

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

УДК 621.3:631.24(477.81)

ПОГОДЖЕНО

**Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження**

Каплун В.В.

(підпис)

« _____ » _____ 2025 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

**Завідувач кафедри
електротехніки, електромеханіки та
електротехнологій**

Окушко О.В.

(підпис)

« _____ » _____ 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **„РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ
ОСВІТЛЕННЯ ТА ПРОМЕНЕВОГО ОБІГРІВУ ПТАШНИКА”**

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М

(ПІБ)

Керівник магістерської роботи

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Усенко С.М.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Смілянець С.С.

(ПІБ)

КИЇВ – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедр
електротехніки, електромеханіки
електротехнологій

_к.т.н. доц. _____ **Окушко О.В.**
(підпис)
« _____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Смілянцю Станіславу Сергійовичу

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: „Розробка електротехнологічного комплексу освітлення та променевого обігріву пташника ”

затверджена наказом ректора НУБіП України від 18.11.2024 № 2058”С”

Термін подання завершеної роботи на кафедру 11. 11 . 2025

Вихідні дані до магістерської роботи:

а) Результати науково-дослідницької роботи кафедри ЕЕЕ;

б) Результати навчально-дослідницької практики;

в) Нормативні документи: ПУЕ, ПТЕЕС та ПБЕЕС, ДСТУ, ДБН, тощо

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Провести аналіз літературних джерел за напрямом роботи.

2. Виконати проектування електротехнологічного комплексу.

3. Розробити електротехнологічний комплекс.

4. Дослідити ефективність розробленого комплексу.

5. Виконати розрахунок елементів комплексу.

6. Розробити заходи з охорони праці.

7. Провести техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень

Дата видачі завдання 02.02.2024 р.

Керівник магістерської роботи _____
(підпис)

Усенко С.М.
(ПБ)

Завдання прийняв до виконання _____
(підпис)

Смілянець С.С.
(ПБ)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 68 с., 24 рис., 10 табл., 14 джерел.

Об`єкт дослідження – технологічні процеси в пташнику.

Мета досліджень – обґрунтування застосування системи освітлення, що забезпечить підвищення якості та зменшення собівартості виробленої продукції.

Методи дослідження та апаратура: методи математичної статистики, моделювання; застосування сучасних приладів та методів вимірювання і обробки їх результатів за допомогою ЕОМ у програмному середовищі “MatHcad”, амперметри, вольтметри та інше допоміжне обладнання.

В ході виконання роботи обране необхідне технологічне та електротехнічне обладнання для забезпечення ефективного освітлення в пташнику.

Розроблено електротехнологічний комплекс ефективного освітлення. Проведений розрахунок і вибір необхідного технологічного та електротехнічного обладнання. Розроблена принципова електрична схема, вибрані апарати захисту і керування.

Ефективність прийнятих інженерних рішень підтверджують економічні розрахунки.

Галузь застосування – тваринництво.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. РЕЖИМИ ОСВІТЛЕННЯ І ЇХ ВПЛИВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПТИЦІ.....	8
1.1. Вплив освітлення на процес вирощування птиці.....	8
1.2. Світлові режими в пташнику..... Ошибка! Закладка не определена.	1
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПТИЦІ ПРИ ЇЇ ВИРОЩУВАННІ	15
2.1. Особливості режимів освітлення для різних видів птиці.....	15
2.2. Значення яскравості освітлення у птахівництві.....	17
2.3. Дослідження впливу спектру на ефективність вирощування птахів.....	17
2.4. Розробка ефективних режимів освітлення.....	20
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ОСВІТЛЕННЯ.....	28
3.1 Вплив режимів освітлення на стан і продуктивність птиці.....	28
3.2. Аналіз засобів автоматизації процесу керування освітлювальними установками в пташниках.....	32
3.3 Розробка пристрою автоматичного керування освітлювальними установками у пташнику.....	34
3.4 Розробка конструкції світильника.....	41
3.5. Розробка системи інфрачервоного обігріву пташника.....	54
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СВІТЛОВИМИ РЕЖИМАМИ В ПТАШНИКАХ	57
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

