

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

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

ДОЦ., К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
” _____ ” 2026 р.
число місяць рік

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З РОЗРОБЛЕННЯ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ У ПТАШНИКУ НА 10000 ГОЛІВ»**

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

Синявський О.Ю.

(ПІБ)

Виконав

Андрєєв А.О.

(підпис)

(ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Ph.D

(науковий ступінь та вчене звання)

Сподоба М.О.

(ПІБ)

КИЇВ – 2026

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки
та електротехнологій

ДОЦЕНТ, К.Т.Н. /ОКУШКО О.В./
вчене звання і ступінь підпис
„_____” _____ 2025 р.
число місяць рік

З А В Д А Н Н Я
на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту
Андрєєву Андрію Олеговичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Тема бакалаврської роботи: «Проектні рішення з розроблення електрообладнання у пташнику на 10000 голів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» жовтня 2025 р. № 2607 „С”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026.05.25
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської роботи:

- 1) Правила улаштування електроустановок (ПУЕ).
- 2) Правила будови електроустановок (електрообладнання спеціальних установок).
- 3) Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів.
- 4) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
- 5) Правила користування електричною енергією.
- 6) Система ПЗР і ТО електрообладнання сільськогосподарських підприємств.

Перелік питань, які потрібно розробити:

- 1) Загальна характеристика виробничого об'єкта.
- 2) Технологічна частина.
- 3) Електротехнічна частина.
- 4) Спеціальне завдання: «Розробка системи управління режимами освітлення».
- 5) Заходи з охорони праці.
- 6) Основні техніко-економічні показники.
- 7) Висновки.
- 8) Список використаних джерел.

Перелік графічних документів (за потреби):

1. План силової мережі пташника.
2. План освітлювальної мережі пташника.
3. Принципова електрична схема керування освітлювальними установками.
4. Принципова електрична схема контролера.
5. Оптимальні значення освітленості для вирощування птиці.

Дата видачі завдання _____ 10 листопада 2025 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Сподоба М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Андрєєв А.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркуш	№ прим.	Примітка
1	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Пояснювальна записка		1	
2	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ЕМ	План силової мережі пташника	1	1	
3	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ЕО	План освітлювальної мережі пташника	1	1	
4	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.Е1	Принципова електрична схема керування освітлювальними установками	1	1	
5	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.Е1	Принципова електрична схема контролера	1	1	
6	A4	02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.Е3	Оптимальні значення освітленості для вирощування птиці	2	1	

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ТП			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дата	Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи			
Розроб.	Андреев							
Перевір.	Сподоба							
Н.конт.	Коробський							
Затверд.	Окушко О. В.				EEE-230026СТ			

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1.ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО ОБ'ЄКТА.....	6
РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	7
2.1. Обґрунтування та вибір технологічного процесу.....	7
2.2. Обґрунтування та вибір технологічного обладнання.....	8
РОЗДІЛ 3. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	12
3.1. Розрахунок водопостачання пташника.....	12
3.2. Розрахунок вентиляції пташника.....	14
3.3. Розрахунок опалення пташника.....	18
3.4. Розрахунок освітлення пташника.....	20
3.5. Опромінення птиці.....	31
3.6. Перевірка електродвигунів приводу технологічного обладнання на відповідність параметрам мережі живлення і умовам навколишнього середовища.....	31
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ОСВІТЛЕННЯ.....	41
4.1. Вплив режимів освітлення на стан і продуктивність птиці.....	41
4.2. Аналіз засобів автоматизації процесу керування освітлювальними установками в пташниках.....	45
4.3. Розробка пристрою автоматичного керування освітлювальними установками у виробничому приміщенні пташника.....	47
РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	54
5.1. Аналіз стану безпеки праці в господарстві.....	54
5.2. Організаційні та технічні заходи щодо усунення небезпечних та виробничих факторів.....	55
5.3. Вибір індивідуальних засобів захисту.....	55
5.4. Пожежна безпека.....	56
РОЗДІЛ 6. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	57
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59

ВСТУП

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка заходів, що спрямовані на підвищення продуктивності виробництва, зменшення її собівартості та підвищення якості продукції.

Ці питання вирішуються шляхом переходу на промислові технології, що дозволить мінімізувати ручну працю завдяки автоматизації виробничих процесів.

Основними умовами є концентрація виробництва, висока продуктивність, повноцінна годівля, комплексна електрифікація основних виробничих процесів.

Останнім часом темпи розвитку птахівництва зросли за рахунок комплексного вирішення трьох основних проблем:

- селекції;
- годівлі;
- технології виробництва.

В бакалаврській кваліфікаційній роботі розглядаються такі питання:

- розробка новітніх систем керування системою освітлення;
- розрахунок водопостачання приміщення, мікроклімат, вентиляцію, опалення, освітлення;
- вибір захисної апаратури, електроприводів, проводки;
- питання охорони праці персоналу та заходи по їх покращенню;
- визначення техніко-економічного обґрунтування.

Даний комплекс заходів підвищить продуктивність праці, зменшує відсоток ручної праці, підвищує надійність та якість роботи електрообладнання, зменшує собівартість продукції.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5

РОЗДІЛ 1.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБНИЧОГО ОБ'ЄКТА

Об'єкт цього проєктування – пташник на 10000 голів з клітковим утриманням птиці.

В проєкті передбачена кліткова технологія утримання птиці.

Застосовуються багатоярусні кліткові батареї КБК-Н-3. Здійснюється керування механізмами в автоматичному та ручному режимах таким обладнанням: Комплект обладнання КБК-Н-3 – це електромеханічна система, що забезпечують зберігання, роздачу кормів, поїння птиці, регулярне прибирання посліду пташника.

Поїння птиці відбувається із поїлок навісного типу прикріплених до кліток. Корм роздається кормороздавачем, що завантажуються з бункера, який завантажується навантажувачем для сухих кормів ЗСК-15.

Для підтримання клімату в пташнику застосовують „Климат-45” з осьовими вентиляторами ВОФ-5,6 з ручним та автоматичним регулюванням температури.

Опалення пташника відбувається за допомогою теплогенератора. На об'єкті використовуємо турбогенератор типу ТГ-3.

Освітлення здійснюється світлодіодними лампами, світильниками WOL-20, а також використовується НПП 1301. Для захисту мережі встановлені автоматичні вимикачі серії ВА.

Для керування насосом вибираємо станцію керування „Каскад”.

В зимньо-весняний період потрібен достатній рівень освіленості, за для запобігання “сонячного голодування”, для цього гарно підходить штучне ультрафіолетове опромінення.

Для ліквідації ультрафіолетової недостатності використовується установка УОК-1.

Для приводу машин і механізмів використовуються асинхронні електродвигуни серії «АИР», що під'єднуються до мережі $U_{\text{л}} = 380 \text{ В}$.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

РОЗДІЛ 2.

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування та вибір технологічного процесу

Для пташника на 10000 голів прийнято будівлю розміром 12 х 48 м. Вибираємо 3 кліткові батареї по 420 кліток КБК-Н-3.

Кліткова батарея КБК-Н-3 призначена для вмісту промислового стада курей в приміщеннях з регульованим мікрокліматом. КБК-Н-3 являє собою металеву багатоярусну конструкцію, яка містить батареї і приводи механізмів, розташовані в торцях батареї. До складу КБК-Н-3 входять складові одиниці які забезпечують: збір яєць, напування птиці, роздачі кормів та прибирання посліду.

Система напування знаходиться в клітках батареї і є системою з пластикових труб та клапанними напувалками.

Система годування має загальний приводи, який розташований в передній частині батареї.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики кліткової батареї КБК-Н-3

Розмір клітки	Одиниці вимірювання	Тип установки КБК-Н-3
Ширина	мм	600
Глибина	мм	485
Висота фасаду	мм	445
Висота тилу	мм	395
Висота решітки фасаду	мм	230
Площа підлоги	см ²	2910
Решітка підлоги:		
– ширина комірки	мм	25x50
– уклін	мм	7,58
– діаметр дроту	мм	2
Площа посадки	см ²	420
Місткість клітки	голів	8

Система ЛОЯ-7,2 для обробки яєць, за допомогою транспортерів переміщує яйця до переднього торця. Потім яйце вертикальним елеватором транспортується до складу, де піддається подальшим післязбиральним обробкам.

Годівля птиці здійснюється комбікормами відповідного раціону. Із бункера, корм подається на горизонтальний транспортер КУТ-3В, звідки далі до кормороздавачів кліткових батарей.

Гній видаляється скребковими механізмами МПС-6М. З приміщення він транспортується за допомогою конвеєра НКЦ 07-12 шляхом завантаження в спеціалізовані транспортні засоби.

2.2 Обґрунтування та вибір технологічного обладнання

При виборі насоса враховують такі фактори: вид, глибину залягання води, тип та розміри необхідного обладнання, можливості автоматизації, якість води та норми споживання.

Насоси типу БЦПЭ «Водолій» працюють при повному зануренні в перекачуване середовище. В їхній конструкції використовується харчова пластмаса латунь і нержавіюча сталь. Ці насоси призначені для підйому води із глибоких скважин і вирізняються потужним напором. Встановлюємо центробіжний свердловинний насос БЦПЭ-0,5 - 63У:

Таблиця 2.2

Характеристики насоса БЦПЭ-0,5 - 63У

Потужність, кВт	Частота обертання, об/хв	Номінальна подача води, м³/год	Максимальна подача води, м³/год	Вага, кг
1,2	2800	1,8	3,6	17,8

Споживання води на протягом доби постійно коливається. Для ефективної роботи насосів з нерівномірним режимом витрат води передбачені спеціальні водонапірні башти. Вони накопичують необхідний запас води, що забезпечує стабільний режим пристроїв водопостачання у періоди: при усуненні аварій, зупинках насоса, гасінні пожеж тощо. Ми обираємо водонапірну башту типу БР-15У.

Для керування роботою свердловини встановлюємо комплектний пристрій „Каскад”. За технічними характеристиками насоса БЦПЭ-0,5 - 63У приймаємо пристрій типу „Каскад” 1-0-У2 із ящиком управління типу ЯГ5102-2А7Б1У2.

Життєздатність і продуктивність курей залежать від умов навколишнього середовища. Від того, наскільки ці умови відповідають потребам птахів, залежить кінцевий результат. До таких умов належать: вологість, температура, швидкість повітря, вміст кисню, а також наявність шкідливих хімічних речовин і механічних домішок. Ці фактори складають параметри мікроклімату в пташнику. Стан мікроклімату залежить від погодних умов, конструкції пташника, вентиляції, опалення, методів утримання, рівня догляду за птахами та їхнього віку.

Температура повітря – є одним з основних факторів мікроклімату. Вона впливає на швидкість обміну речовин в організмах. Значні відхилення температури від норм можуть призвести до порушення процесів в організмі птиці, зниження продуктивності і навіть загибелі.

Пташенята яким до 20 днів від народження особливо чутливі до температурного режиму, оскільки в них терморегуляція ще не повністю сформована. Вологість повітря залежить від температури. З підвищенням температури повітря молодняк здатний поглинути більше вологи. Зазвичай в пташниках визначають відносну вологість. Основними джерелами вологи в приміщенні є птиця і продукти її життєдіяльності. Волога випаровується з поїлок, годівниць, посліду, а також проникає в приміщення через огорожуючі конструкції, якщо недостатня гідроізоляція.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

На птиці негативно відображається як надлишкова, так і низька вологість повітря. Коли рівень вологості відхиляється від норми, порушується тепловий баланс, що призводить до зниження продуктивності та збільшенню захворювань.

Швидкість руху повітря також є одним з важливих факторів, від яких залежить продуктивність птиці. В пташнику повітря знаходиться в постійному русі. Рух повітря сприяє різниці температур тіла птахів і температури повітря, між температурою в приміщенні і температурою зовні, систем примусової вентиляції. Щоб уникнути надмірного руху повітря або утворення зон застою, які негативно впливають на здоров'ї та продуктивності птиці, використовують примусову вентиляцію.

Надмірна вентиляція призводить до переохолодження птиці при низьких температурах, а в літній період до пересушення підстилки та утворення пилу. При недостатній вентиляції із зони розміщення птиці не в повній мірі видаляється вуглекислота, тепло, волога, що призводить до накопичення шкідливих газів та намокання підстилки.

У теплий період року швидкість руху повітря у пташниках не повинна перевищувати 1,2 м/с., а в холодний та перехідний періоди 0,2-0,5 м/с.

Нормативні параметри повітря при клітковому утриманні складають:

- температура в холодну пору року 16°C;
- відносна вологість 60-70%;
- вміст вуглекислого газу в повітрі не повинен перевищувати 0,25%.

Згідно вище перерахованих вимог встановлюємо вентиляційну із штучним збудженням типу "Клімат 45".

Тепловий режим пташників також є одним з основних чинників, що обумовлює здоров'я та продуктивність птиці. Залежно від кліматичної зони, пори року, типу будівель та системи утримання, температурний режим в пташнику можуть відрізнятися і не завжди відповідають стандартам утримання птиці. Тому, на об'єкті встановлюють різні типи систем опалення. Для опалення пташника в зимовий період використовується теплогенератор типу ТГ-3 потужністю 48,5 кВт.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		10

Для освітлення пташника ми використовуємо освітлення з використанням світлодіодних ламп, які розташовані рядами вздовж приміщення. Для цього використовуємо світильники WOL-20.

Електричні установки повинні бути захищені від перевантажень та коротких замикань. Для цього найчастіше використовують автоматичні вимикачі. В пташнику передбачено використання автоматичних вимикачів серії ВА47-29 3Р, які призначені для захисту низьковольтних електричних ланцюгів, а також для комутацій електричних ланцюгів.

Для запуску та захисту електродвигунів встановлюємо магнітний пускач ПМЛ 1220-220 В, 10 А, 1, з тепловим розчіплювачем типу РТЛ-1014.

Вибір проводів виконуємо згідно нормативних документів. Приймаємо ввідний кабель ВВГ 4х10, для внутрішніх проводок провід марки ПВ. Приймаємо проводи трьохжильні – ПВ 3х4 та ПВ 3х2,5.

Одним із важливих факторів при утриманні птиці є її опромінення ультрафіолетовими променями, без нього у птиці виникає ультрафіолетова недостатність. Послаблюється імунітет організму птиці спричинений нехваткою вітаміну D, відбувається розлад нервової системи та виникають різні захворювання.

