду та з мокрих поверхонь приміщення свиноферми, Вт:

$$\Phi_{\text{вип}} = 0.692 \cdot (W); \quad (3.1)$$

$$\Phi_{\text{вип}} = 0.692 \cdot (1095492) = 758080.5, \text{ (Вт)}$$

$W_{\text{вип}}$ – сумарного волого виділення в свинарнику, $W = 1095492$ г/год;

Тепловий потік вільної теплоти, Вт:

$$\Phi_{\text{пт}} = \frac{q_{\text{пт}} \cdot n \cdot m \cdot k_t \cdot 1000}{3600} \quad (3.2)$$

$$\Phi_{\text{пт}} = 5.9 \cdot 47000 \cdot 3 \cdot 1 = 831900, \text{ (Вт)}$$

$q_{\text{пт}}$ – тепловий потік вільної теплоти [2], $q_{\text{пт}} = 5,9$ Вт;

Опір теплопередачі стіни:

$$R_{\text{ст}} = R_{\text{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + R_3 \quad (3.3)$$

$$R_{\text{ст}} = 0.115 + \frac{0.06}{1.51} + \frac{0.1}{0.04} + \frac{0.06}{1.51} + 0.043 = 2.737$$

R_0 – опір теплопередачі (зовнішні стіни, стеля, підлога), $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$;

$R_{\text{в}}$ – значення опору теплопередачі внутрішніх стін [3], $R_{\text{в}} = 0.115$;

R_3 - значення опору теплопередачі зовнішніх поверхонь стін, $R_3 = 0.043$;

$\lambda_{\text{ст}}$ – опір матеріалів та конструкцій [25], $\text{Вт}/\text{м С}$;

$\delta_{\text{ст}}$ – товщина матеріалу, м.

Опір теплопередачі воріт:

$$R_{\text{воріт}} = 0.115 + \frac{0.003}{51} + 0.043 = 0.158$$

Опір теплопередачі перекриття:

$$R_{\text{пер}} = R_{\text{в}} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} + \frac{\delta_7}{\lambda_7} + \frac{\delta_8}{\lambda_8} + \frac{\delta_9}{\lambda_9} + \frac{\delta_{10}}{\lambda_{10}} + \frac{\delta_{11}}{\lambda_{11}} + R_3 \quad (3.4)$$

$$R_{\text{пер}} = 0.115 + \frac{0.04}{0.35} + \frac{0.06}{0.0259} + \frac{0.00017}{0.35} + \frac{0.03}{0.0259} + \frac{0.1}{0.043} + \frac{0.00015}{0.35} + \frac{0.25}{1.51} + 0.043 = 6.239$$

Таблиця 3.1

Теплофізичні характеристики конструкційних матеріалів

Матеріал	Бетон	Пінополістирол	Бетон	Сталь	Асбестоцементні листи	Повітряний прошарок	Гідроізоляція	Повітряний прошарок	Утеплювач IZOVAT	Пароізоляція	Бетон
δ	0.06	0.1	0.06	0.003	0.04	0.06	0.00017	0.03	0.1	0.00015	0.25
λ	1.51	0.04	1.51	51	0.35	0.0259	0.35	0.0259	0.043	0.35	1.51

В залежності від форми конструкції свинарника, ставимо значення 0 або 1.
0 – форма прямокутного паралелепіпеда, 1 – традиційна форма.

Площа поверхні перекриття, м²:

$$f_{\text{пер}} = if \left(-0.9 < \text{Тип} < 0.9, M_{\text{п}} \cdot L_{\text{п}}, \sqrt{\frac{M_{\text{п}}}{2} + h_{\text{п}} \cdot L_{\text{п}} \cdot 2} \right) \quad (3.5)$$

$$f_{\text{пер}} = \sqrt{\frac{29}{2} + 2.85 \cdot 140 \cdot 2} = 1166.293, \text{ м}^2$$

$M_{\text{п}}$ - ширина приміщення, $M_{\text{п}} = 29\text{м}$;

$L_{\text{п}}$ - довжина приміщення, $L_{\text{п}} = 140\text{м}$;

$h_{\text{п}}$ – висота перекриття приміщення, $h_{\text{п}} = 2.85\text{м}$.

Площа поверхні передньої торцевої стінки, м²:

$$f_{\text{п.ст.}} = if \left(-0.9 < \text{Тип} < 0.9, M_{\text{п}} \cdot H_{\text{п}} - f_{\text{вор}}, M_{\text{п}} \cdot H_{\text{п}} + \frac{M_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}}}{2} - f_{\text{вор}} \right) \quad (3.6)$$

$$f_{\text{п.ст.}} = 29 \cdot 2.8 + \frac{29 \cdot 2.85}{2} - 14.4 = 108.125, \text{ м}^2$$

$f_{\text{вор}}$ – площа поверхні воріт, $f_{\text{вор}} = y_3 \cdot z_3 = 14.4\text{м}^2$;

$H_{\text{п}}$ – висота приміщення, м; $H_{\text{п}} = 2.8\text{м}$.

Площа поверхні задньої торцевої стінки, м²:

$$f_{\text{з.ст.}} = if \left(-0.9 < \text{Тип} < 0.9, M_{\text{п}} \cdot H_{\text{п}} - f_{\text{в.в.}}, M_{\text{п}} \cdot H_{\text{п}} + \frac{M_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}}}{2} - f_{\text{в.в.}} \right) \quad (3.7)$$

$$f_{\text{з.ст.}} = 29 \cdot 2.8 + \frac{29 \cdot 2.85}{2} - 38.25 = 84.27, \text{ м}^2$$

$f_{\text{в.в.}}$ – площа поверхні витяжної вентиляції, $f_{\text{в.в.}} = y_2 \cdot z_2 \cdot n_{\text{в.в.}} = 38.25\text{м}^2$.

Площа поверхні бокової стінки, м²:

$$f_{б.ст.} = H_{п.} \cdot L_{п.} \cdot 2 - f_{п.в.} \quad (3.8)$$

$$f_{б.ст.} = 2.8 \cdot 140 \cdot 2 - 14.08 = 769.92, \text{ м}^2$$

$f_{п.в.}$ – площа поверхні притяжної вентиляції, $f_{п.в.} = x_1 \cdot z_1 \cdot n_{п.в.} = 14.08 \text{ м}^2$.

Основні втрати теплоти через окремі зовнішні огорожі, Вт:

$$\Phi_{0.3.0.}^1 = \left(\frac{f_{в.ор.}}{R_{в.ор.т.}} \right) \cdot (t_{з.п.} - t_{вн.}) + \left[\frac{f_{п.в.} + f_{б.в.}}{R_{0.п.в.}} \right] \cdot (t_{вн.} - t_{з.п.}) \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned} \Phi_{0.3.0.}^1 &= \left(\frac{14.4}{0.158} \right) \cdot (17 - (-20)) + \left[\frac{14.08 + 38.25}{0.75} \right] \cdot (17 - (-20)) \\ &= 5952.5, \text{ (Вт)} \end{aligned}$$

$t_{вн.}$ – температура повітря в приміщенні, $t_{вн.} = 17^\circ\text{C}$;

$t_{з.п.}$ – температура зовнішнього повітря, $t_{з.п.} = -20^\circ\text{C}$;

Опір теплопередачі притяжної вентиляції, $R_{0.п.в.} = 0.75 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт)}$.

$$\Phi_{0.3.0.}^2 = \left[\frac{f_{п.ст.} + f_{з.ст.} + f_{б.ст.}}{R_{ст.}} \right] \cdot (t_{вн.} - t_{з.п.}) \quad (3.10)$$

$$\Phi_{0.3.0.}^2 = \left[\frac{108.125 + 84.27 + 769.92}{2.737} \right] \cdot (17 - (-20)) = 13009, \text{ (Вт)}$$

Основні втрати теплоти через поверхню перекриття, Вт:

$$\Phi_{пер.} = \left(\frac{f_{пер.}}{R_{пер.}} \right) \cdot (t_{вн.} - t_{з.п.}) \quad (3.11)$$

$$\Phi_{пер.} = \left(\frac{1166.293}{6.239} \right) \cdot (17 - (-20)) = 6916.6, \text{ (Вт)}$$

Додаткові тепловтрати, які складають 10% від тепловтрат окремих зовнішніх огорож, Вт:

$$\Phi_{дод.} = (\Phi_{0.3.0.}^1 + \Phi_{0.3.0.}^2) \cdot 0.1; \quad (3.12)$$

$$\Phi_{дод.} = (5952.5 + 13009.1) \cdot 0.1 = 1896.2, \text{ (Вт)}$$

$R_{у.п.}$ - опір теплопередачі утеплених підлоги [3]. Опір теплопередачі $R_{у.п.}$ для першої зони складає 2,15, для другої – 4,46, для третьої – 8,6, для інших зон складає 14,2 м²·°C/Вт.

$$R_{у.п.}^1 = 2.15; \quad R_{у.п.}^2 = 4.46; \quad R_{у.п.}^3 = 8.6; \quad R_{у.п.}^4 = 14.2.$$

Площа однієї зони утепленої підлоги, м²:

$$\Phi_{\text{уп}} = \left(\frac{f_{\text{у.п.}}}{R_{\text{у.п.}}^1} + \frac{f_{\text{у.п.}}}{R_{\text{у.п.}}^2} + \frac{f_{\text{у.п.}}}{R_{\text{у.п.}}^3} + \frac{f_{\text{у.п.}}}{R_{\text{у.п.}}^4} \right) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.п.}}) \quad (3.13)$$

$$\Phi_{\text{уп}} = \left(\frac{630}{2.15} + \frac{630}{4.46} + \frac{630}{8.6} + \frac{630}{14.2} \right) \cdot (17 - (-20)) = 32899.4, (\text{м}^2)$$

Площа поверхні утепленої підлоги, м^2 :

$$f_{\text{у.п.}} = \frac{M_{\text{п}} \cdot L_{\text{п}}}{4} \quad (3.14)$$

$$f_{\text{у.п.}} = \frac{29 \cdot 140}{4} = 1015$$

Тепловтрати на нагрів інфільтруючого повітря. Вони приймаються рівними 30% загальним тепловтратам через всі огорожі, Вт:

$$\Phi_{\text{інф}} = \Phi_{\text{о.з.о.}}^2 \cdot 0.3 \quad (3.15)$$

$$\Phi_{\text{інф}} = 13009.1 \cdot 0.3 = 3903, (\text{Вт})$$

Теплота використана на нагрів припливного повітря, Вт:

$$\Phi_{\text{в}} = 0.278 \cdot Q_{\text{в}} \cdot \rho \cdot c_p \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.п.}}) \quad (3.16)$$

$$\Phi_{\text{в}} = 0.278 \cdot 155664 \cdot 1.177 \cdot 1.0056 \cdot (17 - (-20)) = 1895118.8, (\text{Вт})$$

Необхідний повітрообмін: $Q_{\text{в}} = 155664$;

Питома об'ємна теплоємність повітря при температурі 0°C і нормальному тиску [5], $\text{кДж}/(\text{кг К})$, $c_p = 1.0056$;

Густина повітря при температурі приміщення: $\rho = 1.177$.