А - Ампер;
В - Вольт;
Вт - Ват;
гр. - група;
грн. - гривень;
ел. двигун - електродвигун;
ККД - коефіцієнт корисної дії;
КЛ - кабельна лінія;
КТП - комплектна трансформаторна підстанція;
ЛЕП - лінії електропередач;
м. - метр;
м. - місто;
НКП - низьковольтний комплектний пристрій;
ПР - поточний ремонт;
р. - рік;
рис. - рисунок;
с. - секунда;
САК - система автоматичного керування;
табл. - таблиця;
ТО - технічне обслуговування;
ТП - трансформаторна підстанція;
у.о. - умовна одиниця;
ФГ - фермерське господарство;
ШІМ - широтно-імпульсний модулятор;

ВСТУП

У наш час на всіх сучасних виробництвах і комплексах використовується значна кількість електричних машин, складальних і виробничих ліній, які вдосконалюють всі технологічні процеси, а в деяких галузях промисловості широка автоматизація більшості технологічних процесів виключає втручання обслуговуючого персоналу в технологічні процеси. Одним з основних завдань, що стоять перед компаніями сьогодні, є підвищення продуктивності та якості продукції за рахунок використання сучасного обладнання та сучасних інженерно-технологічних рішень, таких як новітні енергозберігаючі технології, високоефективні операційні системи, прилади управління та засоби автоматизації.

Однією з головних особливостей сільської енергетики є використання електроенергії в особливих умовах, що характеризуються різноманітністю виробничих технологій, надійним та якісним електропостачанням, високим рівнем навантаження та складними умовами праці.

У цій роботі розглянуто заходи з підвищення ефективності виробничих процесів на відгодівельній фермі. Для цього використовується сучасне обладнання, машини, механізми та вузли устаткування, що випускаються сучасною промисловістю.

Актуальність теми. Промислове птахівництво є однією з найважливіших галузей сільського господарства, резерви якого ще не вичерпані. В технологічному плані значні резерви виникають при виборі оптимальних світлових режимів, які вносять відчутні зміни у генетично визначену продуктивність курей.

Інтенсивна система виробництва в галузі птахівництва базується на вирощуванні та утриманні птиці у пташниках закритого типу. Відомо, що річні витрати електроенергії на освітлення становлять 25 – 30 % від усіх витрат електроенергії на технологічні процеси у пташниках.

В цих умовах розробка й упровадження в птахівництві енергозберігаючого світлового режиму є важливим резервом зменшення енергоємності та собівартості продукції.

Мета роботи. Обґрунтування застосування системи освітлення, що забезпечить підвищення якості та зменшення собівартості виробленої продукції.

Об'єктом дослідження. Є технологічні процеси на відгодівельній фермі ВРХ.

Предметом дослідження. Режим роботи та технічні характеристики системи освітлення.

Задачі які виносяться і будуть вирішуватися.

- вибір обладнання для системи освітлення;
- розроблення системи освітлення;
- заходи з охорони праці;
- економічне обґрунтування прийнятих рішень.

РОЗДІЛ 1

РЕЖИМИ ОСВІТЛЕННЯ ТА ЇХ ВПЛИВУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПТИЦІ

1.1. Вплив освітлення на процес вирощування птиці

Вивченню питань впливу оптичного випромінювання на фізіологічний стан і продуктивність птиці присвячені дослідження багатьох учених, серед яких Н.В. Пігарева, В.А. Асріяна, В.Ф. Ларіонова, А.Н. Булдакової, В.А. Іваненко, В.Я. Пудова, С.К. Карапетяна, С. Фокса, Т. Мориса, Д. Кінга, А. Біссонета.

Цими та іншими дослідниками доведено, що оптичне випромінювання в організмі птиці викликає глибокі фізіологічні зміни. В цьому складному процесі задіяні всі внутрішні органи і в першу чергу ендокринні й генеративні.