Для ліквідації ультрафіолетового голодання використовуються опромінювальні установки. Використовуємо установку «УОК-1» для ультрафіолетового опромінення. Ці установки працюють протягом всього року, оскільки птиця в клітках повністю позбавлені природного ультрафіолетового випромінювання. Установка встановлена на шасі, що приводиться в рух асинхронним двигуном. Колеса шасі рухається по колії кормороздавача між рядами кліток. Джерелом опромінення є дві ультрафіолетові лампи ДРТ-400.

РОЗДІЛ 3.

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок водопостачання пташника

Розрахунок та вибір водопровідної мережі проводимо за максимальною витратою води:

$$g_{\max \Gamma} = (g_{\text{н.с.}} \cdot N / 1000 \cdot 24) \cdot K_{\text{сут}} \cdot K_{\text{час}}, \quad (3.1)$$

де $g_{\max \Gamma}$ – максимальна витрата води за годину $\text{м}^3/\text{год}$;

$g_{\text{н.с.}}$ – норма водоспоживання однією особою, для ремонтного молодняку становить

$$g_{\text{н.с.}} = 0,36 \text{ л};$$

N – кількість птиці $N = 10080$, враховуючи що в одній клітці 7 голів птиці;

$K_{\text{сут.}}$ – коефіцієнт нерівномірності споживання на протязі доби $K_{\text{сут}} = 1,3$;

$K_{\text{час.}}$ – коефіцієнт нерівномірності водоспоживання на протязі години $K_{\text{час}} = 2,5$.

$$g_{\max \Gamma} = (0,36 \cdot 10080 / 1000 \cdot 24) \cdot 1,3 \cdot 2,5 = 0,49 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Водопостачання пташника передбачається від водопровідної мережі, яка обслуговує чотири пташника і одну водонапірну башту.

Максимальна годинна витрата води:

$$g'_{\max \Gamma} = 4 \cdot g_{\max \Gamma}, \quad (3.2)$$

де 4 – кількість пташників.

Визначаємо максимальну годинну витрату води:

$$g'_{\max \Gamma} = 4 \cdot 0,49 = 1,96 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо необхідний об'єм водонапірної вежі;

$$V_{\text{б.}} = V_{\text{рег.}} + V_{\text{пож.}} + V_{\text{а.}}, \quad (3.3)$$

де $V_{\text{рег}}$ – регульований об'єм вежі, м^3 ;

$V_{\text{пож}}$ – пожежний запас води, м^3 ;

$V_{\text{а}}$ – аварійний запас води, м^3 .

При автоматичній роботі станції об'єм башти регульований і визначається згідно формули:

$$V_{\text{рег}} = 0,01 \cdot 24 \cdot g'_{\text{max Г}} / 6, \quad (3.4)$$

$$V_{\text{рег}} = 0,01 \cdot 24 \cdot 1,96 / 6 = 0,08 \text{ м}^3$$

Кількість запасу води на випадок аварії визначається часом необхідним для її ліквідації:

$$V_a = g_{\text{max Г}} \cdot t_{\text{a}}, \quad (3.5)$$

де t_{a} – час аварії, приймаємо $t_{\text{a}} = 3$ год.

Підставляючи дані визначаємо необхідний аварійний запас води:

$$V_a = 0,48 \cdot 3 = 1,44 \text{ м}^3.$$

В кожному пташнику необхідно передбачити аварійний резервуар ємністю не менше $V_a = 1,44 \text{ м}^3$.

Протипожежний запас води визначаємо за виразом:

$$V_{\text{пож.}} = 1,44 \cdot g_{\text{пож.}} \cdot n_{\text{пож.}} \cdot t_{\text{пож.}}, \quad (3.6)$$

де $g_{\text{пож.}}$ – мінімальна кількість води на випадок пожежі, згідно площі приміщення приймаємо $g_{\text{пож.}} = 15$ л/с; $n_{\text{пож.}}$ – кількість пожеж, які можуть одночасно виникнути на площі до 150 га, приймаємо $n_{\text{пож.}} = 1$;

$t_{\text{пож.}}$ – час необхідний для тушіння 1-ї пожежі, $t_{\text{пож.}} = 0,17$ год.

$$V_{\text{пож.}} = 1,44 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 0,17 = 1,22 \text{ м}^3$$

За формулою (3.3) визначаємо мінімальну ємність водонапірної вежі:

$$V_{\text{б.}} = 0,08 + 1,22 + 0,48 = 3,67 \text{ м}^3$$

Вибираємо водонапірну вежу БР-15У об'ємом $V_{\text{б.}} = 15 \text{ м}^3$.

Технічна характеристика водонапірної башти :

Ємність бака, м ³	15
Резервна ємність в опорі, м ³	14
Діаметр бака, мм	2 500
Діаметр опори, мм	1 220
Висота, мм	12 000
Маса, кг	3160

Для вибору заглибний насос подачі води до башти, розраховуємо секундний об'ємом витрати води:

$$g_{\text{с.}} = g'_{\text{мах. г.}} \cdot 10^3 / 3600 + g_{\text{пож.}}, \quad (3.7)$$

де $g'_{\text{мах. г.}}$ – максимальна витрата води за годину;

$$g'_{\text{мах. г.}} = 1,96 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$g_{\text{с.}} = 1,96 \cdot 10^3 / 3600 + 15 = 15,05 \text{ л/с}$$

Вибір насоса виконуємо з дотримання наступних умов:

$$g_{\text{с.}} \leq g_{\text{с. нас.}}, \quad H \leq H_{\text{нас.}}$$

Встановлюємо насос типу БЦПЭ-0,5 - 63У.

Технічна характеристика насоса БЦПЭ-0,5 - 63У.:

Діаметр свердловини, мм	150
Подача води, м ³ /год	3,6
Максимальний напір, м	100
Потужність електродвигуна, кВт	1,2
Номінальна напруга живлення, В	380
Номінальний струм, А	3
Маса насоса, кг	17,8

Для керування роботою свердловини встановлюємо комплектний пристрій „Каскад”. Згідно технічних характеристик заглибного насоса приймаємо пристрій типу „Каскад” 1-0-У2 .

3.2 Розрахунок вентиляції пташника

Визначаємо мінімальну витрату повітря протягом години, необхідну для видалення надлишкового CO₂;

$$L_{CO_2} = 1,2 \cdot C_n \cdot N / C_{\text{дп}} - C_{\text{з}}, \quad (3.8)$$

де C_n – кількість CO₂, що виділяє однією головою птиці, м³/год · кг.

Для ремонтного молодняку кур при клітковому утриманні $C_n = 0,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{кг}$ на 1 кг ваги птиці.

З урахуванням маси в середньому 1,5 кг визначаємо кількість CO₂, що виділяє один птах:

$$C_n = 1,5 \cdot 0,92 \cdot 10^{-3} = 1,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год.}$$

N – кількість голів у пташнику, N = 10080 гол;

1,2 – коефіцієнт, який враховує надходження вуглекислого газу з інших джерел;

C_{дп} – допустима кількість вуглекислоти в пташнику, м³;

C_{дп} = 0,0025 м³; C_з – кількість CO₂ в зовнішньому повітрі, м³;

C_з = 0,0003 м³.

На основі отриманих даних виконуємо розрахунок витрати повітря на протязі годинни для забезпечення виділення CO₂:

$$L_{CO_2} = 1,2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-3} \cdot 10752 / 0,0025 - 0,0003 = 8093,3 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Необхідний повітрообмін для видалення надлишкової вологи визначаємо за виразом:

$$L_{H_2O} = R_1 \cdot W_n \cdot m \cdot N / W_{дп.} - W_z, \quad (3.9)$$

де L_{H₂O} – годинний повітрообмін, необхідна для видалення водяних надлишкової вологи, м³/год;

R₁ – коефіцієнт, який враховує надходження вологи з підлоги, стін та ін. конструкцій, приймаємо R₁ = 1,1;

W_п – кількість вологи, яка виділяється одним птахом на 1 кг живої ваги птиці, г/год · кг, приймаємо W_п = 3 г/год · кг.

N – кількість птиці, N = 10080 гол.;

m – середня маса однієї птиці, m = 1,5 кг;

W_{дп} – максимально допустима кількість вологи в повітрі, г/м³;

W_з – вологість зовнішнього повітря, г/год · кг.

Значення W_{дп} і W_н визначаємо за наступними формулами:

$$W_{дп} = W_{нас. п.} \cdot \varphi_{п} / 100 \quad (3.10)$$

$$W_{н} = W_{нас. н.} \cdot \varphi_{н} / 100 \quad (3.11)$$

де $W_{\text{нас. п}}$ і $W_{\text{нас. н}}$ – вологість при повному насиченні при оптимальній для даного приміщення температурі, г/м³;

$\varphi_{\text{п}}$ і $\varphi_{\text{н}}$ - відносна вологість повітря в пташнику і зовні, %.

Розрахунок проводимо для періодів з різними зовнішніми температурами (зима, літо).

Розрахункова середня зовнішня температура повітря для вентиляції в різні пори року:

$$\Theta_{\text{зим.}} = -10^{\circ}\text{C}, \Theta_{\text{літ.}} = 25^{\circ}\text{C}.$$

Розрахункова відносна вологість повітря при різних зовнішніх температурах:

$$\varphi_{\text{н зим.}} = 85\%, \varphi_{\text{н літ.}} = 50\%, \varphi = 70\%.$$

Атмосферний тиск при різних зовнішніх температурах:

$$P_{\text{зим.}} = 9978 \text{ Па}, P_{\text{літ.}} = 9955 \text{ Па}.$$

Вміст водяних парів в повітрі при різних зовнішніх температурах:

$$W_{\text{нас. п}} = 13,6 \text{ г/м}^3, W_{\text{нас. зим.}} = 2,14 \text{ г/м}^3, W_{\text{нас. літ.}} = 2,31 \text{ г/м}^3.$$

Підставивши дані до формул (3.10) і (3.11) визначаємо:

$$W_{\text{дп}} = 13,6 \cdot 70/100 = 9,52 \text{ г/м}^3;$$

$$W_{\text{н. зим.}} = 2,14 \cdot 85/100 = 1,82 \text{ г/м}^3;$$

$$W_{\text{н. літ.}} = 2,31 \cdot 50/100 = 11,55 \text{ г/м}^3.$$

Необхідний повітрообмін в зимній період:

$$L_{H_2O \text{ зим.}} = 1,1 \cdot 3 \cdot 1,5 \cdot 10080/9,52 - 1,82 = 6480 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Необхідний повітрообмін в літній період:

$$L_{H_2O \text{ літ.}} = 1,1 \cdot 3 \cdot 1,5 \cdot 10080/9,52 - 11,55 = -24579 \text{ м}^3/\text{год}.$$

В літній період також необхідно зволожувати повітря яке надходить до пташника. Мінімальна кількість повітряобміну пташника на 1 кг живої маси тіла птиці $g = 0,75 \text{ м}^3/\text{год}$.

Мінімальна кількість повітря, яке подається в пташник із зовні знаходимо згідно формули:

$$L = g \cdot m \cdot N, \quad (3.12)$$

де m – маса однієї птиці, кг; $m = 1,5 \text{ кг}$;

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

N – загальна кількість голів в пташнику; N = 10080 гол.

$$L = 0,75 \cdot 1,5 \cdot 10080 = 11340 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для теплої пори року визначаємо мінімальний повітрообмін, що необхідний для видалення зайвого тепла:

$$L_T = \frac{(Q_T \cdot N - Q_{\text{огр}}) \times (1 + \alpha \cdot Q_{\text{п}})}{C_6 \cdot (\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{н}})}, \quad (3.13)$$

де g_T – кількість тепла виділеного одним птахом за 1 годину, кДж / (год · кг), $g_T = 26,4$ кДж / (год · кг); L_T – повітрообмін для видалення надлишкового тепла, $\text{м}^3/\text{год}$; $Q_{\text{огр}}$ – витрати тепла через огорожуючі конструкції, кДж / год; α – температурний коефіцієнт, $1/^\circ\text{C}$; $\alpha = 1/273$ $1/^\circ\text{C}$; C_6 – теплоємність повітря, кДж / ($\text{м}^3 \cdot \text{град}$), $C_6 = 1,283$ кДж / ($\text{м}^3 \cdot \text{град}$); $\theta_{\text{п}}$ - $\theta_{\text{н}}$ – температура повітря всередині та зовні приміщення, $^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{п}} = 16$ $^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{н}} = 25$ $^\circ\text{C}$.

Втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначають:

$$Q_{\text{огр}} = V \cdot g_0 \cdot (\theta_{\text{п}} - \theta_{\text{н}}) \quad (3.14)$$

де g_0 – теплоізолююча характеристика приміщення, кДж / ($\text{м}^3 \cdot \text{град}$);

$g_0 = 2,1 \dots 2,9$ кДж / ($\text{м}^3 \cdot \text{град}$);

V – об'єм приміщення, м^3 ;

$$V = 12 \cdot 48 \cdot 3 = 1728 \text{ м}^3.$$

$$Q_{\text{огр}} = 1728 \cdot 2,5 \cdot (16 - 25) = 38880 \text{ кДж / год.}$$

Підставивши у формулу отримуємо:

$$L_T = \frac{(26,4 \cdot 10080 - 38880) \times (1 + \frac{1}{273} \cdot 16)}{1,283(16 - 25)} = 20917 \text{ м}^3/\text{год.}$$

На основі наших розрахунків робимо висновок, що в літній період накопичується найбільша кількість тепла. Саме в цей період необхідний найбільший повітрообмін потрібен літом для видалення надлишкового тепла. Для розрахунку повітрообмін приймаємо $L_T = 20917 \text{ м}^3/\text{год.}$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Кратність повітрообміну в приміщенні пташника за одну годину визначаємо за формулою:

$$R = L_T / V , \quad (3.15)$$

$$R = 20917 / 1728 = 12,1$$

Обираємо для встановлення вентиляцію із штучним збудженням.

Для забезпечення необхідного повітрообміну встановлюємо вентиляційну установку „Климат 45” з осьовими вентиляторами ВО-Ф5,6.

Технічна характеристика вентиляційної установки „Климат 45”:

Напруга живлення, В	380
Частота мережі живлення, Гц	50
Потужність двигуна АД80А6У2, Вт	0,37
Продуктивність повітрообміну	8000 м ³ / час
ККД, %	97
Ступінь вологозахисту	IP 55
Допустимі відхилення напруги, %	-7,5 ; +10
Маса, кг	26

3.3. Розрахунок опалення пташника

Для визначення параметрів системи опалення використовуємо рівняння теплового балансу. Розрахунок проводиться для холодного періоду року.