Загальні тепловтрати через всі огорожі, Вт:

$$\Phi_{\text{огр}} = \Phi_{\text{інф}} + \Phi_{\text{уп}} + \Phi_{\text{дод}} + \Phi_{\text{пер}} + \Phi_{\text{о.з.о.}}^1 + \Phi_{\text{о.з.о.}}^2 \quad (3.17)$$

$$\Phi_{\text{огр}} = 3903 + 32899.4 + 1896.2 + 6916.6 + 5952.5 + 13009 = 64576.8, (\text{Вт})$$

Розраховуємо теплову потужність системи опалення, Вт:

$$\Phi_{\text{оп}} = \Phi_{\text{огр}} + \Phi_{\text{в}} + \Phi_{\text{вип}} - \Phi_{\text{пт}}; \quad (3.18)$$

$$\Phi_{\text{оп}} = 64576.8 + 1895118.8 + 758080.5 - 831900 = 1885876.1, (\text{Вт})$$

3.2. Висновки до розділу 3.

Проведено розрахунок системи опалення, знайдено, що при традиційній системі опалення необхідно близько 1885,8 кВт теплової енергії.

РОЗДІЛ 4 ВИБІР НАПРУГИ І СХЕМИ ЖИВЛЕННЯ ОСВІТЛЕННЯ В СВИНАРНИКУ

4.1. Вибір напруги та схеми живлення

Електричне живлення сільськогосподарських споруд для потреб освітлення переважно забезпечується від трансформаторних пунктів, котрі підключені до зовнішніх енергомереж. Стандартним підходом для побудови мереж освітлення є трифазна чотирипровідна конфігурація з номіналом напруги 380/220 В при заземленому нейтральному провіднику. За певних умов може застосовуватися напруга 220 В із ізольованою нейтраллю.

В найвіддаленіших частинах освітлювальної системи просідання напруги не має бути більше, ніж 7.5% від її номінального рівня за робочих умов.

Коли головні пристрої, що споживають електроенергію, функціонують від мережі напругою 380 В, живлення для освітлювальних систем слід подавати паралельно з активним навантаженням — використовуючи ті самі трифазні трансформатори, що мають заземлену нейтраль. У такій конфігурації для живлення ламп обирають однофазну двопровідну схему з робочою напругою 220

4.2. Вибір напруги освітлювальної мережі залежно від характеристики приміщення

Живлення системи робочого освітлення від електричної мережі дозволяється лише тоді, коли напруга у приміщеннях із природним освітленням є стабільною та відповідає встановленим нормам.

На об'єктах аграрного сектору допускається реалізація чергового чи аварійного освітлення не виключно через виділену лінію електропостачання, але й через приєднання до того ж ввідного пристрою, що живить робоче освітлення.

Джерела освітлення, зазвичай, приєднуються паралельно до загальної електричної мережі змінного струму. У системах, що використовують фази, трапляються такі схеми розподілу навантаження:

- двопровідна однофазна конфігурація (коли нейтраль заземлена);
- трипровідна двофазна система, що включає нульовий провідник;
- трипровідна трифазна схема, котра обходиться без нейтралі;
- чотирипровідна трифазна мережа, оснащена нульовим проводом.

Ці схеми дають змогу досягти найкращого розподілу робочого тягара, зважаючи на особливості мережі та поточні умови функціонування.

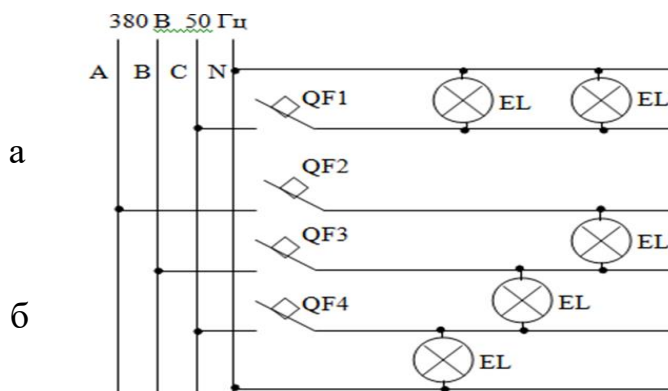


Рис. 4.1. Ілюстративний приклад утілення

Рис. 4.1. (а) двопровідне однофазне підключення із заземленою нейтраллю; (б) чотирипровідна трифазна мережа з нейтральним провідником.

Монтаж запобіжників у нейтральних жилах три- і чотирипровідних мережах суворо заборонений.

У випадку, коли освітлювальна мережа в споруді потребує значної величини електричної потужності, дозволено більше одного розподільчого щитка.

Свинарник

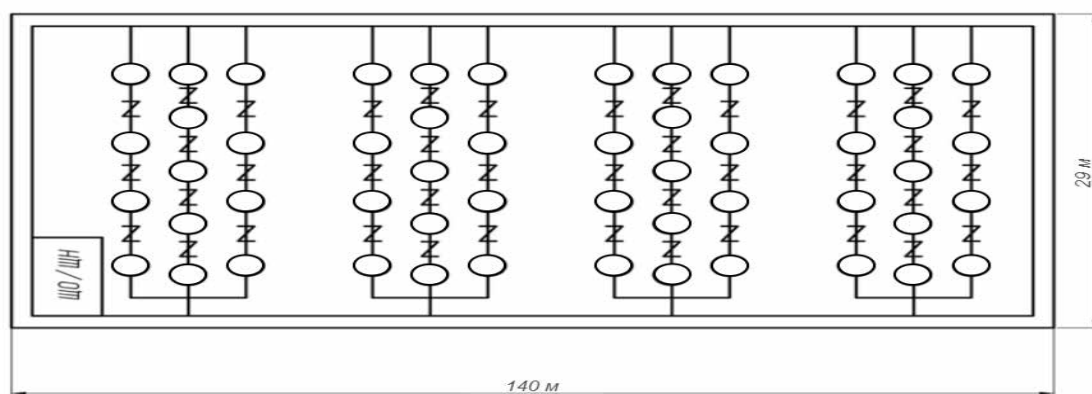


Рис. 4.2. План розміщення світильників у свинарниках

4.3. Визначення місць розташування живильних, групових щитків, прокладка траси мережі і розбивка на групи

Встановлення живильних та групових щитів здійснюється у вузлах з'єднання магістральних та гілкових мереж, там, де обслуговування не становить жодних труднощів. Рекомендована висота для закріплення цих щитів лежить у межах від 1,4 до 1,7 метра від підлоги.

Маршрут для електричних світильників задається, виходячи з розміщення самих джерел світла. Плануючи цей маршрут, ми мусимо зважити на такі моменти: найкоротший шлях прокладання кабелю; зручність подальшого технічного обслуговування апаратури.

Групуємо світильники зважаючи на встановлені обмеження щодо гранично допустимої потужності та максимальної кількості пристроїв у групі.

Електророзподільчі щити підбирають, керуючись їхнім функціональним призначенням (для силових мереж чи освітлення), числом контурів, типом та розрахунковими параметрами апаратури, що монтується, а також потужністю та вимогами до захисту. Наш вибір падає на освітлювальний розподільний щит моделі ШМР-Н-24, призначений для монтажу.

Розміщення захисного щита для освітлювального обладнання здійснюється у зоні, призначеній для заготівлі кормів. В приміщенні для свині встановлено 180 світильників НСП 01x100 “Астра 11” з лампами Lemanso 2400.

Для освітлення, що підтримує загальний рівень, виділяється власна електрична лінія, а число світильників у цій групі становить 10% від сумарної кількості світильників, призначених для робочого освітлення.

Кількість груп та світильників що входять в групу:

1. група складає 45 світильників;
2. група складає 45 світильників;
3. група складає 45 світильників;
4. група складає 45 світильників.

4.4. Розрахунок перерізу проводу, способів прокладки

Вибір перерізу проводів, які застосовуються для подачі енергії до освітлювальних установок, базується на двох головних критеріях: гарантуванні прийнятних температурних режимів під час безперервної роботи та забезпеченні належного запасу міцності механічної властивості. Додатково, визначений переріз зобов'язаний відповідати вимогам щодо максимально дозволеного відсотка зниження напруги у розподільчій мережі.

Для освітлювальних мереж прийнятною розглядається величина втрати напруги, яка не перевищує 2,5 % від номінального значення. Під час обчислення площі поперечного перерізу провідника в дотриманні такої вимоги:

$$I_{\text{роб}} \leq I_{\text{дов.доп}}, \quad (4.1)$$

де $I_{\text{роб}}$ - розрахункова сила струму освітлювального навантаження, А;

$I_{\text{дов.доп}}$ - довготривало допустимий струм для вибраного проводу, А.

Для визначення сили струму, що припадає на групу чи ввід до певного приміщення, слід застосовувати наступну формулу:

$$I_{\text{роб}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}}}, \text{ А}, \quad (4.2)$$

$$I_{\text{роб}} = 4500 / (380\sqrt{3}) = 6,84 \text{ А}$$

Виходячи з отриманих даних, та зважаючи на допустимі струмові величини, приймається мідний дріт із площею перерізу 2,5 мм² для індивідуальних ланцюгів та 4 мм² для магістрального підведення.

Аби мати змогу з'ясувати, наскільки великими є втрати електроенергії на певних відрізках електричної мережі, застосовують такий розрахунок:

$$\Delta U = \frac{\sum P \cdot L}{c \cdot S}, \quad (4.3)$$

де: S — поперечний переріз провідника, мм²;

$\sum P$ — сумарна споживана потужність на ділянці, кВт;

L — довжина кабельної лінії до центру навантаження, м;

c — коефіцієнт, що залежить від матеріалу проводу та схеми живлення.

Розрахункова схема освітлення представлена на рис.4.3.