Отриганьєва А. Ф. указує, що кури сприймають світло вже на стадії зародку через шкаралупу з 4 – 9 денного віку. З яйця курчата виходять із відкритими очима і з перших хвилин життя реагують на світло.

Під впливом світла, у крові збільшується кількість еритроцитів, гемоглобіну, кальцію й фосфору, зростає азотистий обмін, баланс азоту стає позитивним. Світло підсилює бактерицидні властивості крові і підвищує загальні імунобіологічні властивості організму, активізує ферментні процеси, а саме дію окислювальних ферментів оксизону. Оптичне випромінювання, як фактор зовнішнього середовища, має великий вплив на ріст, розвиток і життєздатність птиці.

Слід виділити такі складові світлового режиму, які на нашу думку є визначальними:

- довжина світлової експозиції;
- рівень освітленості;
- спектральний склад випромінювання.

В даний час, як в Україні, так і за кордоном проведено багато досліджень, спрямованих на визначення оптимальних значень параметрів світлового режиму. Наслідком цих досліджень є десятки запропонованих світлових

режимів, які іноді суттєво відрізняються один від одного. Деякі з них показані на рис. 1.1. та 1.2.

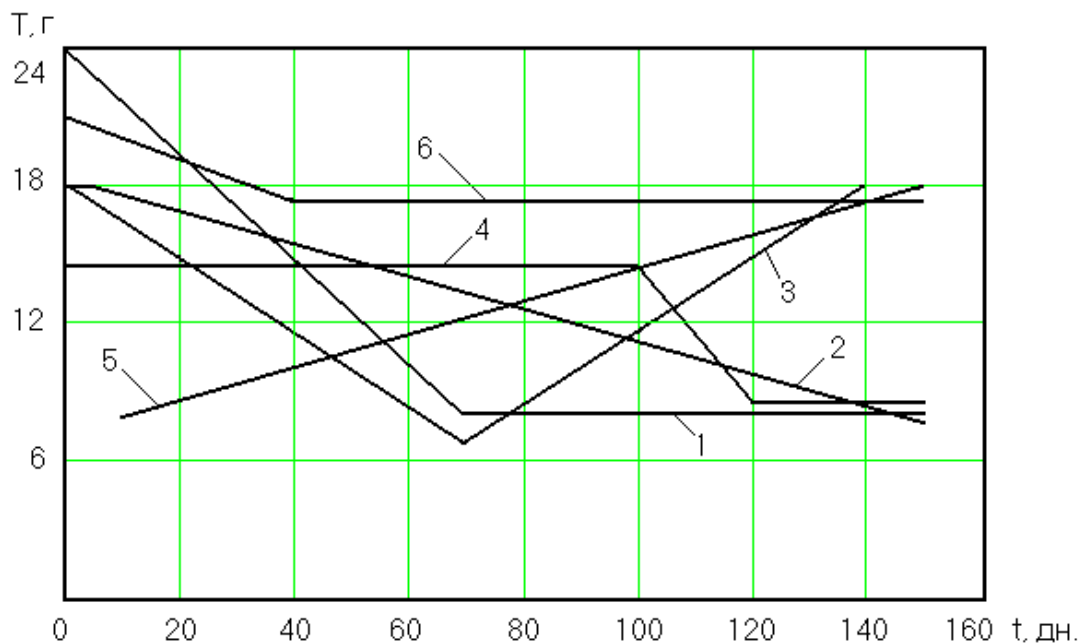


Рис. 1.1. Рекомендована тривалість світлового дня від віку птиці за різними джерелами 1-6.