Максимальну зовнішню температуру приймаємо $Q_n = -20$ °С.

Теплопродуктивність системи опалення визначаємо, кДж / год.

$$Q_n = Q_{огр} + Q_v - Q_{ж} \quad (3.16)$$

де $Q_{огр}$ – втрати тепла через огорожуючі конструкції, кДж / год.

$Q_{ж}$ – кількість теплоти, що виділяється тварини, кДж / год.

Втрати теплоти через огорожуючі конструкції пташника:

$$Q_{огр} = V \cdot g_0 \cdot (\Theta_{в} - \Theta_{н}) \quad (3.17)$$

де V – об'єм пташеика, $V = 1728 \text{ м}^3$;

g_0 – коефіцієнт, який характеризує приміщення по тепловіддачі, $g_0 = 2,1 \dots 2,9$ кДж/($\text{м}^3 \cdot \text{град} \cdot \text{год}$), приймаємо $g_0 = 2,5$ кДж / ($\text{м}^3 \cdot \text{град} \cdot \text{год}$);

$\Theta_{в}$ – температура в приміщенні, $\Theta_{в}$ – приймаємо $16 \text{ }^\circ\text{C}$;

$\Theta_{н}$ – температура ззовні, $^\circ\text{C}$; $\Theta_{н} = -20 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q_{огр} = 1728 \cdot 2,5 \cdot (16 - (-20)) = 155520 \text{ кДж / год.}$$

Кількість теплоти, яка втрачається при роботі вентиляції, визначаємо згідно формули:

$$Q_{в} = L \cdot C \cdot (\Theta_{в} - \Theta_{н}) \quad (3.18)$$

де L – максимальний повітрообмін при роботі вентиляції. (згідно розрахунків вентиляції, $L = 11340 \text{ м}^3/\text{год.}$)

$$Q_{в} = 11340 \cdot 1,28 \cdot (16 - (-20)) = 522547,2 \text{ кДж / год.}$$

Тепло, яке виділяють тварини, визначаємо за формулою:

$$Q_{ж} = g_{ж} \cdot m \cdot N \cdot R_t \quad (3.19)$$

де $g_{ж}$ – виділення тепла на 1 кг живої маси, кДж / год, $g_{ж} = 26,4$ кДж / год.

m – маса птиці, кг; $m = 1,5$ кг.

N – кількість птиці, $N = 10080$ гол;

R_t – коефіцієнт, який враховує зміни тепловиділення тваринами при зміні температури в приміщенні $R_t = 0,92$.

$$Q_{ж} = 26,4 \cdot 1,5 \cdot 10080 \cdot 0,92 = 367234,5 \text{ кДж / год.}$$

Підставляємо дані до формули 3.16:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

$$Q_n = 155520 + 522547,2 - 367234,5 = 310832 \text{ кДж / год.}$$

Згідно розрахункового теплообміну для забезпечення опалення пташника в холодний період обираємо теплогенератор ТГ-3.

Технічна характеристика ТГ-3:

- максимально споживана потужність, кВт	45,5
- теплопродуктивність, кДж / год	$300 \cdot 10^3$
- об'єм нагрітого повітря, м ³ / год	10000
- максимальна температура нагрівання повітря, °С	50±5
- ККД, %	88
- потужність елементів, кВт	
- головний вентилятор 4АМ80А4У3	1,1
- вентилятор форсунки 4АМ63А2У3	0,37
- напруга живлення, В	
- кіл керування	220
- силових кіл	380
- маса, кг	300

3.4. Розрахунок освітлення пташника

Освітлення — один з найважливіших факторів, що впливають на продуктивність вирощування в птахівництві.

Для освітлення пташника застосовують загальне рівномірне освітлення.

Розрахунок системи освітлення виконуємо згідно методу коефіцієнта використання світлового потоку.

Згідно технологічних вимог в приміщенні освітленість на рівні кормушок, поїлок повинна становити не менше $E = 30$ лк. Згідно з умовами середовища пташника, вибираємо для освітлення світильники типу WOL-20.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

Визначення числа світильників і їх розміщення.

Вихідні дані:

Розміри приміщення $A = 42$ м, $B = 12$ м, $H = 2,5$ м.

Коефіцієнти відбиття поверхонь: $\rho_c = 30\%$; $\rho_{ст} = 10\%$; $\rho_{п} = 10\%$.

Коефіцієнт нерівномірності освітлення: $Z = 1,1$.

Коефіцієнт запасу: $K_z = 1,3$.

Найвигідніша відстань між світильниками з кривою світлорозподілу Д

$$\lambda = 1,4 \dots 1,6.$$

Висота звісу світильників $h_{св} = 0,34$ м.

Висота робочої поверхні $h_p = 0,16$ м.

Загальну кількість світильників визначаємо згідно найвигіднішої відстані між ними:

Розрахункова висота визначається:

$$H_p = H - h_{св} - h_p, \quad (3.20)$$

де H_p – розрахункова висота підвісу світильників, м;

H – загальна висота приміщення, м;

$h_{св}$ – відстань від даху до центру світильника, м;

h_p – рівень робочої поверхні відносно підлоги, м.

$$H_p = 2,5 - 0,34 - 0,16 = 2\text{ м}$$

Визначаємо відстань між світильниками L :

$$L = \lambda \cdot H_p, \text{ м} \quad (3.21)$$

де L – відстань між світильниками, м;

λ – найвигідніша відносна відстань для обраного типу світильників.

Згідно типу кривої сили світла (Д – косинусна) світильника, $\lambda = 1,4 \div 1,6$;

$$L = (1,4 \dots 1,6) \cdot 2 = 2,8 \dots 3,2\text{ м}$$

Приймаємо по більшому значенню $L = 3,2$ м.

Визначаємо необхідну кількість світильників в ряду та кількість рядів згідно виразів:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		21

$$n_a = A / L; \quad (3.22)$$

$$n_b = B / L; \quad (3.23)$$

$$N = n_a \cdot n_b, \quad (3.24)$$

де A, B – розміри приміщення, м

n_a – кількість світильників в одному ряду, шт;

n_b – кількість рядів світильників, шт.;

N – загальна кількість світильників в приміщенні, шт.

Число світильників в одному ряду:

$$n_a = \frac{42}{3.2} = 13,1 \text{ шт, приймаємо } 13 \text{ шт.}$$

Кількість рядів світильників:

$$n_b = \frac{12}{3.2} = 3,75 \text{ шт, приймаємо } 4 \text{ ряди.}$$

Загальна кількість світильників в приміщенні: $N = 13 \cdot 4 = 52 \text{ шт.}$

Розрахунок освітленості методом коефіцієнту використання світлового потоку.

Світловий потік однієї лампи визначається за рівнянням:

$$\Phi = E \cdot K_z \cdot S \cdot Z / N \cdot \eta, \quad (3.25)$$

де Φ – світловий потік однієї лампи, Лм;

E – необхідна освітленість робочої поверхні згідно норм, лк;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення $Z=1,1 \dots 1,2$;

K_z – коефіцієнт запасу ($K_z = 1,3$);

N – кількість світильників, шт;

S – площа приміщення, м²;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, відн. од.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = S / H_p(A+B), \quad (3.26)$$

де H_p – висота підвісу світильника, м;

S – площа приміщення, $S = A \cdot B$, м²;

A і B – розміри приміщення, м.

$$i = 504 / 2 (42 + 12) = 3,7.$$

Із довідкової літератури згідно коефіцієнтів відбиття та індексу приміщення визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку ($\eta=0,6$) для обраного світильника.

Всі дані вносимо у формулу (3.25) і розраховуємо світловий потік лампи:

$$\Phi = 30 \cdot 1,3 \cdot 504 \cdot 1,15 / 52 \cdot 0,6 = 724,5 \text{ лм.}$$

За розрахованим світловим потоком наведеного в довідкової літературі підбираємо джерело світла, світловий потік якого відповідає розрахунковому значенню.

Встановлюємо світлодіодну лампу Eurolamp серія ЕКО А60 10w Е27, яка має світловий потік $\Phi_{\text{л}} = 715 \text{ лм}$ та потужністю $P = 10 \text{ Вт}$.

Визначаємо фактичну освітленість в приміщенні $E_{\text{ф}}$:

$$E_{\text{ф}} = E_{\text{н}} \frac{\Phi_{\text{ф}}}{\Phi_{\text{р}}} \quad (3.27)$$

де $E_{\text{н}}$ – освітленість в даному приміщенні згідно норм, лк,

$\Phi_{\text{ф}}$ – світловий потік обраної лампи, лм,

$\Phi_{\text{р}}$ – світловий потік згідно розрахунків, лм.

$$E_{\text{ф}} = 30 \cdot (715 / 650) = 33 \text{ лк}$$

Визначаємо відповідність допустимому відхиленню освітленості:

$$\Delta E = \frac{E_{\text{ф}} - E_{\text{н}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (3.28)$$

Допускається відхилення фактичної освітленості від нормованої в межах $\Delta E = -10\% \dots +20\%$.

$$\Delta E = ((33 - 30) / 30) \cdot 100\% = 10\%$$

Отже відхилення фактичної освітленості в межах допустимих норм.

Визначаємо загальну потужність системи освітлення:

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

$$P_y = P_{\text{л}} \cdot N = 10 \cdot 52 = 3120 = 3,12 \text{ кВт.}$$

Повірочний розрахунок освітленості.

При повірочному розрахунку місцевого, вуличного, локалізованого освітлення використовується точковий метод.

Визначаємо контрольні точки в приміщенні з мінімальною та максимальними освітленостями.

Розрахунок освітлення у визначеній точці визначається за формулою:

$$E_A = \sum_i^n e_i \quad (3.29)$$

де n – кількість світильників, які впливають на освітленість у визначеній точці; e_i – освітленість у визначеній точці, створена певним світильником. E – освітленість в точці розрахунку, лк;

Освітленість від певного світильника визначається:

$$e_i = (I_{\alpha_i} \cos^3 \alpha_i) / (H_p^2), \quad (3.30)$$

де I_{α} – сила світла світильника, кд;

α – кут між віссю світильника та напрямом до розрахункової точки, град;

H_p – висота підвісу світильника, м.

Визначаємо тангенс кута падіння променя світла в розрахункову точку (рис. 3.1).

$$\text{tg } \alpha = d / H_p, \quad (3.31)$$

де d – відстань від розрахункової точки до осі симетрії світильника на площину, яка перпендикулярна їй і проходить через розрахункову. Цю відстань визначають згідно плану приміщення; H_p – висота підвісу світильника, м.

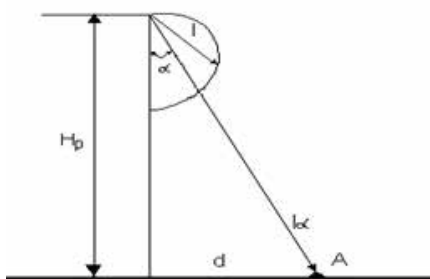


Рис. 3.1. Визначення параметрів кута світлового потоку
 Розрахунок освітлення у найменш освітленій точці приміщення

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{L}{2}\right)^2}; \quad (3.32)$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{3L}{2}\right)^2}; \quad (3.33)$$

$$d_3 = \sqrt{\left(\frac{3L}{2}\right)^2 + \left(\frac{3L}{2}\right)^2}; \quad (3.34)$$

$d_1=1,5$ м; $d_2=4,5$ м; $d_3=2,9$ м;

$\operatorname{tg} \alpha_1 = 1,5 / 2 = 0,75$;

$\operatorname{tg} \alpha_2 = 4,5 / 2 = 2,25$;

$\operatorname{tg} \alpha_3 = 2,9 / 2 = 1,45$;

По визначеному тангенсу кута визначаємо кут α та його $\cos^3$:

$\alpha_1 = \arctg \alpha_1 = 36,9^\circ$;

$\alpha_2 = \arctg \alpha_2 = 66^\circ$;

$\alpha_3 = \arctg \alpha_3 = 55,4^\circ$;

$\cos^3 \alpha_1 = 0,51$;

$\cos^3 \alpha_2 = 0,07$;

$\cos^3 \alpha_3 = 0,18$;

Знаходимо силу світла від світильника:

$$I_\alpha = (I_\alpha)_T \Phi_L / 1000, \quad (3.35)$$

де $(I_\alpha)_T$ – сила світла світильника із умовною лампою 1000 лм, кд;

Φ_L – світловий потік встановленої лампи, лм.

$$I_{\alpha_1} = 195 \cdot (715/1000) \approx 139,425 \text{ кд};$$

$$I_{\alpha_2} = 122 \cdot (715/1000) \approx 87,23 \text{ кд};$$

$$I_{\alpha_3} = 145 \cdot (715/1000) \approx 103,675 \text{ кд};$$

Розраховуємо освітленість в точці розрахунку від кожного світильника

$$e_i = (I_{\alpha_i} \cos^3 \alpha_i) / (H_p^2), \quad (3.36)$$

$$e_1 = (139,425 \cdot 0,51) / 2^2 = 19,8 \text{ лк};$$

$$e_2 = (87,23 \cdot 0,07) / 2^2 = 2,53 \text{лк};$$

$$e_3 = (103,675 \cdot 0,18) / 2^2 = 6,67 \text{лк};$$

$$E_A = \sum e_i = 19,8 + 2,53 + 6,67 = 29 \text{ лк.}$$

Освітленість в найменш освітленій точці приміщення відповідає нормі тож обладнання для освітлення обрано правильно.

Розрахунок освітлення для технічних та промислових приміщень методом питомої потужності.

Освітлення в приміщенні для персоналу розраховується методом питомої потужності і з відповідни таблиць вибираємо світильники з лампами розжарювання, які згідно значення світлового потоку можна замінити на енергозберігаючі. Освітленість в приміщенні такого типу згідно норм складає $E_n = 75 \text{ лк}$. Вибираємо світильник типу WOL-20.