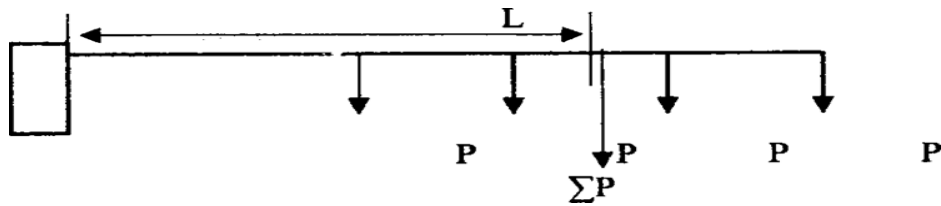


Рис. 4.3. Розрахункова схема освітлення

Для прикладу, у групах розрахунки дали такі результати:

$$1 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 180 / 25 \cdot 2,5 = 0,258\% \quad I_{\text{гр}} = 400 / 220 = 1,81 \text{ A}$$

$$2 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 180 / 25 \cdot 2,5 = 0,258\% \quad I_{\text{гр}} = 400 / 220 = 1,81 \text{ A}$$

$$3 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 180 / 25 \cdot 2,5 = 0,258\% \quad I_{\text{гр}} = 400 / 220 = 1,81 \text{ A}$$

$$4 \text{ група: } \Delta U = 0,896 \cdot 180 / 25 \cdot 2,5 = 0,258\% \quad I_{\text{гр}} = 280 / 220 = 1,27 \text{ A}$$

Зважаючи на те, що у кожному окремому випадку падіння напруги не перевищує гранично допустимих 2,5 %, це означає, що обраний розмір жил проводу цілком задовольняє усім необхідним умовам.

Враховуючи те, що рівні струмів у всіх підгрупах є невеликими, для мереж освітлення обрано кабель ВВГ 3×2,5 з мідними провідниками. Для підведення живлення до розподільчого щита застосовується кабель ВВГ перерізом 4×4, що надає необхідний резерв у плані пропускну здатності по струму.

Прокладання електропроводки у приміщенні виконується відкритим методом на металевих оцинкованих смужках завширшки 16 мм та завтовшки 0,8 мм. Смужки закріплюються до елементів стін і стелі за допомогою дюбелів. Кріплення здійснюється з інтервалом 500 мм по довжині. На ділянках з'єднання та розгалуження залишають виробничий запас кабелю не менше 150 мм.

4.5. Вибір пускової та захисної апаратури

Аби убезпечити електричні мережі освітлення від замикань та надмірних навантажень, а також для можливості вмикання-вимикання, використовують або плавкі вставки, або автоматичні вимикачі, обладнані електромагнітними механізмами спрацьовування. Номінальні показники струмів, при яких

спрацьовує цей захист, визначаються виходячи з розрахункового рівня навантаження на лінії освітлення.

Добір автоматичних вимикачів або вставок запобіжників виконується за умовою:

$$I_{вст} \geq I_{роб},$$

де $I_{вст}$ - номінальний струм плавкого елемента запобіжника чи вимикача, А;

$I_{роб}$ - проектний робочий струм освітлювальної лінії, А.

На основі цього для кожної освітлювальної групи добираємо автоматичні вимикачі типу УЕК ВА47-29 з номінальним струмом 2,5 А.

Номінальні струми вставок електромагнітних розщиплювачів:

1. групи $I_{розщ}=1,81\text{А}$

2. група $I_{розщ}=1,81\text{А}$

3. група $I_{розщ}=1,81\text{А}$

4. група $I_{розщ}=1,81\text{А}$

На ввід до освітлювального щита ставимо трифазний автоматичний вимикач ВА47-29 3х полюсний.

($I_{ном}=8\text{А}$, $I_{розщ}=7,24\text{А}$).

4.6. Визначення способів захисту від враження електричним струмом

Обезпечення безпеки персоналу від ураження електричним струмом у мережах освітлення виконується згідно із зазначеннями визначених нормативних актів, а саме "Правил виконання технічної безпеки під час роботи з електроустановками, що перебувають у користуванні споживачів".

Кожний окремих провідник на електрощиті мусить бути чітко позначений, аби було зрозуміло, куди він веде, який має номер у групі освітлення, яку розраховану силу струму підтримує та тип захисного пристрою.

Встановлення світильників допускається на висоті:

– 2,5 – 3,0 м від рівня підлоги – для апаратури з відкритими лампами розжарювання;

– не менше 2,5 м – для люмінесцентних приладів за умови недосяжності струмоведучих частин.

З'єднання дротів із електрообладнанням чи кабелем здійснюється через використання визначених клем або спеціальних накінецьників. Для багатожильних мідних провідників, переріз яких не перевищує 2,5 мм².

Усі точки зведення та відгалужень, які проходять крізь труби, мають бути реалізовані лише у з'єднувальних коробках, котрі гарантують належний механічний захист і дають змогу проводити огляд.

Таблиця 4.1.

Кількість приладів

№ п/п	Найменування	Од.	Кількість
1	Освітлювальний щиток ШМР-Н-24	шт.	1
2	Світильник типу НСП01	шт.	1800
3	Лампа Lemanso 2400	шт.	1800
4	Провід ВВГ (3×2,5)	м	15680
5	АЕ 20–20	шт.	10
6	Автоматичний вимикач ВА 47-29	шт.	64
7	Провід ВВГ (4×4)	м	192

4.7. Вимоги електробезпеки до освітлювального обладнання

Аби гарантувати потрібний ступінь електробезпеки у приміщеннях, де застосовується світлове устаткування.

Ключові аспекти, що стосуються експлуатування та архітектурного планування систем освітлення, охоплюють наступне:

- гарантування надійної й неперервної функціональності світлотехнічного обладнання в обмеженнях заданого середовища.
- повна усунення ризику настання небезпечних подій, спричинених небезпекою ураження електричним струмом, виникненням пожеж чи детонації;
- створення умов для швидкої заміни елементів електропроводки чи кабельних трас, що вийшли з ладу або спрацювалися;

– монтаж освітлювальних приладів та електроапаратури для проведення технічного обслуговування робітникам;

Світлотехнічна відомість представлена у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Світлотехнічна видимість

№ п/п	Назва приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Площа, м	Умови середовища	Коеф. відбив		Нормована освітленість, лк	Коефіцієнт запасу	Світильник			Загальна потужність, Вт	Питома потужність, Вт/м2	К-ть шт/сесельн. роєток шт
							стелі	стін			Тип	Потужн. лампи, Вт	Кількість, шт.			
1	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
2	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
3	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
3	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
4	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
5	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
6	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
7	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
8	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
9	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.
10	Свинарник	140	29	5,7	40,6	вологе з хім акт середовищем	35	15	50	1,13	НСП01	25	180	4500	1,1	.

Висновки до розділу 4

Було підібрано напруги та схем живлення, базуючись на особливостях експлуатаційного середовища. Здійснено локалізацію розподільчих щитів, прокладання кабельних трас, а також розраховано необхідний калібр для електропроводів.

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ 10 кВ

5.1. Розрахунок сумарної потужності заданого дільниці свинарника

Аби визначити сумарну потужність електроенергетичних приймачів, їх доцільно згрупувати (окремо для пікових денних та вечірніх періодів). У кожен таку групу належать споживачі, що мають схожі властивості, причому їхня потужність не повинна відрізнятися більш ніж у чотири рази.

У певних групах потужності сумуються за допомогою коефіцієнта одночасності:

$$P_{д} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i, P_{в} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i$$

$$P_{д} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i, \quad (5.1)$$

$$P_{в} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i, \quad (5.2)$$

Складаємо переліки споживачів Група № 1: КПП, 10 свинарників, водонапірна вежа, кормороздавач, технічне приміщення.

Розраховуємо денне і вечірнє навантаження в групах

Група № 1

10 свинарників $K_0=0,8$

$$P_{д(1)} = (0,8 * (2,5 * 14 + 0,5 * 7 + 7 + 3,8)) * 10 = 394,4 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = (0,8 * (2,5 * 14 + 0,5 * 7 + 7 + 3,8)) * 10 = 394,4 \text{ кВт}$$

КПП $K_0=0,9$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (4 + 0,08 + 0,035) = 3,70 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (4 + 0,08 + 0,035) = 3,70 \text{ кВт}$$

Кормороздавач $K_0=0,9$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (4 * 4) = 14,4 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (4 * 4) = 14,4 \text{ кВт}$$

Водонапірна башта $K_0=0,9$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (1 * 9,5) = 8,55 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (1 * 9,5) = 8,55 \text{ кВт}$$

Технічне приміщення $K_0=0,9$

$$P_{д(1)}=0,9*(4+0,08+0,35)= 3,99 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)}= 0,9*(4+0,08+0,35)= 3,99 \text{ кВт}$$

Загальна потужність для груп освітлювальних приладів розраховується із застосуванням відповідних поправочних доданків, згідно із формулою:

$$P = P_{max} + \Delta P(P_{min}) , \quad (5.3)$$

де P_{max} - основне (більше) навантаження групи;

$\Delta P(P_{min})$ - додаткова потужність, що враховує менше навантаження для сумісного вводу.

Вже надвечір, окрім того, що зазвичай споживається, слід враховувати енергоспоживання, яку "тягнуть" зовнішні світильники, як-от ліхтарі на вулицях.

Розрахунок потужності зовнішнього освітлення майданчика свинарника здійснюється за такою формулою::

$$P_{з.о.} = P_{в.н.} \cdot L_{в} \cdot 10^{-3} , \quad (5.4)$$

де $P_{в.о.}$ - повне навантаження зовнішнього освітлення, кВт;

$P_{в.н.}$ - норма освітлення на одиницю завдовжки, Вт/м;

$L_{в}$ - загальна довжина вуличних ділянок, м.

$$P_{з.о.}=8 \cdot (2 \cdot 489) \cdot 10^{-3} = 7,82 \text{ кВт.}$$

Зовнішнє освітлення береться до уваги у вечірньому максимумі із коефіцієнтом одночасності $K_0=1$, себто повним увімкненням усіх джерел.