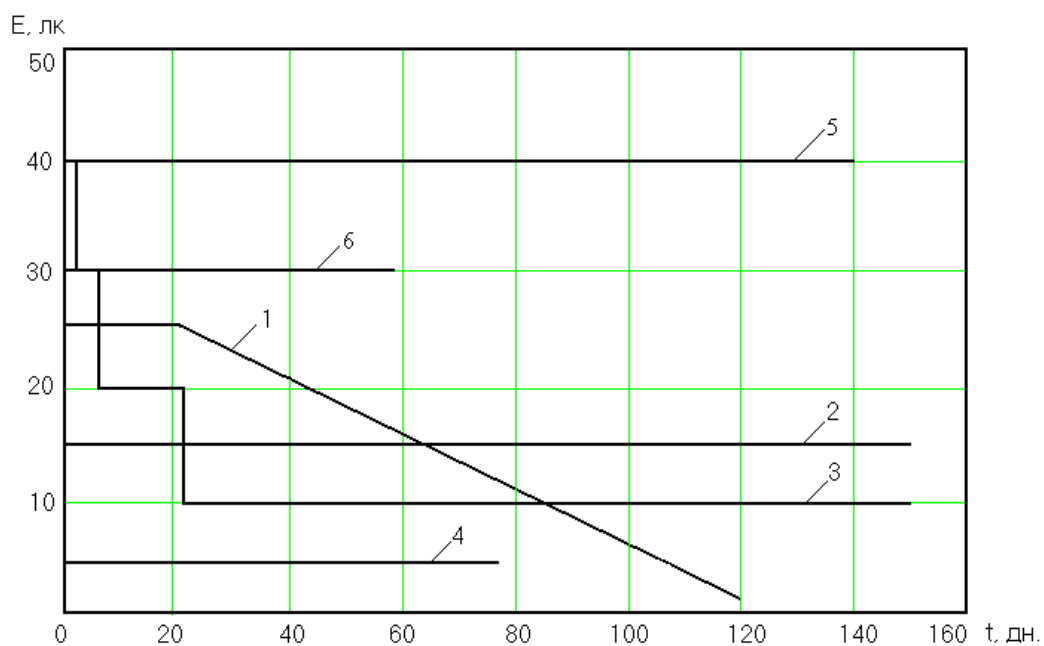


Рис. 1.2. Рекомендована освітленість в пташнику від віку птиці за різними джерелами 1-6.

Природно, що підтримувати світлові режими з урахуванням усіх параметрів неможливо без засобів автоматизації процесу керування освітлювальними установками.

На основі аналізу автоматизованих систем регулювання рівня освітленості й тривалості світлового дня запропонована класифікація їх, в залежності від призначення та принципу дії, які показані на рис.1.3.



Рис. 1.3. Класифікація автоматизованих систем регулювання рівня освітленості й тривалості світлового дня.

При існуючому рівні розвитку науки й техніки штучний світловий режим у пташниках забезпечується за допомогою різних типів ламп. В даний час

питання про те, який тип ламп найдоцільніше використовувати в пташниках остаточно не вирішено.

Дослідниками встановлено, що значний позитивний вплив на організм птиці має низькоенергетична область червоної та інфрачервоної частини спектра.

Фізіологічна ефективність червоного й інфрачервоного випромінювання не випадкова, так як в основі процесів життєдіяльності лежать низькоенергетичні процеси, при метаболізмі генеруються кванти енергії близькі за своїм значенням до енергії червоної й інфрачервоної частини спектра.

Випромінювання червоної й інфрачервоної частини спектра найбільш глибоко проникає в організм птиці. Випромінювання з довжиною хвилі до 1,5 мкм. проникає в тканини організму на глибину до 7 см, таким чином воно досягає підшкірного жирового шару і розташованих під ним органів.

1.2. Світлові режими в пташниках

Ще донедавна як провідні селекційні фірми, так і науковці найчастіше при вирощуванні курчат-бройлерів радили застосовувати постійний режим освітлення. Однак останнім часом, як науковці, так і виробники, сходяться на думці про потребу в наявності у світловому режимі протягом доби періоду темряви тривалістю не менше 4 годин. Це обґрунтовується тим, що при майже цілодобовому освітленні птах задіяний надто інтенсивно, окрім того, це згубно впливає на здоров'я.

Задля зменшення витрат електроенергії на освітлення радять використовувати уривчасті режими освітлення, яких зараз розроблено чимало.