Розрахункову висоту звісу світильника:

$$H_p = H - h_c = 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Визначаєм найкращу відстань між світильниками:

$$L = \lambda H_p = (1,4 \dots 1,6) 2 = 2,38 \dots 2,72 \text{ м.}$$

Кількість рядів визначаємо за формулою:

$$A / L = 2 / 2,4 \approx 1 \text{ ряд}$$

Кількість світильників в ряду визначаємо за формулою:

$$B / L = 5 / 2 = 2,5 \approx 3 \text{ шт.}$$

Розрахункову потужність лампи знаходимо за формулою:

$$P = P_{\text{пит}} \cdot S / n \cdot N, \text{ Вт}, \quad (3.37)$$

де $P_{\text{пит}}$ – питома потужність, яка визначається з довідкової літератури,

					02.02-KP.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

$$P_{\text{пит}} = 26,4 \text{ Вт/ м}^2;$$

S – загальна площа приміщення, м²;

n – кількість ламп в світильнику, шт;

N – загальна кількість світильників в приміщенні, шт.

$$P = 26,4 \cdot 10/3 = 106 \text{ Вт.}$$

Ця потужність відповідає лампі розжарювання Б 215-225-100, ми ж обираємо для встановлення світлодіодний аналог з таким же світловим потоком, лампу Eurolamp серія ЕКО А60 15w E27 (світловий потік $\Phi_{\text{л}}=1100$ лм, потужність P=15 Вт.)

Інші допоміжні приміщення розраховуються аналогічно.

Всі результати розрахунків заносимо у світлотехнічну відомість.

Також необхідно передбачити окреме ввімкнення чергове освітлення, яке складає 10% від основного.

Таблиця 3.1.

Розподіл груп освітлювальної проводки

№ гр	Система групи	Номер приміщення на плані	Кількість ламп, шт.	Установлена потужність ламп, кВт	Примітка
1	A+N	1	26	1,56	
2	B+N	1	26	1,56	
3	C+N	2,5,6	8	0,6	Потужність групи враховуючи розетки 1,04 кВт
4	C+N	3,4,7	7	0,55	

Струм кожної групи визначаєм згідно формули:

$$I_{\text{сп}} = \frac{P \cdot 10^3}{U_{\phi}}; \quad (3.38)$$

$$I_{\text{гр1}} = 1,56 \cdot 10^3 / 220 = 7,1 \text{ A};$$

$$I_{\text{гр2}} = 1,56 \cdot 10^3 / 220 = 7,1 \text{ A};$$

$$I_{\text{гр3}} = 0,6 \cdot 10^3 / 220 = 2,72 \text{ A};$$

$$I_{\text{гр4}} = 0,55 \cdot 10^3 / 220 = 2,5 \text{ A};$$

Загальний струм в мережі освітлення:

$$I_{\text{р}} = I_{\text{гр4}} + I_{\text{гр3}} + I_{\text{гр2}} + I_{\text{гр1}};$$

$$I_{\text{р}} = 7,1 + 7,1 + 2,72 + 2,5 = 19,42 \text{ A}.$$

Для монтажу апаратів комутації та захисту освітлювальної мережі обираємо щит ПР11-3046-21УЗ ПР11-3046-54У1.

Вибір типу ввідного апарату:

Робочий струм на вводі в пташник визначаємо:

-для мережі 220 В:

$$I_{\text{роб. в.}} = P / U_{\phi}, \text{ A} \quad (3.39)$$

-для мережі 380 В:

$$I_{\text{роб. в.}} = P / \sqrt{3} U_{\text{л}} = P / 3 U_{\phi}, \text{ A} \quad (3.40)$$

де $I_{\text{роб. в.}}$ - робочий струм на вводі в пташник, А;

P – загальна потужність системи освітлення, Вт; $P = 4540 \text{ Вт}$.

U_{ϕ} – напруга мережі, В. $U_{\phi} = 380 \text{ В}$.

$$I_{\text{роб. в.}} = 4540 / 380 = 12 \text{ A}.$$

Для захисту ввідного кабелю обираємо автоматичний вимикач ВА47-29 3Р зі струмом розчіплювача $I_{\text{уст}} = 16 \text{ A}$.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

Перевіряємо:

$$I_{уст.} \geq I_{роб.};$$

$$16 \text{ А} \geq 12, \text{ А};$$

Даний вимикач відповідає умовам вибору.

За аналогією обираємо автоматичні вимикачі для групових ліній. Результати заносимо в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Результат вибору автоматичних вимикачів

№ групи	Розрахунковий струм групи, $I_{розр}$	Тип автоматичного вимикача	Номінальна сила струму, А	
			Вимикача	Розчіплювачів
1	7,1	ВА47-29 3Р	25	16
2	7,1	ВА47-29 3Р	25	16
3	2,72	ВА47-29 3Р	25	6,3
4	2,5	ВА47-29 3Р	25	6,3

Вибір проводів

В основному приміщенні для утримання птиці освітлювальні мережі монтуємо проводом ПВ. Монтаж виконуємо на тросу.

Переріз проводів вибираємо з дотриманням умови.

$$I_{роб} \leq I_{дов. доп.}, \quad (3.41)$$

де $I_{роб}$ – розрахункова сила струму освітлювальної лінії, А;

$I_{доп}$ – тривалодопустима сила струму для проводу певного перерізу, А.

Робочий струм ввідної та групових ліній визначаємо за виразом:

– для мережі 220В:

$$I_{роб} = P / U_{\phi} \cos\varphi, \text{ А} \quad (3.42)$$

– для мережі 380В:

$$I_{роб} = P / \sqrt{3} U_{л} \cos\varphi = P / 3 U_{\phi} \cos\varphi, \text{ А} \quad (3.43)$$

де $U_{л}$ – лінійна напруга, В. $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності, від. од.; U_{ϕ} – фазна напруга, В;

Приймаємо для монтажу 1-ої групи провід ПВ 3×2,5 трьохжильний з тривало-допустимим струмом 19 А.

Перевіряємо відповідність проводу згідно умови:

$$I_{\text{роб}} \leq I_{\text{дов. доп.}},$$

7,1 А < 19 А – умова виконується, вибір проводу виконано вірно.

Аналогічно обираємо проводи для всіх груп.

Для подачі живлення до групового щита обираємо кабель ВВГ –4×4,0, з максимально допустимим струмом 20 А.

Перевіряємо провід на умову навантаження тривало допустимим струмом:

$$I_{\text{роб}} \leq I_{\text{дов. доп.}},$$

12 А < 20 А – умова виконується.

Вибір кабелю виконано вірно.

Результат вибору кабелів та проводів для монтажу ліній живлення освітлювальних мереж наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Результати вибору проводів

№п/п	Назва споживача	Марка провода (кабеля)	Кількість жил	Допустимий струм жили	Площа поперечного перерізу	Спосіб прокладання
1	Перша група	ПВ	2	19	2,5	На тросі
2	Друга група	ПВ	2	19	2,5	На тросі
3	Третя група	ПВ	2	19	2,5	Під штукатуркою
4	Четверта група	ПВ	2	19	2,5	Під штукатуркою
5	Ввод в щит	ВВГ	4	20	4	Відкрито на скобах

3.5. Опромінення птиці

Важливим технологічним прийомом при вирощуванні птиці є забезпечення її ультрафіолетовим світлом. Без нього в птиці виникає ультрафіолетова недостатність. Це призводить до ослаблення імунітету птиці, нехватка вітаміну D та інші небажані явища.

Для запобігання дефіциту ультрафіолету використовуються опромінювальні установки. При клітковому утриманні встановлюють установку «УОК-1» із ртутно кварцовими лампами.

Установка містить шасі, що приводиться в рух асинхронним двигуном потужністю 0,25 кВт. Колеса шасі рухаються по колії кормороздавача між рядами кліток. Джерелом опромінення є лампи ДРТ-400, встановлених на металевій стійці. Ультрафіолетове випромінювання покращує обмін речовин, підвищує загальну опірність організму, чинить протибактеріальну дію.

Технічна характеристика «УОК-1»:

- напруга живлення, В	380/220
- потужність, кВт	1,5
- швидкість руху, м/хв	0,5/1
- тип опромінюючого пристрою	ОРК-021
- тип ультрафіолетової лампи	ДРТ-400
- ламп, шт	2
- середній строк служби, років	8

3.6. Перевірка електродвигунів приводу технологічного обладнання на відповідність параметрам мережі живлення і умовам навколишнього середовища

Для перевірки параметрів вентиляційного обладнання, зокрема електродвигун приводу витяжного вентилятора Ц4-70 N3, що розташований в свинарнику-маточнику.

Технічні параметри вентилятора:

- подача: $L = 1760 \text{ м}^3/\text{год} = 0,488 \text{ м}^3/\text{с}$;
- напір: $p = 48 \text{ кг/м}^2 = 470,4 \text{ Па}$;
- частота обертання: 2780 об/хв .

У зв'язку з тим, що частота обертання вентилятора 2780 об/хв , тому необхідно вибрати електродвигун із синхронною частотою обертання 3000 об/хв .

Навантаження на електродвигун стале, режим роботи електродвигуна тривалий – S1. Конструктивне виконання електродвигуна приймаємо ІМ 1081 – двигун на лапах з двома підшипниками, з одним циліндричним кінцем валу, положення в просторі будь-яке.

Споживана вентилятором потужність (кВт), визначається формулою:

$$P_B = \frac{Lp}{1000 \cdot \eta_v}, \quad (3.44)$$

Де L – подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; p – напір вентилятора, Па ; η_v – ККД вентилятора, $\eta_v = 0,8$.

Звідси:

$$P_B = \frac{0,488 \cdot 470,4}{1000 \cdot 0,8} = 0,29 \text{ кВт}.$$

Визначення потужності електродвигуна для приводу вентилятора проводиться за формулою:

$$P_{\text{дв.ном}} \geq K_{\text{зап}} \cdot \frac{P_B}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (3.45)$$

де $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт запасу, що залежить від типу та потужності електродвигуна, $K_{\text{зап}} = 1,5$; $\eta_{\text{пер}}$ – ККД передачі; оскільки вал електродвигуна і вал вентилятора з'єднані жорстко, то $\eta_{\text{пер}} = 1$;

$$P_{\text{дв.ном}} \geq 1,5 \cdot \frac{0,29}{1} = 0,495 \text{ кВт}.$$

Обираємо електродвигун загально промислового виконання з найближчою більшою номінальною потужністю АИР63В2УЗ ТУ16-51.649-85. Паспортні дані електродвигуна: $P_{\text{н.дв}} = 0,55 \text{ кВт}$, $I_n = 1,31 \text{ А}$, $\eta = 75\%$, $\cos \varphi = 0,85$, $N_n = 2730 \text{ об/хв}$, $M_{\text{пуск}}/M_n = 2,2$, $M_{\text{мін}}/M_n = 1,8$, $\mu_k = M_{\text{макс}}/M_n = 2,2$, $J_p = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Здійснюємо перевірку даного електродвигуна на відповідність робочій машині, тобто відцентровому вентилятору Ц 4-70 N2.5.

Користуючись даними довідника для електродвигуна [8], побудуємо його природну механічну характеристику $M_{\text{об.}} = f(n)$ за п'ятьма точками.

Точка 1 – неробочий хід: $M_1 = 0, S_1 = 0$;

Точка 2 – номінальний режим роботи: $M_2 = M_n, s_2 = s_n$;

$$M_n = 9550 \cdot \frac{P_{\text{н.дв.}}}{n_n}, \quad (3.46)$$

де M_n – номінальний обертовий момент електродвигуна, Нм;

n_n – номінальна частота обертання електродвигуна, об/хв.

$$s_n = \frac{n_c - n_n}{n_c}, \quad (3.47)$$

де s_n – номінальне ковзання двигуна.

Підставивши дані в (3.3) і (3.4), одержимо:

$$M_n = 9550 \cdot \frac{0,55}{2730} = 1,92 \text{ Нм},$$

$$s_n = \frac{3000 - 2730}{3000} = 0,09;$$

Точка 3 - точка максимального моменту $M_3 = M_{\text{max}}; s_3 = s_{\text{max}} = s_{\text{кр}};$

$$M_{\text{max}} = \mu_k \cdot M_n = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$s_{\text{кр}} = \frac{s + \sqrt{s_{\text{кр}} \frac{\mu_{\text{кр}} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{s_n \frac{\mu_{\text{кр}} - 1}{\mu_1 - 1}}}, \quad (3.48)$$

де $\mu_1 = M_{\text{max}}/M_{\text{пуск}}$, визначається як $\mu_1 = (M_{\text{max}} / M_n) / (M_{\text{пуск}} / M_n) = 2,2/2,2 = 1$.

Оскільки $\mu_1 = 1$, то формула (3.5) для розрахунку не підходить. Знаходимо $s_{\text{кр}}$ за довідковими даними.

Отже, $M_{\text{max}} = 4,22 \text{ Н}\cdot\text{м}; s_{\text{кр}} = 0,54$.

Точка 4 – точка мінімального моменту $M_4 = M_{\text{min}}; s_4 = 0,8$

$$M_{\text{min}} = 1,8 \cdot M_n = 1,8 \cdot 1,92 = 3,456 \text{ Нм}, \quad (3.49)$$

Точка 5 – точка пускового моменту $M_5 = M_{\text{пуск}}; s_5 = 1$;

$$M_{\text{пуск}} = \mu_n \cdot M_n = 2,2 \cdot 1,92 = 4,22 \text{ Нм}. \quad (3.50)$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

Визначимо дані для побудови штучної механічної характеристики $M'_{\text{дв}} = f(n)$ при зниженні напруги у споживача на $-5\%U_{\text{ном}}$

При цьому використовується формула :

$$M' = (0,95)^2 \cdot M, \quad (3.51)$$

де M – відповідні значення моментів електродвигуна, Нм ;

Отримаємо:

$$M'_{\text{ном}} = (0,95)^2 \cdot 1,92 = 1,73 \text{ Нм};$$

$$M'_{\text{max}} = (0,95)^2 \cdot 4,22 = 3,81 \text{ Нм};$$

$$M'_{\text{min}} = (0,95)^2 \cdot 3,456 = 3,12 \text{ Нм};$$

$$M'_{\text{пуск}} = (0,95)^2 \cdot 4,22 = 3,81 \text{ Нм};$$

Другу штучну механічну характеристику $M''_{\text{дв}} = f(n)$ визначають відхилення моментів.

$$\Delta M_{\text{кр(max)}} = -10\%; \Delta M_{\text{min}} = -20\%; \Delta M_{\text{пуск}} = -15\%.$$

Тоді

$$M''_{\text{max}} = 0,9 \cdot M_{\text{max}} = 0,9 \cdot 4,22 = 3,798 \text{ Нм};$$

$$M''_{\text{min}} = 0,8 \cdot M_{\text{min}} = 0,8 \cdot 3,456 = 2,76 \text{ Нм};$$

$$M''_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot M_{\text{пуск}} = 0,85 \cdot 4,22 = 3,43 \text{ Нм};$$

$$M''_{\text{н}} = M_{\text{н}} = 1,92 \text{ Нм};$$

Використовуючи розрахункові дані для побудови механічних характеристик електродвигуна АИР 63В2У3 переносимо до табл. 3.4.