Сумарна потужність груп денного максимуму:

$$\sum P_{д}=3,99+\Delta 394,4+\Delta 3,70+\Delta 14,4+\Delta 8,55$$

$$\sum P_{д}= 3,99 + 295,8 + 2,77 + 10,8 + 6,41 = 319,77$$

Сумарна потужність груп вечірнього максимуму:

$$\sum P_{д}=3,99+\Delta 394,4+\Delta 3,70+\Delta 14,4+\Delta 8,55+P_{з.о}$$

$$\sum P_{д}=3,99+\Delta 394,4+\Delta 3,70+\Delta 14,4+\Delta 8,55+5,86 = 325,63$$

5.2. Розрахунок електричних навантажень мережі 10 кВ

Розробка проекту повітряної лінії електропередачі, розрахованої на напругу 10 кВ, вимагає з'ясування очікуваних електричних навантажень, що припадуть на трансформаторні пункти з напругою перетворення 10/0,4 кВ. Також необхідно визначити величину навантаження на специфічних сегментах як повітряної, так і кабельної траси, а потім підібрати відповідний переріз провідників, виходячи з прогнозованих показників струмів. Розрахункова потужність для планового року визначається за допомогою наступного рівняння:

$$P_p = K_n \cdot P_m, \quad (5.5)$$

Де P_m — максимально можливе навантаження трансформаторної підстанції, а K_n — коефіцієнт приросту, чия величина визначається різновидом споживачів та очікуваним часовим інтервалом. Конкретно, для тих, хто споживає у сфері виробництва, у разі прогнозованого десятиріччя, застосовується певна величина цього коефіцієнта, що більш докладно висвітлена у Таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Значення коефіцієнта зростання навантаження

Вид споживачів	Розрахунковий рік		
	5	7	10
Виробничі	1,3	1,4	<u>2,1</u>

Отже, для підстанції з максимальним навантаженням 500 кВт розрахункова потужність на десятирічний період становить:

$$P_p = 400 \cdot 0,814 = 325,63 \text{ кВт.}$$

Визначення впливу графіку споживання відбувається шляхом опрацювання коефіцієнтів залученості навантаження у денні та вечірні пікові години. Стосовно промислових споживачів, ці коефіцієнти встановлюються на рівні одиниці (тобто, $K_d = K_v = 1,0$), що свідчить про те, що повна потужність даного навантаження задіяна в обох пікових інтервалах доби. Отже, денна та вечірня величини навантаження для розглянутого випадку будуть ідентичними:

$$P_d = P_v = 325,63 \text{ кВт.}$$

Отримані розрахункові параметри заносяться до визначеного табличного формату навантажень, який слугує підставою для конструювання електричних мереж напругою 10 кВ. Щодо місця підключення вказаного населеного пункту до основної лінії 10 кВ, до фінальної таблиці вписуються сумарні розрахункові показники потужностей, які були виведені для кожної окремої трансформаторної підстанції, беручи до уваги сукупність типу споживачів і прогнозного періоду. Надалі ця інформація застосовується для обчислення електричних величин навантажень у межах певних ділянок лінії.

Розрахунок значень навантажень, що припадають на сегменти повітряних чи кабельних мереж з робочою напругою 10 кВ, ініціюється від найбільш віддаленого кінцевого пункту – трансформаторної підстанції (ТП). Для кожного відрізка цієї мережі проводиться кумулятивне додавання розрахункових потужностей усіх трансформаторів, при цьому необхідно обов'язково розрізняти показники для денної та вечірньої годин пік. Вся необхідна інформація для цих обчислень черпається з уже підготовлених зведених таблиць, де зафіксовані величини навантажень для кожної окремо взятої ТП.

Під час проведення аналітичних заходів для кожного сегмента лінії електропередачі обчислюється пара основних показників. Це робоче завантаження $P_{\text{вир}}$, яке в денні години охоплює потужність, що надходить від трансформаторних пунктів, які обслуговують як промислові, так і змішані групи споживачів, тоді як у вечорі цей показник включає лише навантаження від промислових об'єктів. Береться до уваги повне навантаження $P_{\text{заг}}$, яке відображає сумарне електроспоживання від усіх типів підключених трансформаторних пунктів.

Визначення навантажень у мережі 10 кВ здійснюється через заповнення таблиць, це дає впорядкувати споживані потужності для кожного окремого відрізка. Для підбору оптимального перерізу провідника використовується підхід, базований на зменшенні сукупних витрат, як початкові інвестиції, так і поточні операційні витрати в розрахунку на одиницю довжини траси. У цьому

процесі задіюється розрахункова потужність S_e , визначена спеціально для кожного сегмента. Величина S_e зіставляється з визначеними нормативними діапазонами потужностей, з чинними документами та економічною доцільністю.

На підставі наданих обчислень до таблиці заносяться усі ключові показники: тип трансформаторної підстанції, її потужність, характер навантаження, розрахункові денні та вечірні навантаження. У підсумку формується розрахункова схема розподільної мережі 10 кВ з навантаженнями (рис. 5.1), яка застосовується як база для подальшого визначення конструкції.

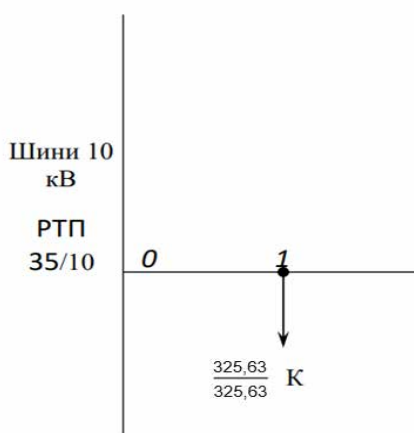


Рис. 5.1. Ілюстрація схеми розподільчої мережі 10 кВ з навантаженнями

Таблиця 5.2

Розрахунок навантажень лінії 10 кВ

Ділянка	Вид навантаження	Навантаження							
		Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
		$P_{дб}$	$P_{дм}$	$\Delta P(P_{дм})$	$P_{дл}$	$P_{вб}$	$P_{вм}$	$\Delta P(P_{вм})$	$P_{вд}$
0-1	$P_{вир}$	-	-	-	-	-	-	-	-
	$P_{заг}$	319,77	-	-	319,77	325,63	-	-	325,63

Аби визначити, яке навантаження припадає на відрізок повітряної лінії електропередач 10 кВ, застосовують концепцію так званої розрахункової потужності. Вона бере до уваги як найбільші денні, так і вечірні показники фактичної споживаної потужності. Розрахунок цієї розрахункової потужності здійснюється відповідно до такого виразу:

$$S_e = K_d \cdot S_M, \quad (5.6)$$

де: S_e — еквівалентна повна потужність, кВА;

S_e — найбільше значення повної потужності, яке визначається як максимум між денним (S_d) та вечірнім (S_v) навантаженням, кВА;

K_d — коефіцієнт, що відображає майбутнє зростання завантаження (для розподільних мереж у сільській місцевості, згідно з чинними нормативами, встановлюється на рівні $K_d=0.7$). Для того, щоб розрахувати величини S_d та S_v , спочатку потрібно визначити відповідні активні потужності при добовому та вечірньому навантаженнях (P_d , P_v), беручи до уваги коефіцієнт потужності $\cos\varphi$:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}, \quad (5.7)$$

де:

P — активна потужність (Вт або кВт),

$\cos\varphi$ — коефіцієнт потужності (для індуктивного навантаження зазвичай приймається в межах 0.85–0.95).

У поданому прикладі максимальне навантаження становить: $S_m=21$ кВА.

Інші обрахунки представлені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3

Різні параметри і відповідні результати

Ділянка	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S_m , кВА	S_e , кВА	Провідник i_d	Втрати напруги,	
	$P_{\text{вир}}/P_{\text{заг}}$	$\cos\varphi$	S_d	$P_{\text{вир}}/P_{\text{заг}}$	$\cos\varphi$	S_v				ΔU_ϕ	$\Sigma\Delta$
0-1	0	0.9	365,6	0	0.9	371,46	371,46	260,02	АВВГ-50	0.36	0.36

Опісля того, як вже було здійснено первинний добір провідників для повітряної мережі на 10 кВ, керуючись міркуваннями економічної доцільності стосовно потужності, не завадить здійснити верифікацію щодо дозволеної величини втрат напруги. Згідно з чинними настановами щодо експлуатації, зниження напруги не має права перевищувати визначеної межі, а саме:

$$\Delta U_{\phi} < U_{\text{доп}}$$

Розрахунок Підрахунок дійсної втрати напруги на окремій ііі-тій ділянці провадиться за формулою:

$$\Delta U_{\phi} = \frac{\frac{P_i \cdot r_i}{U_n} + \frac{Q_i \cdot x_i}{U_n}}{10} \cdot U_n, \quad (5.8)$$

де: P_i — активне навантаження на відповідній ділянці, кВт;

Q_i — реактивне навантаження, кВАр;

r_i — активний опір провідника на цій ділянці, Ом;

x_i — реактивний опір провідника, Ом;

U_n — номінальна напруга мережі, кВ.

Для виявлення реактивної потужності використовується залежність:

$$Q_i = \sqrt{S_M^2 - P_i^2}, \quad (5.9)$$

де S_i — повна потужність, кВА.

Активні та реактивні опори задаються формулою, що включає питомі опори, помножені на довжину потрібної секції:

$$r_i = r_{0i} \cdot L_i, \quad (5.10)$$

$$x_i = x_{0i} \cdot L_i, \quad (5.11)$$

де: L_i — протяжність ділянки, км;

r_0, x_0 — питомі активний та реактивний опори проводу, Ом/км.

Для кольорових провідників у лініях 6–35 кВ приймають $x_0 = 0.4 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$.

Приклад розрахунку:

$$Q_1 = \sqrt{371,46^2 - 325,63^2} = 178,73$$

$$r_1 = 0,6 \cdot 0,5 = 0,3$$

$$x_1 = 0,4 \cdot 0,5 = 0,2$$

$$\Delta U_{\phi} = \left(\frac{325,63 \cdot 0,3}{10} + \frac{178,73 \cdot 0,2}{10} \right) / (10 \cdot 10) = 0,36$$

У межах початкового сегмента електричної мережі падіння напруги не виходить за межі дозволених значень, що підтверджує коректність визначення площі поперечного перерізу кабелю.

Задля абсолютної перевірки, обчислення повторюють для кожного окремого фрагмента цієї мережі. Отримані дані фіксуються у спеціальній таблиці, де обов'язково вказується: споживана активна та реактивна потужності, протяжність відповідної ділянки, питомі показники опору, а також розраховане зниження напруги.

Величина напруги, яку фактично отримує кожен пристрій, що споживає електроенергію, складається із сукупності падінь напруги на всіх відрізках лінії живлення. Щоб ця оцінка була достовірною, є нагальна потреба у проведенні окремих обчислень для сценаріїв денного та вечірнього навантаження, адже величина втрат може суттєво варіюватися залежно від того, як саме відбувається споживання енергії. У випадках, коли відома тенденція до максимальних втрат протягом доби, тоді розрахунок потрібно здійснювати під цей робочий режим.

Розрахунок допустимих падінь напруги базується на граничних допустимих відхиленнях напруги, що фіксуються на шинах 10 кВ розподільчих трансформаторних підстанцій (РТП). Згідно з чинними нормативними актами, відхилення напруги безпосередньо у точці приєднання споживача не має виходити за межі 5% від його номінального значення.