Переривчасті режими освітлення дозволяють як скоротити витрати електроенергії на освітлення, а й у певних випадках прихильно впливають на продуктивні показники птиці, сприяють зменшенню питомих витрат кормів. Додатково, дослідним шляхом було доведено, що при уривчастому світловому режимі птах зазнає меншого стресу, ніж при безперервному.

Схеми освітлення розробляють з огляду на зміни, які відбуваються на

різних стадіях розвитку птиці, адже від тривалості та яскравості світла залежить активність пташенят та дорослих особин.

З наукових джерел відомі численні приклади застосування різних схем висвітлення з метою впливу на фізіологічні процеси в організмі курчат та їхнє керування.

Головна стандартна схема освітлення завжди підлаштовується до конкретних виробничих умов з огляду на клімат, тип приміщень, середньодобову масу птиці, насиченість раціону, ступінь споживання корму та загальну мету відгодівлі.

Недотримання вимог до режимів освітлення для курчат може спричинити відчутне зниження виробничих результатів усього поголів'я - приростів, збереження та засвоєння корму.

Цілодобове освітлення викликає надмірну інтенсивність птахів, це негативно позначається на їх здоров'ї та призводить до надмірних витрат електроенергії.

Для зменшення витрат електроенергії на освітлення рекомендовано використовувати уривчасті режими освітлення, яких наразі розроблено багато.

Переривчасті режими освітлення дозволяють як скоротити витрати електроенергії на освітлення, а й у деяких випадках позитивно позначитися на продуктивних показниках птиці, сприяти зниженню питомих витрат кормів.

Крім того, практичним шляхом було доведено, що при уривчастому світловому режимі птах зазнає меншого тиску, ніж при безперервному.

Схеми освітлення вибудовують з огляду на зміни, що відбуваються на різних стадіях розвитку птиці, оскільки від обсягу та яскравості світла залежить активність пташенят та дорослих особин. З літературних джерел відомо багато прикладів застосування різних режимів висвітлення з метою впливу на фізіологічні процеси в організмі курчат та їхнє регулювання.

Основна стандартна схема освітлення завжди пристосовується до конкретних умов виробництва з огляду на клімат, тип споруд, середньодобову вагу птиці, якість раціону, рівень споживання корму та загальну мету відгодівлі

[3].

Недотримання вимог до режимів освітлення для курчат може призвести до значного спаду виробничих показників усього стада – приростів, збереження та засвоєння корму.

Одним із чинників, який може згубно вплинути на стан птаха – це різке вмикання/вимикання освітлення. Тому бажано забезпечити плавний «світанок/захід» у пташнику, особливо для курей-несучок. Тим більше, не варто вирощувати курей при сталому освітленні. Вже з третьої доби їх необхідно поступово привчати до темряви, інакше при аварійному вимкненні освітлення може розпочатися тиснява, що спричинить загибель птиці.

Плавне зростання тривалості світлового дня дозволяє суттєво пришвидшити статеве дозрівання птиці, а також спонукати початок яйцекладки, поступове його зменшення у періоді вирощування значно відтерміновує статеве дозрівання. Між схемами із світловим днем, що збільшується та зменшується, розбіжність у віці дозрівання сягає до 5 тижнів.

Схеми освітлення, у яких світловий період убуває менш ніж до 10 годин, є більш стримуючими, ніж 12-14 годинним.

Збільшення тривалості світлового дня стимулює репродуктивну реакцію, навіть якщо світло не потрапляє у світлочутливий період, як показано на рис.

1.2 (тобто. наростання тривалості дня починається з 8 годин).

Зменшення тривалості світлового дня часто використовують як частину схеми линяння, аби знизити кількість яєць. Прикладом схеми освітлення зі світловим днем, що скорочується, може бути схема 2 на рис. 1.2.

Різкі зміни тривалості світлового дня іноді застосовують у період росту за умови незначного їх впливу на статеве дозрівання.