Таблиця 3.4

**Розрахункові дані для побудови механічних характеристик двигуна
АИР63В2У3**

S	0	0,09	0,54	0,8	1	Найменування характеристики
M , Нм	0	1,92	4,22	3,456	4,22	природна $M = f(\omega)$
M' , Нм	0	1,73	3,81	3,12	3,81	штучна, при $\Delta U = -5\%$
M'' , Нм	0	1,92	3,798	2,76	3,59	штучна, при відхиленні моментів ΔM

Механічну характеристику робочої машини (рис. 3.2), в даному випадку це вентилятор, будуємо, використовуючи рівняння:

$$M_c = M_{\text{ном}} + (M_{\text{с.ном}} - M_{\text{поч}}) \cdot (\omega/\omega_{\text{н}})^x, \quad (3.52)$$

де M_c – момент статичних опорів машини при частоті обертання n , Нм ;

$M_{ноч}$ – момент статичних опорів тертя, $Нм$; $M_{с.ном}$ – момент статичних опорів при номінальній частоті обертання вентилятора $n_{ном}$, $Нм$; x - показник степеню, що характеризує групу машин, для вентилятора $x = 2$.

$$M_{с.ном} = M_{н.дв} = 1,92 \text{ Нм},$$

$$M_{ноч} = 0,1 \cdot M_{с.ном} = 0,1 \cdot 1,92 = 0,192 \text{ Нм} . \quad (3.53)$$

В такому випадку,

$$\omega_n = \pi N_n / 30 = 3,14 \cdot 2780 / 30 = 290,98 \text{ рад/с}. \quad (3.54)$$

Підставимо різні значення частоти обертання n в формулу (3.54) і зведемо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Розрахункові дані для побудови механічної характеристики вентилятора Ц4-70N2.5

ω , рад/с	31,4	62,8	94,2	125,6	157,0	188,4	219,8	251,2	282,6	314,0
M , Н·м	0,21	0,27	0,37	0,51	0,69	0,91	1,18	1,48	1,82	2,20

Використовуючи за основу дані табл. 3.4 і 3.5 будуюмо механічні характеристики електродвигуна та вентилятора. Характеристики яких зображені на Рис. 3.2.

Беручи за основу ці характеристики будується динамічна характеристика $M_{дин} = f(\omega)$;

$$M_{дин} = M_{дв} - M_{с}.$$

Застосовуючи динамічну характеристику $M_{дин} = f(\omega)$ визначається тривалість пуску електродвигуна t_n .

Необхідно для цього розбити характеристику по осі ординат на рівні ділянки і для кожної ділянки графічно визначається середнє значення динамічного моменту.

Тривалість пуску електродвигуна у даному випадку:

$$t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad (3.55)$$

де Δt_i – час пуску двигуна на i -тій ділянці, с.

$$\Delta t_i = j_{np} \frac{\Delta \omega_i}{\Delta M_{i\text{сеп}}}, \quad (3.56)$$

де j_{np} – приведений момент інерції до валу електродвигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $\Delta \omega_i$ – частота обертання на i -тій ділянці, $\text{рад}/\text{с}$; $\Delta M_{i\text{сеп}}$ – середній динамічний момент на i -тій ділянці, $\text{Н}\cdot\text{м}$.

$$j_{np} = J_{p.m} + J_{\text{дв}}, \quad (3.57)$$

де $J_{p.m}$ – момент інерції робочої машини, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$J_{\text{дв}}$ – момент інерції ротора двигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$; $J_{\text{дв}} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Визначається момент інерції робочої машини – вентилятора за формулою:

$$J_{p.m} = m \cdot \rho^2, \quad (3.58)$$

де m – маса робочого колеса вентилятора, кг ; ρ – радіус інерції робочого колеса вентилятора, м .

$$\rho^2 = R^2 / 2, \quad (3.59)$$

де R – радіус робочого колеса вентилятора, м . $R = 0,125 \text{ м}$.

У такому разі, підставивши в (3.59), отримаємо:

$$\rho^2 = 0,125^2 / 2 = 0,0078 \text{ м}^2.$$

Потім за формулою (3.15) отримаємо:

$$J_{p.m} = 0,3 \cdot 0,0078 = 2,34 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

$$J_{np} = 2,34 \cdot 10^{-3} + 0,9 \cdot 10^{-3} = 3,24 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Тоді знаючи, що $\Delta \omega_1 \div \Delta \omega_9 = 31,4 \text{ рад}\cdot\text{с}$ і підставляючи дані в формулу (3.59), отримані результати розрахунків заносимо до табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Розрахунок тривалості пуску електродвигуна

$\Delta \omega, \text{с}^{-1}$	$M_{i\text{сеп}}, \text{Н}\cdot\text{м}$	$\Delta t, \text{с}$	$t_n, \text{с}$
31,4	3,74	0,027	
31,4	3,28	0,031	
31,4	3,19	0,031	
31,4	3,38	0,030	
31,4	3,57	0,028	
31,4	3,3	0,030	
31,4	2,74	0,037	
31,4	1,93	0,052	

Таким чином , тривалість пуску електродвигуна $t_n = 0,381c$.

Визначимо підвищення температури обмотки статора двигуна протягом одного пуску, $\theta_{пуск}, ^\circ C$:

$$\theta_{пуск} = V_t \cdot t_n, \quad (3.60)$$

де V_t – швидкість нагрівання обмотки статора, $^\circ C/c$, $V_t = 8,1 ^\circ C/c$.

В такому разі

$$\theta_{пуск} = 8,1 \cdot 0,381 = 3,09^\circ C.$$

Клас нагрівостійкості ізоляції електродвигуна В [8], що задовільняє допустиму температуру нагрівання обмотки статора $130^\circ C$.

Під час пуску температура обмотки двигуна збільшиться на $3,09^\circ C$, таким чином він не буде перегріватись.

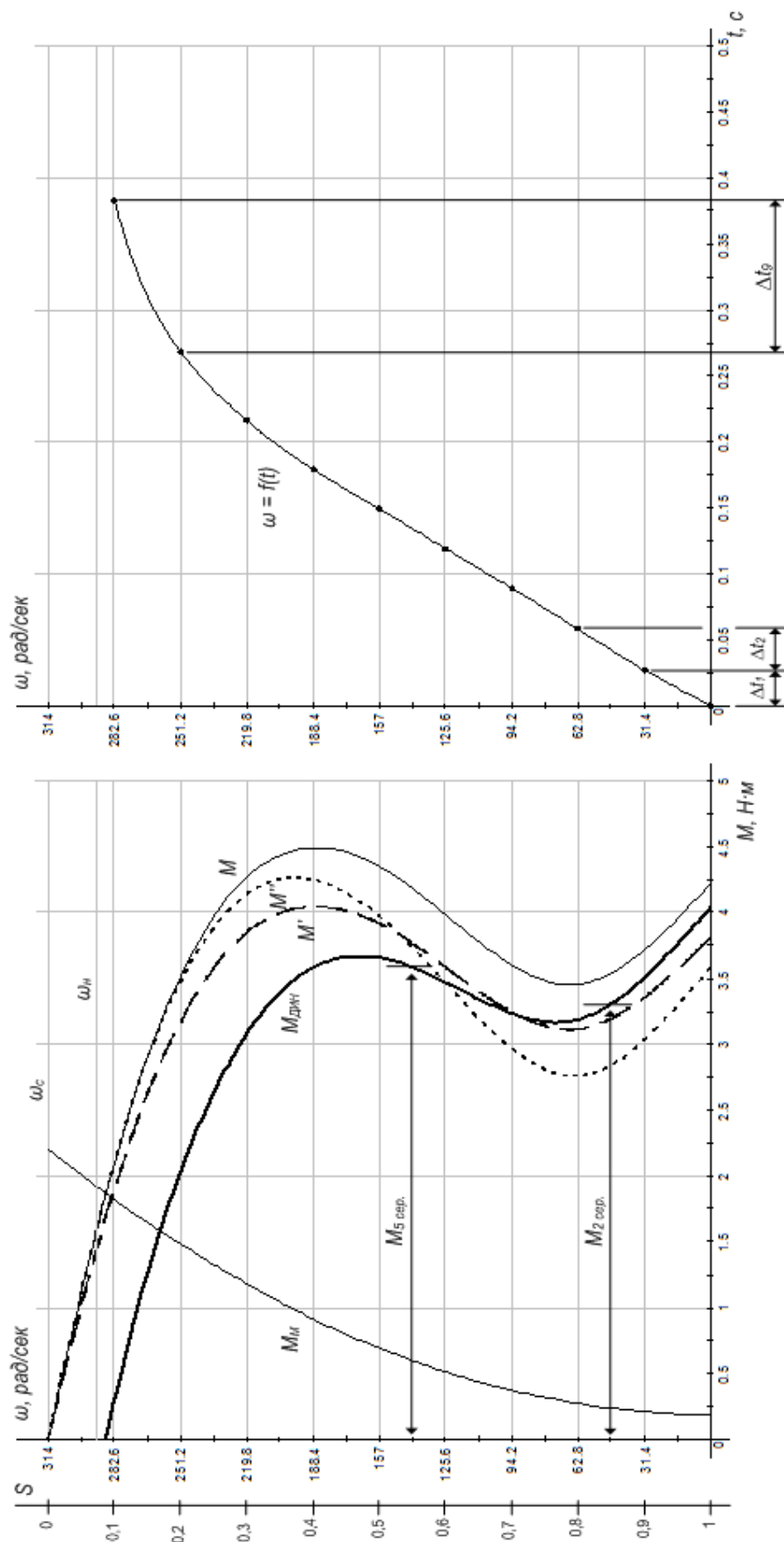


Рис. 3.2. Механічні характеристики електродвигуна і вентилятора та тривалість пуску електродвигуна

Розрахунок силових мереж. Вибір апаратів управління та захисту.

Всі електродвигуни повинні мати захист від перевантажень і струмів к. з.

Проведемо вибір автоматичного вимикача на прикладі електродвигуна АИР63В2У3 приводу скребкового транспортера МПС-6М.

Умова вибору наступні:

1. $U_H \geq U_{\text{мережі}}$, $U_H \geq 380 \text{ В};$
2. $I_{H. \text{ а.}} \geq I_{H. \text{ ел. дв.}}$, $10 \text{ А} \geq 5 \text{ А};$
3. $I_p \geq I_{H. \text{ ел. дв.}}$, $I_{H.p.} = 6,3 \geq 5 \text{ А};$
4. $I_{\text{відс. ел. н. р.}} \geq K_3 \cdot K_{p. \text{ н. т.}} \cdot K_{\text{відс.}} \cdot K_H \cdot I_{H. \text{ ел. дв.}}$,

$$I_{\text{відс. ел. н. р.}} = 12 I_{H.p} = 12 \cdot 6 = 72 \text{ А} ,$$

$$K_3 \cdot K_{p. \text{ н. т.}} \cdot K_{\text{відс.}} \cdot K_H \cdot I_{H. \text{ ел. дв.}} = 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 6 \cdot 5 = 49,5 \text{ А} ,$$
$$72 \text{ А} > 49,5 \text{ А} .$$

Приймаємо автоматичний вимикач АВВ S203-Р-С63А 3р С 25кА.

Вибір електромагнітного пускача.

Умова вибору наступні:

1. $U_H \geq U_{\text{мережі}}$, $U_H \geq 380 \text{ В};$
2. $I_{M. \text{ п.}} \geq I_{H. \text{ ел. дв.}}$, $10 \text{ А} \geq 5 \text{ А};$
3. $I_{H. \text{ т. р.}} \geq I_{H. \text{ ел. дв.}}$, $10 \text{ А} \geq 5 \text{ А};$
4. $I_{H. \text{ ел. дв.}} \geq I_{H. \text{ е.}}$, $I_{H.e.} = 6 \text{ А} .$

Встановлюємо електромагнітний пускач серії ПМЛ 1220 220 В, $I_{H. \text{ т. р.}} = 10 \text{ А}$,

Теплове реле встановлюємо РТЛ-1014, $I_{H.e.} = 6 \text{ А}$

Для інших електродвигунів розрахунок проводиться за аналогією. Всі результати розрахунків заносимо в розрахунково-монтажну таблицю.

Розрахунок внутрішніх силових проводок.

Переріз жил кабелю обираємо з умови пропускання тривалодопустимого струму: $I_{\text{тр. доп}} \geq I_{\text{роб.}}$.

Електродвигун АИР63В2У3 має $I_H = 5 \text{ А}$. Для нього обираємо провід живлення ПВ 4х2,5 з номінальним струмом $I_{\text{тр. доп}} = 19 \text{ А}$. Монтаж проводів у трубі.

Діаметр труби розраховуємо за формулою:

$$d_{\text{тр}} = d_{\text{пр}} \sqrt{\frac{n}{k_3}} \quad (3.61)$$

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

де $d_{\text{пр.}}$ – діаметр проводу, мм, $d_{\text{пр.}} = 4,2$ мм;

n – кількість проводів в одній трубі $n = 4$;

k_z – коефіцієнт заповнення $k_z = 0,5$.

$$d_{\text{тр}} = 4,2 \sqrt{\frac{4}{0,5}} = 11,8 \text{ мм.}$$

Приймаємо сталю трубу з внутрішнім діаметром 15 мм.

Розрахунок для інших силових споживачів робиться аналогічно. Розрахункові дані заносимо в розрахунково-монтажну таблицю.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ОСВІТЛЕННЯ

4.1 Вплив режимів освітлення на стан і продуктивність птиці

Багатьма дослідженнями доведено, що оптичне випромінювання викликає фізіологічні зміни в птиці. Енергія світла, що поглинається сітчаткою, перетворюється в нервові імпульси збуджуючи нервові центри сприяючи обміну речовин. Під впливом світла підвищується рівень гемоглобіну, еритроцитів, фосфору й кальцію, а також зростає обмін азоту. Світло підсилює бактерицидні властивості крові, активізує ферментні процеси. Світло має значний вплив на ріст птиці, розмір яєць та несучість.

Скорочуючи тривалість світлового періоду під час вирощування птиці, можна підвищити продуктивність курей і термін їх експлуатації, отримувати більш яйця. Однак режими освітлення, які затримують статеве дозрівання птиці і дозволяє отримувати більші яйця, зазвичай призводить до меншої яйценосності, що в свою чергу призводить до появи тонких шкаралуп.