Коли розробляємо таблицю втрат напруги, необхідно брати до уваги два граничні сценарії підключення трансформаторних пунктів:

- найближча ТП — підключена безпосередньо до шин 10 кВ РТП; у такій ситуації втрати електроенергії на лінії повітряного транспортування 10 кВ або ж відсутні, або ж є мізерними;
- Найбільш віддалена ТП знаходиться у фінальній точці секції живлення, через що там фіксуватимуться найбільші падіння напруги;
- беремо до уваги дію двох різних рівнів споживання потужності:
- максимального котрий відображає години найбільшого попиту;

– мінімум (25%), характерний для нічного часу чи нештатних ситуацій.

На кожній трансформаторній підстанції розглядається пара споживачів:

1. ближній — приєднаний безпосередньо до шин низької напруги 0,4 кВ;
2. віддалений — живиться через найдовшу відгалужену мережу 0,38 кВ,

де, як правило, реєструється найбільше зниження напруги.

Аби встановити граничне значення втрати напруги у системі, слід орієнтуватися саме на найменш сприятливий випадок — обставину, коли найбільш віддалений споживач живиться через найдовшу ділянку від найбільш віддаленої ТП у момент максимального навантаження. У таблиці 5.4 наведено прорахунок припустимої втрати напруги.

Таблиця 5.4

Розрахунок допустимої втрати напруги

Елемент мережі	Ближня ТП		Віддалена ТП	
	100%	25%	100%	25%
Шини 10 кВ РТП	+3	-2	+3	-2
Лінія 10 кВ	0	0	-6,6	-1,65
ТП 10/0,4кВ:				
постійна надбавка	+5	+5	+5	+5
регульована надбавка	0	0	0	0
втрати напруги	-4	-1	-4	-1
Лінія 0,38 кВ	-11	0	-4,4	0
Споживач	-5	2<5	-5	0,35<5
Допустиме відхилення напруги	-5	+5	-5	+5

Для оцінювання технічної спроможності системи електропостачання потрібно визначити граничні величини втрат напруги у лініях електропередач (ЛЕП) напругою 10 кВ та 0,4 кВ. Загальне дозволене падіння напруги у системі обчислюється за формулою:

$$\sum \Delta U_{\text{леп}}^{100} = \Delta U_{10}^{100} + \Delta U_{0,38}^{100} = V_{10}^{100} + (V_{\text{ст}} + V_{\text{в}}) - \Delta U_{\text{т}}^{100} - V_{\text{сп}}^{100}, \quad (5.12)$$

$$\sum \Delta U_{\text{леп}}^{100} = 3 + 5 - 2 + 5 = 11$$

Для провадження подальших роздумів, загальноприйнятний ліміт падіння напруги розподіляється між повітряними лініями електропередач номіналом 10 кВ та 0,4 кВ відповідно, у пропорції шістдесят до сорока відсотків:

$$\Delta U_{10}^{100} = 0,6 \cdot 11 = 6,6\%, \quad \Delta U_{0,38}^{100} = 0,4 \cdot 11 = 4,4\%.$$

Стосовно умов найменшого завантаження (25% від номінальної потужності), виконується доведення до ладу гранично допустимої зміни напруги по низьковольтній обмотці трансформатора:

$$\Delta U_{10}^{25} = 0,25 \cdot 6,6 = 1,65\%.$$

Загальне відхилення напруги обчислюється як:

$$V_{\text{сп(с)}}^{25} = V_{10}^{25} + (V_{\text{ст}} + V_{\text{в}}) - \Delta U_{10}^{25} - \Delta U_{\text{т}}^{25}.$$

Для режиму мінімального навантаження (25% від номінального) проводиться уточнення допустимого відхилення напруги на низьковольтній стороні трансформатора:

$$\Delta U_{10}^{25} = 0,25 \cdot 6,6 = 1,65\%.$$

Загальне відхилення напруги розраховується як:

$$V_{\text{сп(с)}}^{25} = V_{10}^{25} + (V_{\text{ст}} + V_{\text{в}}) - \Delta U_{10}^{25} - \Delta U_{\text{т}}^{25}.$$

У поданому зразку:

$$V_{\text{сп(с)}}^{25} = -2 + 5 - 1,65 - 1 = 0,35\%.$$

Для трансформатора ВТП 10/0,4 кВ встановлюється налагодження по напрузі у межах:

$$V_{\text{в}} = 5\%.$$

Повторно провадиться розрахунок з урахуванням нових норм:

$$\Delta U_{10}^{100} = 0,6 \cdot 11 = 6,6\%, \quad \Delta U_{0,38}^{100} = 0,4 \cdot 11 = 4,4\%.$$

Знову вивіряється відхил напруги на шинах:

$$\Delta U_{10}^{25} = 1,65\%, \quad V_{\text{сп(с)}}^{25} = 1,65\%.$$

Схожим чином ведеться аналіз для ближньої ТП. Зниження напруги:

$$\sum \Delta U_{\text{деп}}^{100} = 3 + 5 - 2 + 5 = 11\%.$$

Відхилення напруги за умов мінімального навантаження:

$$V_{\text{сп(с)}}^{25} = -2 + 5 - 1 = 2\%.$$

Отримані дані свідчать про те, що розбіжності знаходяться у межах дозованих норм, отже прийняті рішення щодо нормативного контролю та розподілу падіння напруги слід визнати технічно коректними.

5.3. Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок значень струмів, що виникають при замиканні, є критично важливим етапом перевірки електрообладнання на здатність витримувати теплові та електродинамічні навантаження, а також слугує основою для корегування налаштувань систем релейного захисту. Ця потреба є найбільш виразною у випадку ліній електропередачі напругою 10 кВ, котрі забезпечують живлення трансформаторних пунктів виду ТП-10/0,4 кВ.

Для виконання розрахунків спершу необхідно визначити величину потужності короткого замикання, яка наявна на шинах 10 кВ трансформаторної підстанції розподілу (РТП). У цій конкретній ситуації визначено наступні параметри:

$$S_{\text{к.з.}} = 40 \text{ МВА}, U_{\text{б}} = 10 \text{ кВ}$$

Розрахунок трифазного струму короткого замикання на шинах 10 кВ виконується за формулою:

$$I_{\text{к.з.}}^{(3)} = \frac{S_{\text{к.з.}} \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б}}} = \frac{40 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10000} \approx 2309$$

Ударна дія струму короткого замикання оцінюється за формулою:

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{к.з.}}^{(3)}, \quad (5.13)$$

де K_y — коефіцієнт ударності, приймається 1,5. Отже:

$$i_y = 1,5 \cdot \sqrt{2} \cdot 2309 \approx 4898 \text{ А.}$$

Діюче значення ударного струму:

$$I_d = \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} \cdot I_{к.з.}^{(3)} = \sqrt{1 + 2 \cdot 0,5^2} \cdot 2309 \approx 2827,93 \text{ А.} \quad (5.14)$$

Щодо інших вузлів мережі, струм К/З обчислюється згідно з такою формулою:

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{U_6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot Z_{к.з.}}, \quad (5.15)$$

де:

$Z_{к.з.}$ — сумарний імпеданс від джерела до точки короткого замикання, Ом.

Імпеданс розраховується як:

$$Z_{к.з.} = \sqrt{(x_c + x_{л})^2 + r_{л}^2}, \quad (5.16)$$

де: x_c — індуктивний опір живильної системи,

$x_{лх}$ — згідно з індуктивними та активними опорами лінії.

Індуктивний опір джерела:

$$X_c = \frac{U_b^2}{S_{к.з.}} = \frac{10000}{40 \cdot 10^6} \approx 2,5 \text{ Ом}$$

Для заданої ділянки: $r_{л}=0,3 \text{ Ом}$, $x_{л}=0,2 \text{ Ом}$

$$Z_{к.з.} = \sqrt{(2,5 + 0,2)^2 + 0,3} \approx 2,75 \text{ Ом}$$

$$I_{к.з.}^{(3)} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 2,75} \approx 2099,45 \text{ А.}$$

Струм двофазного короткого замикання визначається як:

$$I_{к.з.}^{(2)} = \frac{I_{к.з.}^{(3)}}{\sqrt{3}} = \frac{2099,45}{\sqrt{3}} \approx 1212,11 \text{ А.}$$

5.4. Вибір електричної апаратури розподільчого пристрою 10 кВ

Добір апаратури, що монтується на вводі лінії електропередачі з напругою 10 кВ та обслуговує відповідну трансформаторну підстанцію споживача, відбувається, беручи до уваги номінальні електричні показники, а саме: значення напруги, величину струму, особливості конструктивного виконання, клас

визначеності вимірювальних приладів, а також потреби щодо гранично допустимого струмового навантаження. Перелік критеріїв для відбору цієї апаратури дивіться у Таблиці 5.5.

Таблиця 5.5

Критерії вибору обладнання

Параметр	Критерії прийнятності	Розрахункові значення	Аналітичні залежності	Приклад пристрою: ВВ/TEL-10 з приводом ПЕ
Номінальна напруга	$U_{н.в.} > U_n$	10 кВ	$U_{н.в.} > U_n$	10 кВ
Номінальний струм	$I_{н.в.} > I_{р.мах}$	27,56 А	$I_{р.мах} = \frac{S_m}{\sqrt{3} \cdot U_n}$	630 А
Граничний струм вимикання	$I_{д.вим} > I_{р.вим}$	3,44 кА	$I_{р.вим} = \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}$	8...20 кА
Струм динамічного навантаження	$i_{мах} > i_y$	4,593 кА	$i_y = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{к.з.}$	8...20 кА
Струм термічної витривалості	$I_t^2 \cdot t_H > (I_{к.з.}^2) \cdot t_K$	8,3 кА	—	8...20 кА

Примітка: t_H — нормативна тривалість термічної витривалості вимикача за струму I_t , приймається як 4 с.

Загальна тривалість впливу короткого замикання:

$$t_K = t_{CB} + t_{PЗ} + T_a, \quad (5.17)$$

де:

t_{CB} — час вимикання пристрою (0,2 с),

$t_{PЗ}$ — інтервал спрацьовування релейного захисту (4 с),

T_a — часовий коефіцієнт згасання аперіодичної складової короткого замикання (для сільських мереж — 0,185 с).

Добір апарату, призначеного для роз'єднання кіл, відбувається з огляду на ключові електричні параметри лінії: розрахункової напруги, найбільшого робочого струму. На противагу автоматичному вимикачу, гранично допустимий струм, який можна безпечно розімкнути, тут не є вирішальною умовою для прийняття рішення; критерії, за якими обирають роз'єднувач, зафіксовано у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6

Критеріїв вибору роз'єднувача

Параметр	Критерій відповідності	Розрахункове значення	Вибраний тип
Номінальна напруга	$U_{н.в.} > U_H$	10 кВ	РВЗ-10-400
Номінальний струм	$I_{н.в.} > I_{р.маx}$	27,56 А	400 А
Динамічна стійкість	$i_{маx} > i_y$	4,593 кА	45 кА
Термічна стійкість	$I_t^2 * t_H > (I_{к3.}^2) * t_k$	8,3 кА	10 кА/с

З огляду на виконані обчислення та відповідність визначеним критеріям, оптимальним рішенням видається застосування роз'єднувача моделі РВЗ-10-400, в комбінації із серійних приводів: або ПР-10, або ПР-11.