Дослідження довели, що різке наростання або зменшення тривалості світлового дня більше впливає на вік статевого дозрівання [11].

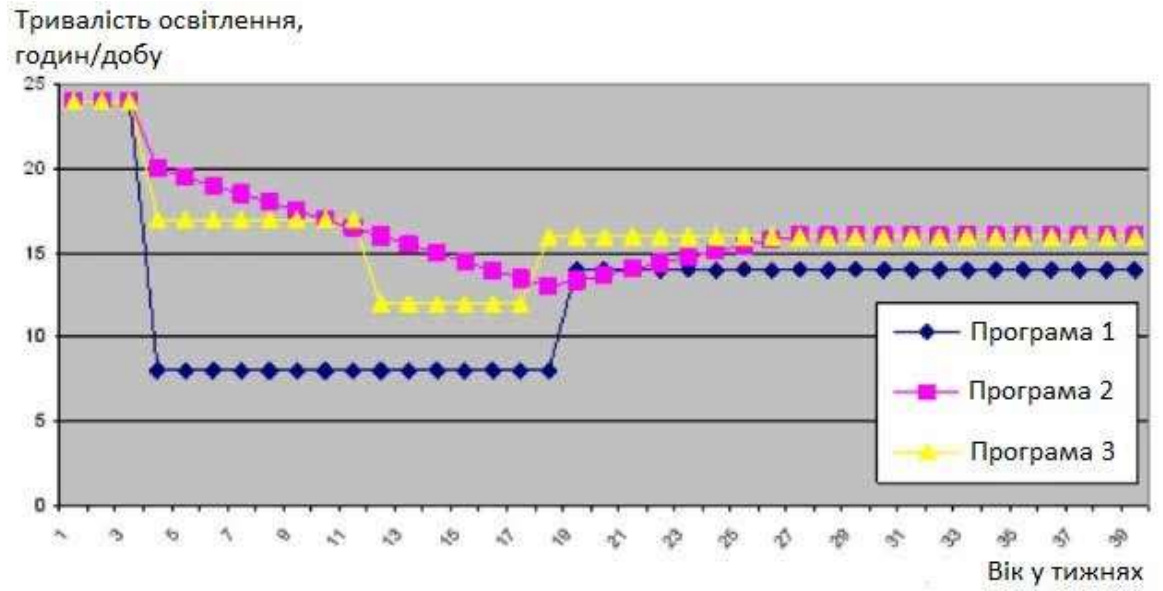


Рис.1.3. Найпоширеніші режими освітлення.

РОЗДІЛ 2.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПТИЦІ ПРИ ЇЇ ВИРОЩУВАННІ

2.1. Особливості режимів освітлення для різних видів птиці.

При проектуванні програм освітлення в пташниках різних типів необхідно враховувати кілька важливих моментів. Освітлення відіграє ключову роль у вирощуванні птиці, впливаючи на її ріст, продуктивність, здоров'я та поведінку.

Головною складністю є те, що бройлери дуже швидко нарощують м'язову масу. Це відбувається за рахунок розвитку скелета, серця, кровоносної системи, імунних порушень та життєздатності.

Тобто можна виростити великого птаха за короткий час, але прибуток від стада знижується. У птиці погана життєздатність, з'являються проблеми з ногами, асцит, через що серйозно страждає ефективність споживання корму. Потрібно забезпечити контроль за розвитком у ранньому віці, щоб їх органи та скелет встигли сформуватися перед початком формування м'язової тканини.

Це досягається використання правильних світлових програм. У деяких режимах під час темряви включають кілька коротких світлових періодів. Це стимулює активність, дає можливість споживання води та їжі під час періоду відпочинку. Короткі світлові періоди дозволяють тисняву біля годівниць, які можуть виникати якщо будуть тривалі періоди темряви.

Висока ефективність досягнута під час вирощування бройлерів в режимі переривчастого освітлення за симетричним графіком. Як приклад нижче наведено кілька програм освітлення для вирощування бройлерів (табл. 2.1).