Необхідно змінювати тривалість світлового періоду і в процесі вирощування птиці. Доведено, що на продуктивність впливає не просто тривалість дня, а саме його поступове збільшення.

В період вирощування курей-несучок зменшення світлового часу (рис. 4.1.) на 2...3 хвилини щодня затримує статеве дозрівання курей, вони краще розвиваються і входять у фазу несучості більш розвиненими. Це позитивно впливає на продуктивність курей та якість яєць. Скорочення світлового періоду до 120-го дня впроваджується для уповільнення раннього статевого розвитку курей-несучок.

При скороченні світлового періоду птиця менше схильна до яйцекладки.

Після повного дозрівання птиці поступово збільшують світловий час, що інтенсифікує яйцекладку.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

Світловий день для промислової птиці збільшується до 18 годин, а для маточного поголів'я – до 12 годин.

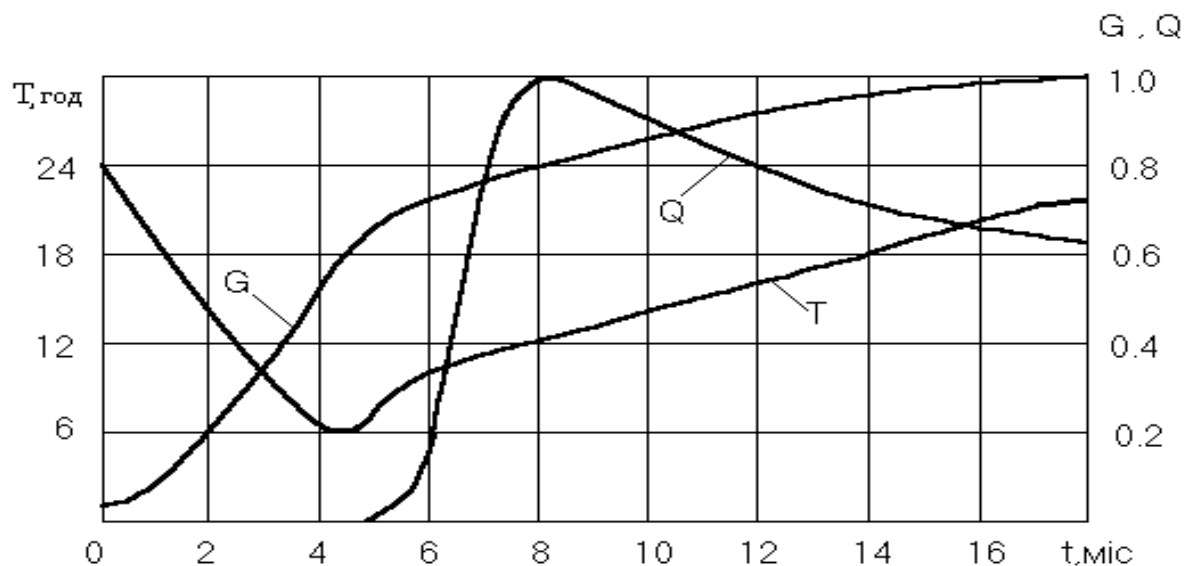


Рис. 4.1. Зміна тривалості світлового періоду доби T , відносної ваги G і яйценосності Q курей протягом періоду вирощування

На рис.4.2. наведено схему добового ритму птиці в залежності від віку.

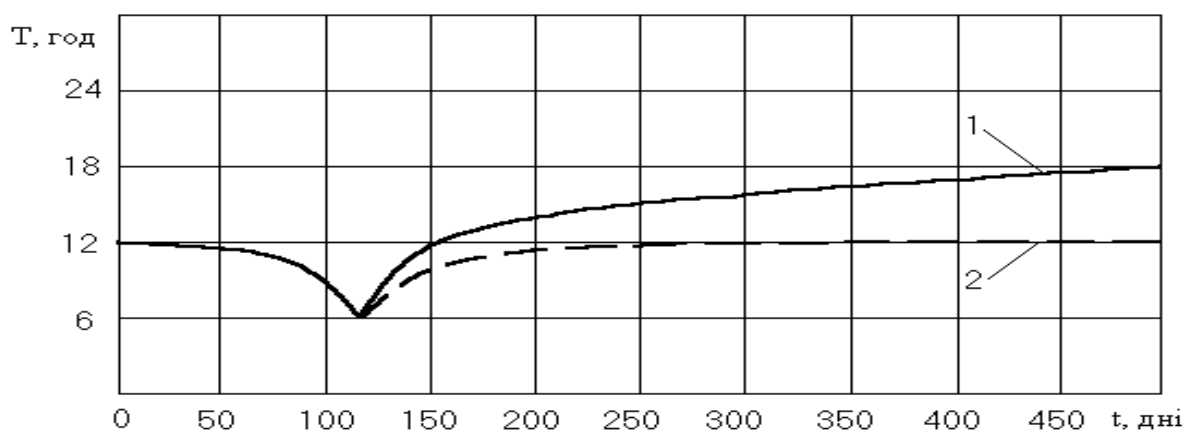


Рис. 4.2. Схема зміни добового ритму в пташнику; 1 – промислове; 2 – маточне поголів'я

На багатьох птахівничих підприємствах м'ясо – яєчного напрямлення використовують світловий режим наведений в таблиці 4.1

Добовий режим для різновікової птиці

Тиждень	Молодки		Несучки	
	Вік, днів	Світловий день, год. - хв.	Вік, місяців	Світловий день, год. - хв.
1	1 - 7	15 - 00	6 - 7	9 - 30
2	8 - 14	12 - 00	7 - 8	10 - 00
3	15 - 21	9 - 00	8 - 9	11 - 00
4	22 - 28	6 - 00	9 - 10	12 - 00
5 - 19	29 - 135	6 - 00	10 - 11	13 - 00
20	136 - 140	6 - 00	11 - 12	14 - 00
21	141 - 147	6 - 30	12 - 13	15 - 00
22	148 - 154	7 - 00	13 - 14	16 - 00
23	155 - 161	7 - 30	14 - 15	17 - 00
24	162 - 168	8 - 00	15 - 16	19 - 00
25	169 - 175	8 - 30	16 - 17	21 - 00
26	176 - 182	9 - 00	17 - 18	23 - 00

Також відомо, що переривчасті режими освітлення забезпечують позитивні результати. Ефективність переривистого режиму в першу чергу залежить від віку птиці, з якого його починають застосовувати. В таблиці 4.2. представлено світлові режими для вирощування ремонтного молодняку курей промислового стада.

Проаналізувавши найпопулярніші світлові режими можна виділити декілька основних типів:

- звичайний (14...18 год. світлового періоду)
- «ахемеральний»
- переривчастий (симетричний або несиметричний)
- імпульсний.

Окрім часу світлового періоду, ще одним важливим параметром світлового режиму є рівень освітленості. З одного боку, від неї залежить фізіологічний стан та

продуктивність птиці, а з іншої сторони освітленість визначає загальну потужність системи освітлення у пташнику.

Таблиця 4.2.

**Світловий режим для вирощування ремонтного молодняку курей
промислового стада**

Вік птиці, днів	Загальна тривалість періоду, год.		Час включення освітлення	Час вимкнення освітлення
	Світла	Темряви		
1 - 3	23	1	00	23
4 - 7	17	7	3	20
8 - 10	15	9	4	19
11 - 14	13	11	5	18
15 - 17	11	13	6	17
18 - 21	10	14	7	17
22 - 119	6	18	9	12
			14	17

На сьогоднішній день на птахофабриках використовують світлові режими, в яких освітленість або постійна або змінюється протягом усього вирощування птиці.

Рекомендована освітленість на рівні годівниць при утримуванні птиці в одноярусних кліткових батареях повинна становити: перші три дні вирощування 40 лк, в період з 4 по 7 день – 30 лк, а в період з 8 по 21 день – 20лк, а після після 21 дня – може бути зменшена до 10 лк. Також необхідно забезпечити поступову зміну освітленості під час включення та виключення світла. Це створює ефект штучного світанку та сутінок. Різка зміна освітленості викликає у птиці стрес.

Аналізуючи наведені вище дані, ми можемо виділити основні фактори світлового режиму:

- тривалість світлової доби;
- значення й характер зміни освітленості;
- спектральний склад джерела випромінювання.

4.2. Аналіз засобів автоматизації процесу керування освітлювальними установками в пташниках

Основними вимогами до систем керування освітленням у пташниках є забезпечення ефективного світлового режиму з мінімальним споживанням електроенергії.

Засоби керування системами освітлення бувають неавтоматичними – з керування в ручному режимі та автоматичними – призначеними для керування системою освітлення до заздалегідь складеного розкладу.

Найпростішим апаратом автоматичного керування освітленням в пташниках є добове реле, а також різні пристрої, які містять такі реле. Головним недоліком цих пристроїв є відсутність імітації “світанку” та “сутінок”, а також необхідність постійно вносити зміни на програмному диску для збільшення або зменшення світлового дня в пташнику.

Існує два основні способи регулювання освітленості. Перший спосіб передбачає включення світильників групами. Він реалізується на основі релейних схем керування.

Другий спосіб регулювання освітленості полягає у ступінчатій або плавній зміні світлового потоку світильників.

З розвитком ЕОМ та мікропроцесорної техніки почали з'являтися автоматизовані системи керування світловим днем (АСК ШСД). В АСК використовують сучасні методи та засоби керування: математичні моделі керування штучним світловим днем, технічні засоби збору, зберігання, передачі, обробки інформації.

Такі системи керування можуть забезпечити виконання таких операцій як: автоматичне відстеження віку птиці, регулювання тривалості світлового дня та рівня освітленості в залежності від віку тварин; імітацію «світанку» і «заходу»; контроль світлових параметрів в пташнику, друкування добової режимної карти (за запитом) та відображення на екрані.

Для регулювання світлового потоку широко використовують тиристорні регулятори. Якщо тривалість протікання струму через джерело світла зменшується протягом половини циклу, то це дає можливість рівнозначному зменшенню середнього значення і відповідно світловий потік буде також зменшуватись.

Недоліками такого способу регулювання є обмеження в границях регулювання та підвищення пульсації світлового потоку.

На сьогоднішній день розроблена велика кількість засобів автоматичного керування режимами освітлення впташниках. За призначенням та принципом дії всі вони можуть бути розподілені на групи. Класифікація засобів керування світловими режимами в пташнику представлена на рис.4.3.



Рис. 4.3. Класифікація засобів автоматичного керування світловими режимами впташниках

Із аналізу відомих засобів автоматизації процесу керування освітленням в пташниках видно, що вони мають деякі недоліки.

4.3 Розробка пристрою автоматичного керування освітлювальними установками у виробничому приміщенні пташника

Забезпечення ефективного світлового режиму у пташника можливо лише при наявності програмних пристроїв автоматичного керування.

Пристрої автоматичного керування освітлювальними установками мають відповідати слідуючим вимогам:

- можливість регулювання тривалості світлової частини доби в залежності від віку тварин;
- можливість регулювання рівня освітленості зі зміною віку птиці;
- можливість керування освітленням в ручному і автоматичному режимі;
- можливість забезпечення плавної зміни освітленості при вимиканні і вмиканні освітлення;
- пристрій має бути економічним, надійним і простим в експлуатації.

Враховуючі вище наведені вимоги, розроблено пристрій автоматичного керування режимами освітлення в пташниках. Він складається з: автоматичного вимикача, електронного програматора, силових елементів - тиристорів з радіаторами, блоку керування тиристорами, проміжних реле та електромагнітного пускача. Всі елементи закріплені на панелі і розміщені в металевому ящику.

Функціональна схема пристрою представлена на рис. 4.4.

Принципова електрична схема керування режимами освітлення та принципова електрична схема керування тиристорами представлені відповідно на рис. 4.5 та рис. 4.6.

В основу роботи даного пристрою лежить принцип фазового регулювання зміни часу проходження струму по навантаженню у кожний півперіод залежно від напруги мережі.

Напругу комутують силові тиристори VD8, VD9, які вмикаються зі схеми керування через трансформатор TV1 (рис.4.9)

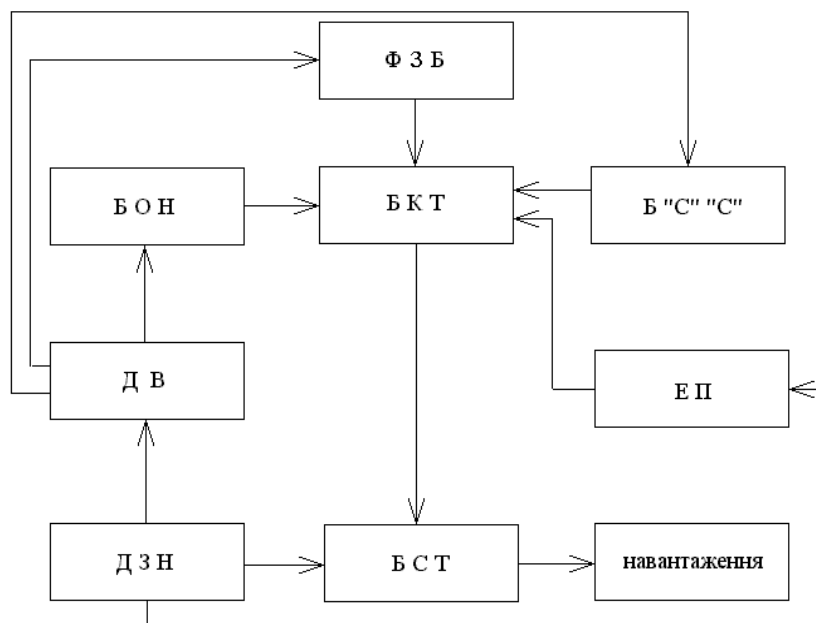


Рис. 4.4 Функціональна схема пристрою для керування режимами освітлення: БСТ – блок силових тиристорів; ДЗН – джерело змінного струму; ДВ – діодний випрямляч; БОН – блок обмеження напруги; ФЗБ фазозсуваючий блок; БКТ – блок керування тиристорами; Б “С” “С” – блок який забезпечує “світанок” і “сутінки”, ЕП – електронний програматор.