Підбір трансформатора струму для ланцюга з номінальною напругою 10 кВ обумовлюється низкою електричних параметрів. У таблиці 5.7, наведеній далі, скомпоновано основні критерії, якими слід керуватися при цьому виборі.

Таблиця 5.7

Критерії вибору трансформатора типу ТПЛ-10

Параметр	Умови відповідності	Розраховане значення	Тип ТПЛ-10
Робоча напруга	$U_{HT} > U_H$	10 кВ	10 кВ
Первинний струм	$I_{H1} > I_{р.маx}$	27,56 А	75 А
Вторинний струм	$I_{H2} = 5 \text{ А}$	—	5 А
Клас точності	(*)	—	0,5
Вторинне навантаження	$S_{H2} > S_2$	5,5 ВА	10 ВА
Термічна стійкість	$(kI_{H1})^2 > (I_{к3.})^2 t_k$	8,3 кА	90
Динамічна стійкість	$\sqrt{2} \cdot I_{H1} \cdot K_D > i_y$	5,006 кА	250

Обрано трансформатор струму модифікації ТПЛ-10-0,5/Р.

Щоб забезпечити відповідну точність вимірювань, слід перевірити, чи не перевищує фактичне навантаження вторинної обмотки трансформатора струму допустиме значення. Для цього обчислюють навантаження за формулою:

$$S_2 = S_{пр} + I_2^2 \cdot (R_{пров} + R_{конт}) \quad (5.18)$$

де: $I_2 = 5 \text{ А}$ — номінальний вторинний струм;

$S_{пр} = 2,5 \text{ ВА}$ — сумарне споживання приладів (лічильників, амперметрів);

$R_{конт} = 0,1 \text{ }\Omega$;

$R_{пров}$ — розраховується за формулою:

$$R_{\text{пров}} = \frac{S_{H2} - S_{\text{пр}} - I_2^2 * R_{\text{конт}}}{I_2^2} = \frac{10 - 2,5 - 25 \cdot 0,1}{25} = 0,2 \Omega \quad (5.19)$$

Після чого визначається переріз проводу:

$$F = \frac{\rho * L_p}{R_{\text{пров}}} = \frac{0,0178 \cdot 3}{0,2} = 0,267 \text{ мм}^2 \quad (5.20)$$

Для дотримання стандартів вибирається провідник перерізом не менше 2,5 мм² (для міді) або 4 мм² (для алюмінію).

Для вузлів вимірювання у комірках 10 кВ зазвичай використовують:

- лічильник типу "Каскад" — $S_{\text{пр}}=2$ ВА;
- амперметр типу Е-335 або Е-378 — $S_{\text{пр}}=0,5\dots 0,1$ ВА.

Навантаження:

$$S_2 = 2,5 + 25 \cdot (0,02 + 0,1) = 5,5 \text{ ВА}$$

Рекомендовано використання мідного проводу ПВ-1*2,5 мм² для з'єднання вимірювального кола трансформатора струму.

5.5. Вибір релейного захисту комірки лінії 10 кВ районної трансформаторної підстанції

З метою гарантування стабільності функціонування повітряних ліній електропередач із робочою напругою 10 кВ, планується впровадження максимального струмового захисту (МСЗ) укупі зі струмовою відсічкою. У типових конфігураціях МСЗ реалізується із застосуванням двофазного принципу, використовуючи мікропроцесорні системи, наприклад, серії МРЗС, що інтегрують функції вимірювання, моніторингу та функції відсічки. Параметри спрацьовування цих приладів обираються, спираючись на розрахунковий струм навантаження лінії. Відповідно до вихідних даних потужність складає 371,46 кВА, а робоча напруга – 10 кВ. Розрахунковий струм навантаження обчислюється формулою $I_{p.\text{MAX}} = \frac{S}{\sqrt{3} * U}$, що дає значення 27,56 А.

Наступне обчислення пускового струму МСЗ здійснюється із застосуванням коефіцієнтів надійності, самозапуску та повернення, що

варіюються відповідно до різновиду мережі та типу реле. Для заданої мережі застосовується $K_H=1,15$, $K_{СП}=1,5$, $K_P=0,95$. Підставляючи дані у формулу $I_{C3}=\frac{K_H \cdot K_{СП}}{K_P} * I_{P.MAX}$, отримуємо значення струму налаштування реле, що становить 48,05 А. Далі, з огляду на трансформацію струму трансформатором із коефіцієнтом $n_{ТТ}=75/5=15$ та схему з'єднання трансформаторів струму у неповну зірку (коефіцієнт схеми $K_{СХ}=1$), визначається струм спрацювання в обмотці реле: $I_{CP}= 3,2A$. Відповідно до стандартного ряду значень приймається уставка реле на рівні 10 А.

Опісля того, як ви обрали потрібне значення, слід уточнити величину струму. Це значення здобувається шляхом помноження встановленого показника на коефіцієнт трансформації: $I_{C3}'=n_{ТТ} \cdot I_{уст}=150$ А. Оцінка спрацювання захисту здійснюється шляхом зіставлення з найменшим струмом замикання на землі у найвіддаленішому вузлі мережі, який дорівнює $I_{КЗ.MIN}=1868,34$ А. Обчислюється коефіцієнт чутливості за формулою $K_{ч}=\frac{I_{КЗ.MIN}}{I_{C3}'}$ $\approx 12,46$, є прийнятним значенням для забезпечення надійного спрацювання.

Захист споживчих трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ на стороні високої напруги реалізується плавкими запобіжниками типів ПК1–ПКТ. Для трансформатора потужністю 160 кВА відповідним вибором є вставка на 20 А. Щоб гарантувати селективність між релейним захистом і запобіжниками, виконується побудова карти узгодження захисту мережі.

Установлюється, що точка спрацювання релейного захисту t_{C3} повинна бути зсунута вгору на осі ординат відносно точки $t_{зп}$ на величину Δt , яка забезпечує гарантовану селективність. Побудова струмової характеристики реле виконується з урахуванням цієї точки, що дозволяє визначити уставку часу спрацювання. Формально це виражається як $t_{C3}=t_{зп}+\Delta t$.

Вибір релейного захисту із залежною струмовою характеристикою є обґрунтованим і дозволяє досягти необхідної селективності із захистом

трансформаторів 10/0,4 кВ, що підтверджується виконанням умов: коефіцієнт чутливості перевищує мінімальне допустиме значення.

Для забезпечення селективної дії максимального струмового захисту лінії 10/0,4 кВ у взаємодії з характеристикою спрацювання плавких запобіжників трансформаторної підстанції ТП-10/0,4 передбачається виконання умови:

$$t_{C3} > t_{3П} + \Delta t, \quad (5.21)$$

де t_{C3} — час спрацювання макс. струмового захисту на лінії $t_{3П}$ котрий складається із загального часу спрацювання запобіжника. Ступінь селективності Δt рекомендовано приймати в межах 0,5–0,7 с. Формально вимога селективності для МСЗ може бути представлена у вигляді:

$$t > 0,002 \cdot I + 0,6$$

Вибір струму спрацювання для відсічки обґрунтовується двома критеріями. Перший — це реакція на зростання струму намагнічування:

$$I_{CB} \geq \frac{4 \cdot \sum S_H}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{4 \cdot 371,46}{\sqrt{3} \cdot 10} \approx 85,78 \text{ A}, \quad (5.22)$$

де $\sum S_H$ — сумарна номінальна потужність трансформаторів ТП-10/0,4 кВ, приєднаних до лінії. У нашому випадку цей струм становить 0,106 кА.

Друга умова — за максимальним струмом короткого замикання на шинах 10 кВ:

$$I_{CB} \geq K_{НВ} \cdot I_{КЗ.МАХ} = 1,15 \cdot 2430,94 = 2795,58 \text{ A} = 2,796 \text{ kA} \quad (5.23)$$

де $K_{НВ}=1,15$ — показник стійкості реле, що відповідає за відключення, а також $I_{КЗ.МАХ}$ – найбільше значення струму замикання у мережі на найдальшій підстанції з трансформаторами.

Величина струму, що повинен викликати спрацювання реле, вираховується через таку формулу:

$$I_{СРВ} = \frac{K_{СХ}}{n_{ТТ}} \cdot I_{C3} = \frac{1}{15} \cdot 1,5 = 0,1 \text{ A} \quad (5.24)$$

Обираючи найближче стандартне значення уставки струму реле відсічки $I_{УСТ.В}=50\text{A}$, уточнюємо фактичний струм спрацювання:

$$I_{CB} = \frac{n_{TT}}{K_{CX}} * I_{УСТ.В} = 750 \text{ А} \quad (5.25)$$

Аби оцінити доцільність застосування відсічки, проводять перевірку коефіцієнта чутливості:

$$K_{ч} = \frac{I_{КЗ.МІН}}{I_{CB}} = \frac{2430,94}{750} \approx 3,241 \quad (5.26)$$

Дана величина відповідає нагальній вимозі для належної працездатності захисту від перевантаження по струму: $K_{ч} \geq 1,2$. З огляду на це, інтегрування функції струмового відключення у цій конфігурації є обґрунтованим, оскільки це гарантує як високу швидкість спрацювання.

Таблиця 5.8.

Розрахунок приєднання світильників

Розрахунково-монтажна таблиця.

Ввід		Розподільний пункт					Електропроводка		Електроприймач		Примітка	
Марка, кількість, поперечний переріз і спосіб прокладання	Довжина, м	Апарат на ввіді	Тип шпильки	№ групи	Автоматичний вимикач		Розрахунковий струм, А	Марка, кількість, поперечний переріз і спосіб прокладання	Тип	Установлено потужність, кВт		
					Тип	Номинальний струм розпилювача, А						Струм відсічки, А
ВВГ (4x4)		АЕ-2020	[Redacted]	1	ВА 47-29	1,81	7,24	27,56	ВВГ (3x2,5)	НСП0,1	0,592	Робоче
						1,81	7,24	27,56				
						1,81	7,24	27,56				
						1,81	7,24	27,56				
		АЕ-2020			ВА 47-29							

Висновки до розділу 5

Було здійснено обчислення загальної потужності та електричних навантажень на ділянці свиноферми. Виконано визначення значень струмів короткого замикання, а також підбрано необхідну електроапаратуру для розподільного пристрою та системи релейного захисту. Такі кроки гарантують надійну та експлуатацію системи електропостачання середньої напруги.

РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 0,38 кВ СВИНАРНИКА

6.1. Розрахунок навантажень лінії електропередачі напругою 0,38 кВ

При розробці електричних мереж низької напруги (0,38 кВ) слушно згрупувати споживачів по 3–7 будівель. Величина потужності такої групи встановлюється додаванням денних та ранкових (вечірніх) навантажень, беручи до уваги показники одночасного використання. У більшості ситуацій, розрахунок денного та вечірнього навантаження для даної групи здійснюється за такими формулами:

$$P_{д} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i, \quad P_{в} = K_0 \sum_{i=1}^n P_i \quad (6.1)$$

Розглянемо групу №1, до складу якої входять: пропускний пункт, 10 свинарників, водонапірна вежа, кормороздавач та технічне приміщення. Для 10 свинарників приймаємо коефіцієнт одночасності $K_0=0,8$. Розрахунок виконується за формулою:

$$P_{д(1)} = (0,8 * (2,5 * 14 + 0,7 * 7 + 7 + 3,8)) * 10 = 394,4 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = (0,8 * (2,5 * 14 + 0,5 * 7 + 7 + 3,8)) * 10 = 394,4 \text{ кВт}$$

$$\text{КПП } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (4 + 0,03 + 0,035) = 3,70 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (4 + 0,03 + 0,035) = 3,70 \text{ кВт}$$

$$\text{Кормороздавач } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (4 * 4) = 14,4 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (4 * 4) = 14,4 \text{ кВт}$$

$$\text{Водонапірна башта } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)} = 0,9 * (1 * 9,5) = 8,55 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)} = 0,9 * (1 * 7,5) = 8,55 \text{ кВт}$$

$$\text{Технічне приміщення } K_0=0,9$$

$$P_{д(1)}=0,9*(4+0,08+0,35)= 3,99 \text{ кВт}$$

$$P_{в(1)}= 0,9*(4+0,08+0,35)= 3,99 \text{ кВт}$$

З огляду на те, що рівні навантажень у денний та вечірній час для окремих груп є співмірними, загальну потужність розраховують шляхом додавання меншого значення до більшого, з обов'язковим застосуванням корекційного коефіцієнта:

$$P = P_{max} + \Delta P(P_{min}) , \quad (6.2)$$

де P_{max} — більша із потужностей, ΔP — поправка від меншої.

Під час вечірнього пікового періоду, окрім усього іншого, додається навантаження, що походить від систем вуличного та зовнішнього освітлення. Розрахунок навантаження вуличного освітлення, що обслуговує житлові будівлі, здійснюється за формулою:

$$P_{в.о.}=P_{в.н.}\cdot L_{в}\cdot 10^{-3}, \quad (6.3)$$

де $P_{в.н.}= 6 \text{ Вт/м}$ — норматив на 1 метр довжини, $L_{в}=2\cdot 489=978 \text{ м}$. В результаті отримаємо:

$$P_{в.о.}=6\cdot 978\cdot 10^{-3}=5,867 \text{ кВт}$$

Зовнішнє освітлення ділянок (ферм, дворів) враховується з розрахунку 250 Вт на кожну споруду та 3 Вт на один метр периметра території. При $N_{пр}= 25$, $L_{пер}=220 \text{ м}$:

$$P_{з.о.}=(250\cdot 25+3\cdot 220)\cdot 10^{-3}=6,91 \text{ кВт}$$

Ці навантаження підсумовуються без зменшення, тобто з коефіцієнтом одночасності $K_0=1$, і входять до вечірнього максимуму.

Сумарна потужність денного максимуму:

$$\sum P_{д}=3,99+\Delta 394,4+\Delta 3,70+\Delta 14,4+\Delta 8,55$$

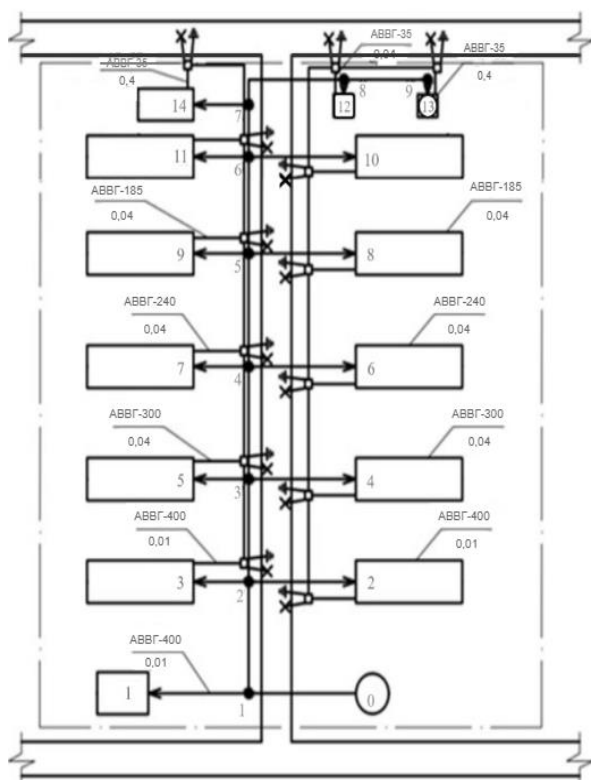
$$\sum P_{д}= 3,99 + 295,8 + 2,77 + 10,8 + 6,41 = 319,77$$

Сумарна потужність вечірнього максимуму:

$$\sum P_{д}=3,99+\Delta 394,4+\Delta 3,70+\Delta 14,4+\Delta 8,55+P_{з.о.}$$

$$\sum P_{в}= 3,99 + 295,8 + 2,77 + 10,8 + 6,41 + 5,86 = 325,63$$

Розрахункові показники потужності, необхідні для проектування системи електропостачання, охоплюють як основне споживання енергії об'єктами, так і зовнішнє освітлення, формуючи при цьому надійну основу для виконання наступних етапів електротехнічного проектування.



Експлікація приміщень

№ на плані	Назва приміщення	Кількість
0	ТП 10/04	1
1	КПП	1
2–11	Свинарник	10
12	Кормороздавач	1
13	Водонапірна башта	1
14	Тех. приміщення	1

Умовні позначення

- Трансформаторна підстанція 10/0,4 кВт
 - Лінія з проміжною опорою
 - ⊥ Контур заземлення
 - ⌘ Ліхтар вуличного освітлення
- Марка перерізу проводу
Довжина дільниці

Рис. 6.1. Схема підключення ліній до будівель свинарника

6.2. Вибір перерізу проводів ліній електропередачі 0,38 кВ

Розрахункову повну потужність денного S_d та вечірнього S_v навантаження визначають за допомогою денного P_d та вечірнього P_v активного навантаження і коефіцієнта потужностей, користаючись формулою:

$$S = \frac{P_{\text{заг}}}{\cos \phi} \quad (6.4)$$

Детальніше розрахунки можна побачити у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Розрахунки по вибору перерізів проводів лінії 0,38 кВ

№ ділянки	Активне навантаження (день), кВт	cos φ (день)	Повна потужність (день), кВА	Активне навантаження (вечір), кВт	cos φ (вечір)	Повна потужність (вечір), кВА	Навантаження для розрахунку, кВА	Тип проводу	Падіння напруги, ΔUφ, %	Накопичене падіння, ΣΔUφ, %
0–1	448,16	0,92	393,41	448,16	0,96	414,03	414,03	АВВГ-400	0,51	0,51
1–2	442,3	0,92	386,56	442,3	0,96	409,57	409,27	АВВГ-400	0,5	0,95
2–3	375,45	0,92	347,58	375,45	0,96	365,52	365,52	АВВГ-300	1,43	2,96
3–4	332,77	0,92	308,41	311,2	0,96	311,2	311,2	АВВГ-240	4,41	4,89
4–5	272,03	0,92	255,43	248,62	0,96	248,62	248,62	АВВГ-185	1,76	6,76
5–6	212,28	0,92	199,06	200,32	0,96	200,32	200,32	АВВГ-150	1,38	8,46
6–7	160,53	0,92	112,89	156,23	0,96	146,27	146,27	АВВГ-120	1,15	9,93
7–8	98,78	0,92	89,71	91,88	0,96	91,88	91,88	АВВГ-95	0,74	11,14
8–9	48,04	0,92	46,54	40,54	0,96	40,54	40,54	АВВГ-50	0,65	12,18

Проектування повітряних ліній електропередачі напругою 0,38 кВ передбачає попередній вибір перерізу проводу за економічними інтервалами, однак обраний переріз необхідно додатково перевіряти за критерієм допустимої втрати напруги. Основна вимога полягає в тому, що повна втрата напруги від початку до найвіддаленішої точки мережі не повинна перевищувати гранично допустимого значення, що для мережі 0,38 кВ зазвичай становить $\Delta U_{\phi}^{\text{доп}} = 14 \dots 15\%$.

Фактичне значення втрати напруги на і-тій ділянці мережі визначається за формулою:

$$\Delta U_{\phi} = \left(\frac{P_i \cdot r_i + Q_i \cdot x_i}{U_n^2} \right) \cdot 10 \cdot 100\%$$

$$\Delta U_{\phi} = \left(\frac{P_i \cdot r_i + Q_i \cdot x_i}{U_n^2} \right) \cdot 10 \cdot 100\% , \quad (6.5)$$

де:

P_i — активна потужність ділянки, кВт (береться як максимум з P_d, P_B);

Q_i — реактивна потужність ділянки, кВАр, розраховується за співвідношенням:

$$Q_i = \sqrt{S_i^2 - P_i^2} , \quad (6.6)$$

де: r_i, x_i — активний і реактивний опори відповідної ділянки, Ом;

U_n — номінальна лінійна напруга, В;

S_i — повна потужність ділянки, кВА.

Опори ділянки обчислюються з урахуванням питомих опорів проводу та довжини відрізка:

$$r_i = r_{0i} * L_i , \quad x_i = x_{0i} * L_i \quad (6.7)$$

де r_{0i}, x_{0i} — питомі активні та реактивні опори, відповідно, Ом/км, а L_i — довжина ділянки, км.

Для найпоширеніших марок проводів АВВГ приймаються наступні питомі опори представлені у таблиці 6.2.