Розглянемо роботу пристрою в автоматичному режимі. В якості пристрою керування використовується електронний програматор. Під час імітації ночі в приміщенні струм на навантаження не протікає, оскільки тиристори закриті, але напруга на них подається. Напруга подається на випрямляч VD1...VD4. Випрямлена напруга після обмежувального резистора R2 подається на подільник напруги R3. Конденсатор C3 зашунтований резистором R1 та польовим транзистором VT3, транзистор VT2 в даному випадку закритий і на електроди керування силових тиристорів VD8 та VD9 імпульс не подається. В час визначений програмою програматор замикає контакти КТ1 та КТ2 (рис.4.5), і живлення подається на котушку реле KV1 і KV3. Відбувається замикання силових контактів KV1.1...KV1.3 та допоміжного контакту KV1.4, і живлення подається на котушку проміжного реле KV2 замикаючи його контакти на положення _ д (двонапівперіодна напруга)

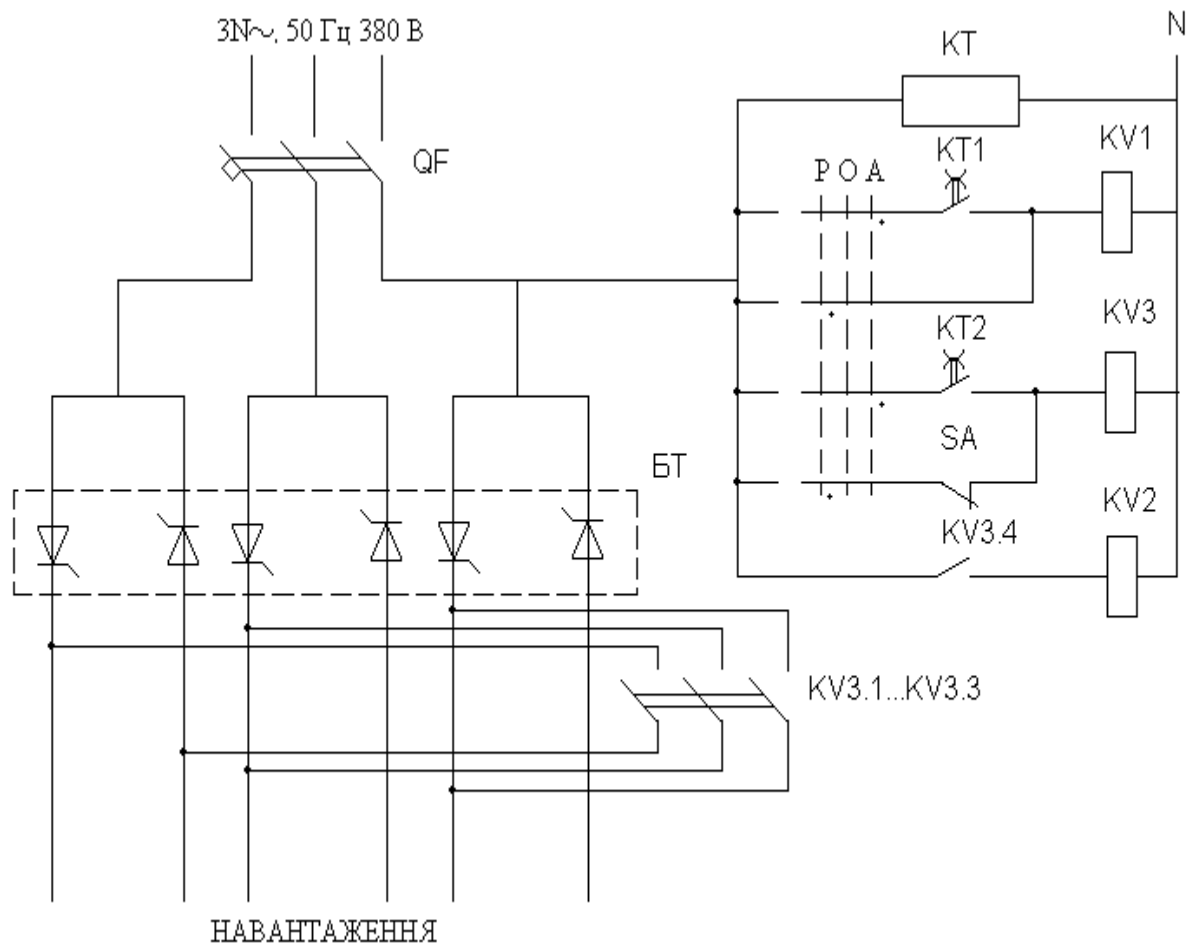


Рис. 4.5. Принципова електрична схема керування освітлювальними установками у виробничому приміщенні пташника

Контакти реле KV1 перемикаються в режим “Св.” (світанок).

Конденсатор С4 при цьому через резистори R14 і R16 починає заряджатися, відповідно напруга на затворі транзистора починає зростати VT3. Зі зміною напруги на затворі також змінюється провідність каналу транзистора. При зростанні напруги на затворі зменшується струм стоку транзистора.

Відповідно починає змінюватись напруга на емітері транзистора VT2, значення якого рівне між базовою напругою, яка задається стабілітроном VD7. При відкриванні транзистора VT2 конденсатор С3 дає розряд на первинну обмотку трансформатора імпульсного TV1. Під час розряджання у вторинних обмотках трансформатора виникають імпульси. Ці імпульси подаються на керуючі електроди

тиристорів. Відкривається той тиристор, до якого в той чи інший момент підведена напруга.

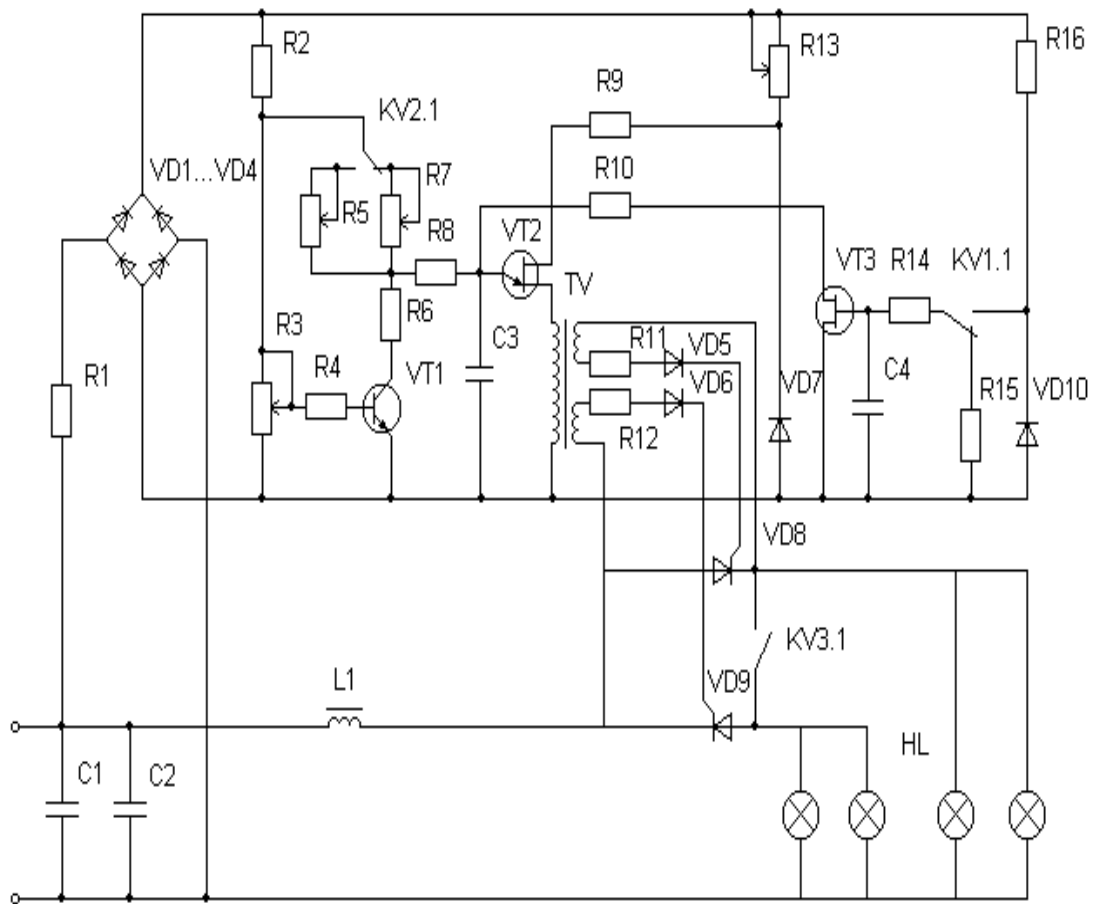


Рис. 4.6. Принципова електрична схема керування силовими тиристорами

Після зменшення струму стоку транзистора зменшується час заряджання конденсатора C3 і відбувається зміщення моменту виникнення керуючих імпульсів, що змінює інтервал ввімкненого стану елементів комутації VD8 і VD9. У цей час напруга на лампах повільно зростає, відбувається штучний світанок. Рівень напруги на лампах задається резистором R5.

В пристрої захист для обмеження напруги на навантаженні при збільшенні її значення в мережі.

Випрямлена напруга мережі прикладається до подільника напруги R3. При підвищенні напруги на навантаженні вище встановленого значення, відповідно зростає напруга між базою та емітером транзистора VT1, і відповідно збільшується струм в ланцюзі емітер–колектор цього ж транзистора, відповідно зростає час

зарядки конденсатора С3 до рівня напруги достатньої для відкриття транзистора VT2 та зміщенню моменту появи імпульсів керування до зменшення інтервалу відкритого стану тиристорів. У цей момент відновлюється робоча напруга на навантаженні.

При необхідності роботи на однонапівперіодній напрузі, програматор розмикає контакти КТ2, відповідно розмикаються силові контакти електромагнітного пускача КМ1.1...КМ1.3 та контакт КМ1.4. Контакти реле КV2 перемикаються в положення – О (однапівперіодна напруга). В один півперіод через тиристор VD9, живлення подається на одну групу ламп, а в інший півперіод, через тиристор VD8 до другої групи ламп. При розмиканні силових контактів КМ1.1...КМ1.3 пускача величина напруги на лампах зменшується в $\sqrt{2}/2$ рази, на стількиж зменшується і освітленість у пташнику. В передбачений програмою час електронний програматор розмикає контакти КТ1 і котушка КV1 залишається без живлення. Контакти реле КV1.1 перемикаються в положення “Сут.” (сутінки).

При увімкненні даного положення конденсатор С4 починає розряджатися через резистори R14 і R15. Напруга на затворі транзистора VT3 зменшується. Поступово змінюється провідність каналу транзистора і струм стоку збільшується. Це у свою чергу призводить до зміни інтервалу увімкненого стану силових тиристорів. Напруга на лампах плавно зменшується і відбувається імітація “сутінок”.

Даний пристрій дозволяє реалізувати світловий режим наведений на рис. 4.7.

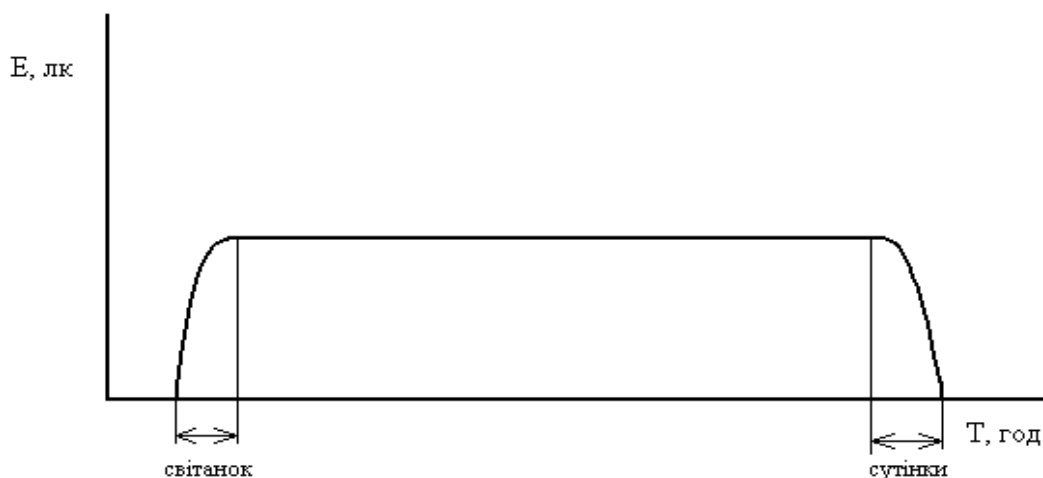


Рис. 4.7. Добовий світловий режим при вирощуванні курчат

Світловий режим доби, представлений на рис. 4.7., реалізується за наступним алгоритмом. За номінальної напруги освітленість оптимальна для годування птиці, в інші ж періоди світлового дня до ламп подається півперіодна напруга, при якій рівень освітленості відповідає нормі.

Оптимізація значень параметрів режиму освітлення за рівнем затрат електроенергії, які отримані для птиці різного віку, дозволила оптимізувати тривалість світлового дня та освітленості. Дотримання встановлених ефективних значень T і E , забезпечує оптимальні умови освітлення для досягнення максимальної маси птиці.

Поєднавши ефективні значення освітленості, світлового періоду та віку птиці в графіки залежності отримаємо ефективний світловий режим для вирощування птиці. Графіки представлено на рис. 4.8. та рис. 4.9.

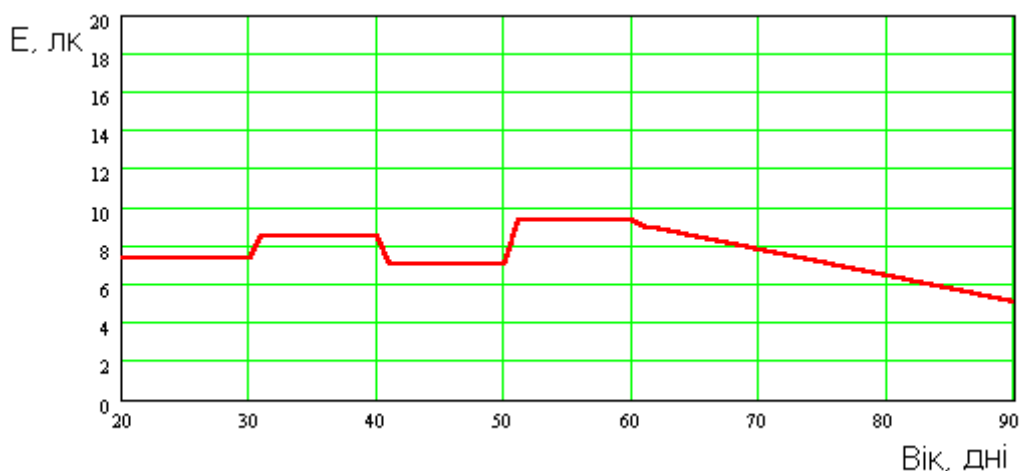


Рис. 4.8. Залежність освітленості у пташнику від віку птиці

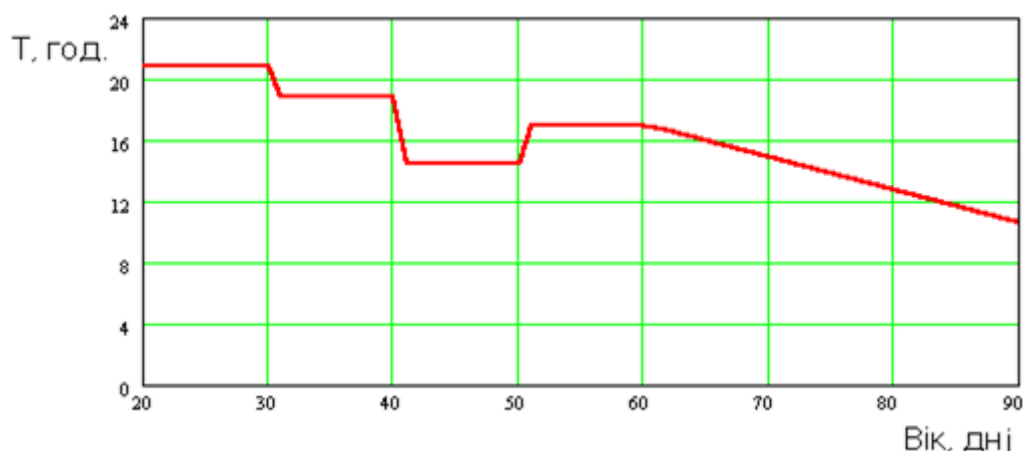


Рис. 4.9. Залежність світлового періоду за добу від віку птиці

При вирощуванні птиці важливе значення також має режим освітлення протягом доби. Досвід показує, що найбільшу увагу слід приділяти режиму освітлення в період годування. У цей період рекомендується збільшити освітленість до 30 лк.

Тобто доцільно використовувати добовий світловий режим наведений на рис. 4.10.

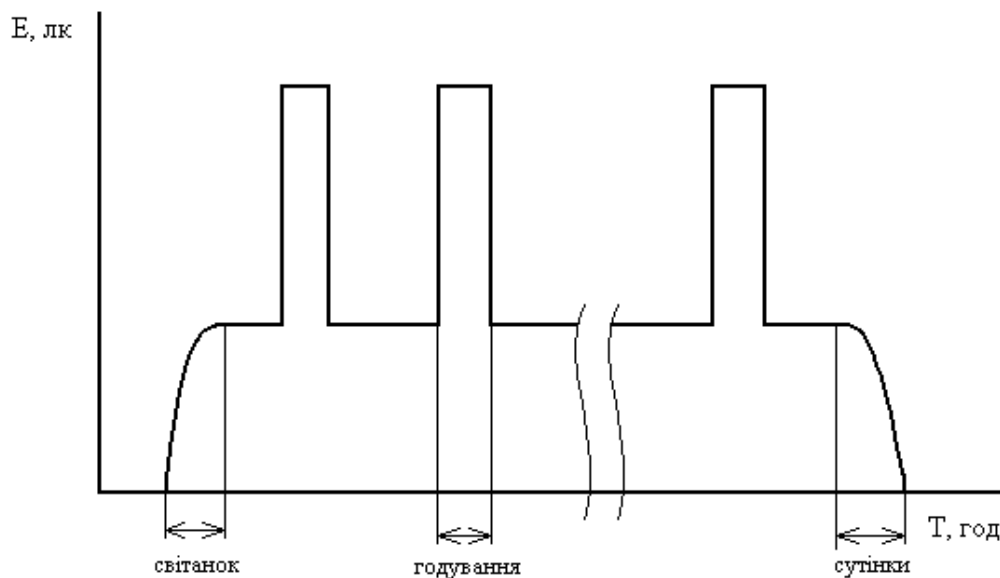


Рис. 4.10. Режим освітлення у пташника для вирощування курчат

РОЗДІЛ 5.

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Аналіз стану безпеки праці в господарстві.

На фермі функціонує служба з охорони праці, яку очолює інженер з охорони праці.

Проводяться такі види інструктажу: вступний, первинний, повторний, позаплановий та поточний. Вступний інструктаж, як правило проводять фахівці підприємства по галузям, а на робочому місці керівники конкретних виробничих ділянок.

Заходи з охорони праці проводяться згідно річного плану заходів. Ведеться облік санітарного стану та забезпеченість засобами безпеки праці. Ведеться журнал інструктажу з техніки безпеки.

Таблиця 5.1

Показники виробничого травматизму

Показники	Позначення	2017	2018
Кількість працюючих	С	221	207
Кількість травм	Т	3	2
Втрати працездатності	Д	8	4
Частота травм	$Kч = T \cdot 1000 / C$	13,5	9,7
Тяжкість травм	$Kт = Д / Т$	2,6	2
Показники травм	$Kп = Kч \cdot Kт$	35,1	19,4

До найнебезпечніших виробничих шкідливих та небезпечних факторів належать: шум, запиленість та підвищена вологість повітря, перепади температури тощо. Ці фактори негативно відображаються на втомлюваності та стійкості до хвороб обслуговуючого персоналу.

Під час експлуатації електричного обладнання можливі травми, які пов'язані з ураженням електричним струмом чи інші шкідливі небезпечні виробничі фактори.

Проектований об'єкт – відноситься до категорій з підвищеною небезпекою згідно класифікатора по електробезпеці.

При монтажі електрообладнання на птахофермі необхідно:

- застосовувати герметичне пилонепроникне обладнання;
- металеві корпуси обладнання, щити управління, розподільчі щити та водопровідні труби підлягають заземленню;
- на розподільчих щитах проектується загальний вимикач або закритий рубильник.

Проектowana птахоферма відноситься до класу пожежної зони II – III та вибухонебезпечної VI.

5.2. Організаційні та технічні заходи щодо усунення небезпечних та виробничих факторів

Для усунення небезпечних факторів розробляються технічні та організаційні заходи.

Персонал, який обслуговує електрообладнання повинен мати спецодяг та індивідуальні засобами захисту.

Під час техогляду або ремонту обладнання на щитах повинні вивішуватись відповідні попереджаючі плакати.

При необхідності надання першої медичної допомоги в приміщенні диспетчерської передбачено комплекти медичних аптечок, які своєчасно наповнюються необхідними медикаментами.

5.3. Вибір індивідуальних заходів захисту

Для дотримання умов безпеки праці при обслуговуванні електроустановок передбачено забезпечення персоналу засобами захисту. Розрахунок необхідної кількості засобів захисту наведений в таблиці 6.2.

					<i>02.02-KP.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Кількість засобів захисту проти ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу обраховані згідно вимог ПТБ та ПТЕ.

Таблиця 5.2

Засоби захисту обслуговуючого персоналу

Найменування	Марка	Од.вим.	К-сть.	Примітка
1. Штанга оперативна у		шт	2	
2. Кліщі ізоляційні	ШОУ10У1	шт	2	засоби
3. Пакажчик напруги	K-1000	шт	1	захисту
4. Кліщі вимірювальні	УНН-1	шт	2	зберігаються в
5.Монтажний інструмент	Ц-91	ком	2	спец. шафі в диспетчерській
6.Рукавиці діел.		пар	2	
7. Боти діелектричні	КСН4-2	пар	3	
8.Переносні заземлення 0,4 кВ		шт	4	
9.Килимок діел.		шт	3	
10.Плакати і знаки безпеки		шт	5	

5.4. Пожежна безпека

На входах до приміщень птахоферми передбачено установку протипожежних щитів із комплектом необхідного інвентаря.

Згідно статистики основний відсоток пожеж виникає при порушенні правил експлуатації.

Найефективнішими заходами попередження пожежі є своєчасне виявлення пошкоджень ізоляції та інших несправностей електрообладнання.

Важливо знати, що гасіння тліючих електроустановок дозволяється лише після вимкнення напруги вуглекислотними або порошковими вогнегасниками.

РОЗДІЛ 6.

ОБГРУНТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Нинішній рівень електрифікації птахівництва свідчить про те, що електрифікація є одним з основних засобів підвищення продуктивності виробництва. Комплексна електрифікація веде до підвищення продуктивності праці, зменшенню трудових затрат, зниженню собівартості продукції, а тим самим до збільшення рентабельності, збільшенню трудових ресурсів. Для оцінки цього результату використовується система показників витрат.

Основними з них є:

- підвищення продуктивності праці, яка характеризує економію живої праці, зниження трудомісткості виробництва продукції і скорочення потреби робочої сили;
- зниження собівартості продукції, яка характеризує скорочення трудових, матеріальних, грошових затрат на виробництво продукції порівняно з собівартістю до електрифікації;
- загальні та питомі капіталовкладення необхідні для реалізації електрифікації сільського господарства, які визначають затрати праці в основних засобах виробництва для скорочення майбутніх затрат живої праці;
- термін окупності додаткових капіталовкладень в електрифікацію та автоматизацію об'єкту завдяки зменшенню виробничих затрат, які обумовлюються застосуванням електроенергії;
- приведені затрати.

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи розраховано і вибрано сучасне електрообладнання для пташника, яке використовується для здійснення необхідних технологічних процесів, а саме видалення гною, годівля, вентиляція та опалення приміщень.

Установки, які забезпечують виконання таких технологічних процесів мають високий рівень автоматизації та звільняють людину від втручання в технологічний процес. Впровадження енергоефективного обладнання та заміна застарілих освітлювальних установок дозволяє знизити загальне споживання електроенергії на освітлення приміщення пташника у 6-7 разів, що в свою чергу забезпечує зниження загальних виробничих витрат підприємства на 12%.

Для електроприводів було вибрано електродвигуни, пуско-захисну апаратуру, виконаний розрахунок освітлення і вибрана освітлювальна установка.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі було розроблено систему керування освітленням для покращення режимів вирощування і відповідно підвищення ефективності вирощування птиці.

Застосування сучасних автоматизованих установок для виконання основних технологічних процесів та ремонту електрообладнання, дотримання правил експлуатації, їх чітка організація дозволить підвищити ефективність виробництва і відповідно зростання прибутків підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН А.2.2. –3 – 2012 Склад та зміст проектної документації
2. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд
3. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ. 7-ме видання, перероблене та доповнене. – К.: Міненерговугілля України, 2022. – 794 с.
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики 25.07.2006 № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012 та № 905 від 16.11.2012) Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 2 березня 2012 р. за № 350/20663.
5. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці від 09. 01. 98 № 4. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10. 02. 98 за № 93/2533.
6. Природне і штучне освітлення.: ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К.: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
7. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів / Іноземцев Г.Б., Козирський В.В., Лут М.Т., Радько І.П., Синявський О.Ю.. – 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Вид-во ТОВ «АграрМедіаГруп», 2014. 526с.
8. Козирський В.В. Електропостачання агропромислового комплексу: підруч./ Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К.: Аграрна освіта, 2011.
9. Електропривод і автоматизація: Підручник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.В. Козирський, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. К., ЦП «Компринт», 2019. – 619 с.
10. Лут М.Т., Радько І.П., Волошин С.М. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання й засобів автоматизації / М.Т.Лут, І.П.Радько, С.М.Волошин.-К.: Ви д– во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 878 с.
11. Лут М.Т., Радько І.П. Ковтун П.М. Окушко О.В. Охорона праці в галузі (електробезпека): Навч. посіб. «ЦП «КОМПРИНТ». К. – 2017. – 352 с.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

12. Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П. Діагностування енергетичного обладнання: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. - К.: Вид – во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014.- 590 с.

13. Червінський Л.С., Сподоба М.О. Електричне освітлення та опромінення: методичні вказівки виконання курсової роботи з дисципліни «Освітлювальні та опромінювальні установки» для студентів освітнього ступеня «Бакалавр» зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2024. – 116 с.

14. Закон України «Про ринок електричної енергії». В редакції від 29 грудня 2019 року, підстава №394-ІХ. Відомості Верховної Ради, 2017, № 27–28, ст.312.

15. Закон України «Про енергозбереження». (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, №15, ст.126).

16. Закон України №555-IV від 20.02.2003 р. «Про альтернативні джерела енергії».

17. ДБН А.2.2.-1–2003 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд.

18. ДБН В.2.5–23–2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Державний Комітет України з будівництва та архітектури. – К.: 2004. – 128 с.

19. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.

20. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних електроустановок.–К.: ПП «Фірма Грамінія», 2001.–117 с.

21. Правила користування електричною енергією. Затверджено постановою НКРЕ 31.07.1996 №28 у редакції постанови НКРЕ від 17.10.2005 №910. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 18 листопада 2005 р. за №1399/11769.

22. Червінський Л.С., Сторожук Л.О. Електричне освітлення та опромінення: Посібник.- К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2011.- 214 с.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Змн	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		60

23. Система стандартів безпеки праці. Норми освітлення будівельних майданчиків. : ДСТУ Б А.3.2-15:2011 : (ГОСТ 12.1.046-85). – Введено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 12.1.046-85) ; чинний з 2012-12-01. – К. : Мінрегіон України від, 2011. – 25 с. – (Державний Стандарт України).

24. Характеристики LED ламп. Режим доступу: <https://www.brille.ua/ua/lampi/>

25. Електричне освітлення та опромінення : методичні вказівки до практичної роботи «Розрахунок освітлення методом коефіцієнту використання світлового потоку» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / уклад. Р. В. Кушлик, Р. Р. Кушлик. Мелітополь : ТДАТУ, 2019. – 17 с.

26. Белякова І. В., Тарасенко М.Г. Лабораторні роботи з дисципліни «Джерела світла»: методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Джерела світла» для студентів за напрямом підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» всіх форм навчання/ І. В. Белякова, М. Г. Тарасенко – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 87 с.

27. Джерела світла: навч. посібник / К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 110 с

28. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с

29. Заблодський М.М. Електромеханотроніка: навчальний посібник /М.М. Заблодський, Р.М. Чуєнко. – К.: Видавництво «Компрінт», 2021. – 360 с.

30. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Крушельницький В.В. Мехатроніка. Підручник. – К., 2020. – 404 с.

31. Ding Huafeng, Yang W., Kecskeméthy A. Automatic Structural Synthesis and Creative Design of Mechanisms Springer, 2022. —466 p.

32. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.

					02.02-КР.2607«С».2025.10.30.001.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61