Таблиця 6.2

Питомі опори для найпоширеніших марок проводів АВВГ

Тип проводу	r_{0i} , Ом/км	x_{0i} , Ом/км
АВВГ-400	0,055	0,35
АВВГ-300	0,072	0,36
АВВГ-240	0,089	0,37
АВВГ-185	0,116	0,38
АВВГ-150	0,139	0,39
АВВГ-120	0,167	0,40
АВВГ-95	0,214	0,41
АВВГ-50	0,375	0,42
АВВГ-35	0,527	0,43

Для провідників із кольорових металів (наприклад, алюмінієвих сплавів) у мережах 0,38 кВ у розрахунках допустимо приймати реактивний опір $x_0=0,35$ Ом/км.

Для оцінки відповідності вимогам напруги на споживачі складається допоміжна таблиця, у яку заносяться: довжина кожної ділянки, обрана марка проводу, активна й повна потужність, питомі та загальні опори, а також обчислене значення втрати напруги по кожному відрізьку.

Підсумовування втрат по всіх ділянках дозволяє обчислити повне падіння напруги по трасі. Якщо сумарна втрата $\sum \Delta U \leq 15\%$, то обрані перерізи провідників вважаються допустимими.

Фактична втрата напруги на 0-1 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{448,16^2 - 414,03^2} = 171,54$$

$$r_1 = 0,055 * 0,01 = 0,00055$$

$$x_1 = 0,35 * 0,01 = 0,0035$$

$$\Delta U_{\text{в}} = \left(\frac{414,03 * 0,00055}{0,4} + \frac{171,54 * 0,0035}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,51$$

Схожим чином виконуємо обчислення для інших ділянок мережі. Підсумки обчислень дійсної втрати напруги заносять у таблиці. Дійсна втрата напруги на 1-2 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{442,3^2 - 409,57^2} = 166,98$$

$$r_1 = 0,055 * 0,01 = 0,00055$$

$$x_1 = 0,35 * 0,01 = 0,0035$$

$$\Delta U_{\text{в}} = \left(\frac{409,57 * 0,00055}{0,4} + \frac{166,98 * 0,0035}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,5$$

Фактична втрата напруги на 2-3 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{375,45^2 - 365,52^2} = 85,77$$

$$r_1 = 0,072 * 0,04 = 0,00288$$

$$x_1 = 0,36 * 0,04 = 0,0144$$

$$\Delta U_{\text{в}} = \left(\frac{365,52 * 0,00288}{0,4} + \frac{85,77 * 0,0144}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,43$$

Фактична втрата напруги на 3-4 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{332,77^2 - 311,2^2} = 116,20$$

$$r_1 = 0,072 * 0,04 = 0,00288$$

$$x_1 = 0,36 * 0,04 = 0,0144$$

$$\Delta U_{\text{в}} = \left(\frac{311,2 * 0,00288}{0,4} + \frac{116,20 * 0,0144}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 4,41$$

Фактична втрата напруги на 4-5 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{272,03^2 - 248,62} = 110,40$$

$$r_1 = 0,116 * 0,04 = 0,00464$$

$$x_1 = 0,38 * 0,04 = 0,0152$$

$$\Delta U_n = \left(\frac{248,62 * 0,00464}{0,4} + \frac{110,40 * 0,0152}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,76$$

Фактична втрата напруги на 5-6 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{212,28^2 - 200,32^2} = 70,31$$

$$r_1 = 0,0139 * 0,04 = 0,00556$$

$$x_1 = 0,39 * 0,04 = 0,0156$$

$$\Delta U_n = \left(\frac{200,32 * 0,00556}{0,4} + \frac{70,31 * 0,0156}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,38$$

Фактична втрата напруги на 6-7 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{160,53^2 - 146,27^2} = 66,14$$

$$r_1 = 0,167 * 0,04 = 0,00668$$

$$x_1 = 0,40 * 0,04 = 0,016$$

$$\Delta U_n = \left(\frac{146,27 * 0,00668}{0,4} + \frac{66,14 * 0,016}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 1,15$$

Фактична втрата напруги на 7-8 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{98,78^2 - 91,88^2} = 36,37$$

$$r_1 = 0,167 * 0,04 = 0,00668$$

$$x_1 = 0,40 * 0,04 = 0,016$$

$$\Delta U_n = \left(\frac{91,88 * 0,00668}{0,4} + \frac{36,37 * 0,016}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,74$$

Фактична втрата напруги на 8-9 - й ділянці лінії (%)

$$Q_1 = \sqrt{48,04^2 - 40,54^2} = 25,77$$

$$r_1 = 0,375 * 0,04 = 0,015$$

$$x_1 = 0,42 * 0,04 = 0,0168$$

$$\Delta U_n = \left(\frac{40,54 * 0,015}{0,4} + \frac{25,77 * 0,0168}{0,4} \right) / (10 * 0,4) = 0,65$$

Висновки до розділу 5

Виконано докладний розрахунок електричних навантажень, обрано перерізи дротів та типи кабелів для низьковольтної мережі. Проектна система забезпечує мінімальні втрати напруги, відповідає нормам та дозволяє обслуговувати усіх споживачів без перевантажень.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі здійснено всебічне вивчення та обґрунтування системи енергозабезпечення для покращення свинарника ТОВ “Дан Фарм Україна”.

Під час роботи уважно вивчено поточний стан електрозабезпечення свинарника. Зроблено підрахунок освітлення у свинарнику габаритами 140x29x5,7 м при освітленості 50 лк. У ході розрахунку виявлено загальну кількість освітлювальних приладів у обсязі 180 шт. Обрано світильник НСП01 “Астра 11” з LED-лампю Lemanso 2400, який дає світловий потік 2400 лм при споживанні 25 Вт. Сумарна потужність, що споживається системою освітлення у свинарнику, складає 4500 В, а питома потужність 1,1 Вт/м². Необхідна потужність теплової енергії 1885,8 кВт.

Обрано схему та напругу освітлювальної електромережі. При визначенні та поділі – розділено на 4 групи по 45 світильників. Сила струму для усіх груп складає 6,84 А при 380 В. Для кожної групи $I_{оз}=1,81А$. Для освітлювальних мереж береться кабель ВВГ 3×2,5 з мідними жилами. Для введення у щитову використовується кабель ВВГ 4×4, що дає додатковий запас по струму.

Зроблено розрахунок загальної потужності ділянки свинарника, визначено для денного піку 319,77 кВт, а для вечірнього піку 325,63 кВт. Трифазний струм КЗ на шинах 10 кВ дорівнює 2309 А. Струм двофазного замикання становить 1212,11 А. Беручи найближче стандартне значення уставки струму реле відсічки ІУСТ.В=50А, фактичний струм спрацювання – 750 А.

Оглянемо мережу 0,38 кВ ділянки свинарника, до якої входять: контрольно-пропускний пункт, 10 свиноферм, водонапірна вежа, кормороздавач та технічне приміщення. Для 10 свиноферм приймаємо коефіцієнт одночасності $K_0=0,8$, тоді потужність споживання однієї ферми дорівнює 32,16 кВт. Споживання зовнішнього освітлення територій становить 2,73 кВт. На кожній ділянці обрано тип дроту від АВВГ-32 до АВВГ-400. Падіння напруги на кожній із ділянок складає від 0,1 % до 2,01 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР) від 09.02.2006). 46 с.
2. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
3. Притака І.П. Електропостачання сільського господарства / І.П. Притака, В.В. Козирський. К.: Урожай, 1995. 343 с.
4. Методика. Енергосистеми і електричні мережі. ГКД 340.000.002–97. К.: Міненерго України, 1997. 54 с.
5. Червінський Л.С., Шевель С.С. Експлуатація освітлювальних і опромінювальних установок сільському господарстві. Київ, Урожай, 1990 р.64 с.
6. ДСТУ ГОСТ 15597–2008. Світильники для виробничих приміщень. Загальні технічні умови. 8 с.
7. Червінський Л.С., Сторожук Л.О. Електричне освітлення Київ, 2011.226с.
8. Галаган О.М., Бурикін Ю.О. Світлотехнічні установки та електричне освітлення. Київ: КНУБА, 2008. 56 с.
9. Сафонкін Ю.М., Кінаш І.М. Електротехнічні установки і системи освітлення. Львів: Видавництво «Львівської політехніки», 2012. 148 с.
10. Довідник з електротехніки та світлотехніки / За ред. Ільченка М.Ю., Куца І.І. Київ: Наукова думка, 2005.11. 108 с.
11. ДБН А.2.2-3:2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. [Чинний від 2014.10.01]. Вид. офіц. Київ, 2014. 44 с.
12. Офіційний сайт МХП. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://mhp.com.ua/uk/> (дата: 18.11.2025).
13. Річні та квартальні звіти МХП. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://mhp.com.ua/uk/investors/reports-and-presentations> (дата: 18.11.2025)
14. Прес-релізи та новини МХП: - Публікації про поточні події, інвестиційні проекти, впровадження нових технологій. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://mhp.com.ua/uk/media-centre/news> (дата: 18.11.2025)

15. Звіти про сталий розвиток МХП: - Містять інформацію про екологічну та соціальну відповідальність компанії. [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://mhp.com.ua/uk/csr/sustainability-reports> (дата звернення: 18.11.2025)
16. Правила улаштування електроустановок—Харків : Форт, 2017.— 760 с.
17. Коваленко О. М. Мікроклімат тваринницьких приміщень. — Київ : Аграрна наука, 2011. — 220 с.
18. Довідник проектувальника / За ред. В. О. Козлова. Розділ “Опалення та вентиляція”. — Київ : Будівельник, 2012. — 640 с.
19. Коваленко О. М. Мікроклімат тваринницьких приміщень. — Київ : Аграрна наука, 2011. — 220 с.
20. Нестеренко В. Г. Короткі замикання в електричних мережах. — Харків : ХНУРЕ, 2016. — 290 с.
21. Кірієнко О. М. Електробезпека в електроустановках. — Київ : Освіта, 2013. — 210 с.
22. Жежерун Ю. В. Електричні мережі та системи. — Київ : 2012. — 390 с.
23. Кузьменко М. П. Релейний захист та автоматика електроенергетичних систем. — Київ : НТУУ «КП», 2014. — 410 с.
24. Герасимов С. П. Проектування систем електропостачання. — Київ : Ліра-К, 2016. — 352 с.
25. ДСТУ Б В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. — Київ, 2016. 14с.
26. ДБН В.2.2-2-2008. Будівлі та споруди. Тваринницькі підприємства. — Київ, 2008. 20с.
27. ДСТУ ІЕС 60364. Електроустановки низьковольтні. Загальні вимоги. — Київ, 2015. 12с.
28. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. — Київ, 2006. 8с.
29. ДСТУ 8604:2015. Енергоефективність будівель. — Київ, 2015. 5с.
30. Соколовський Я. І. **Електропостачання сільськогосподарських об'єктів.** — Львів : Афіша, 2013. — 310 с.