Дані зміни складу крові та продуктивних показників бройлерів при їх вирощуванні за програмою світло-темрява, дали змогу визначити необхідні зміни світла «дня» і «ніч», що забезпечить підвищення приростів маси, зниження витрат корму [7].

При цьому покращується розвиток скелета, за рахунок продукування

мелатоніну стимулюється імунна система, покращується однорідність стада, а виживання молодняку складає 97 %.

Головною особливістю є необхідність врахування фотоперіоду — співвідношення тривалості світлової та темної частин доби. У перші дні пташеняттам необхідне триваліший світловий день до 23 годин на добу з поступовим зменшенням тривалості, що сприяє нормальному розвитку. У майбутньому розвитку періоди освітлення регулюють згідно віку, фази росту та несучості.

Таблиця 2.1.

Програми освітлення для вирощування птиці

День	Освітлення	Інтенсивність, лк
Програма Classen and Goldkist, Inc, USA		
0	23C:1T	20
1-2	20C:4T	20
3-4	18C:6T	20
5-14	6C:18T(*)	5
15-21	10C:14T(*)	5
22-28	14C:10T(*)	5
29-35	18C:6T	5
Ю-42	24C	5
День	Освітлення	Інтенсивність, лк
Програма Light Control Housing - major integrator - USA		
0-3	24C	5
4-7	18C:6T	5
8-14	14C:10T	5
15-22	16C:8T	5
23-28	18C:6T	5
29 и далее	22C:2T	5

2.2. Значення яскравості освітлення у птахівництві

При вирощуванні та утриманні птахів головне значення має яскравість освітлення. Освітленість у приміщенні на рівні годівниць, у горизонтальній площині має бути 10-70 лк. Однак необхідно пам'ятати, що при інтенсивному вирощуванні завищена освітленість (100-150 лк і більше), яка може негативно позначитися на стані птиці.

Для курчат у віці до 4 тижнів запропонована вища освітленість. У перші дні вирощування рекомендована освітленість 30-40 лк. Така освітленість створює у напувалках так зване «дзеркало води», що у свою чергу стимулює споживання води курчатами. Далі освітленість поступово знижується до 5-7 лк у 3-тижневому віці і залишається на такому рівні до кінця вирощування.

При утриманні дорослих курей-несучок ефективною є освітленість 10 лк, а батьківського стада - 15 лк (при освітленості нижче вказаного рівня статева активність півнів помітно знижується). Зниження яскравості освітлення також дозволяє знизити явище обскубування пір'я та канібалізму у птиці. Мінімальна яскравість освітлення для вирощування молодняка становить 5 люкс, виміряне біля годівниці. При підлоговому утриманні курей на підлозі освітленість має бути вище, ніж при клітковому [8].

В даний час багато зарубіжних фірм рекомендують освітлення 20-25 лк. Це пов'язано з тим, що якщо у пташнику є зони зі зниженою освітленістю (нижче 10 лк), кури у цих місцях зносять яйця і різко підвищується їх забрудненість. Система освітлення має бути спроектована з певним запасом, т.к. яскравість ламп з часом знижується, і згодом вони запилюються та засмічуються.

2.3. Дослідження впливу спектру на ефективність вирощування птахів.

На основі аналізу спектру сучасних джерел оптичного випромінювання встановлено, що спектральний склад випромінювання лампи розжарювання найбільше відповідає біологічним потребам птиці. Значною мірою це

обумовлено тим, що суттєва частина спектру лампи розжарювання відноситься до червоної та інфрачервоної області, а люмінесцентні лампи практично не мають у випромінюванні червоної і інфрачервоної частини спектра, але саме ці частини спектра мають значний позитивний вплив на птицю. В той же час люмінесцентні лампи мають у своєму випромінюванні сині і блакитні частини спектра, які мають негативний вплив на птицю.

Спостереження довели, що відтінок освітлення також чинить вплив на манеру поведінки, розвиток та розмноження птахів.

Птахи бачать світло як крізь сітківку ока, так і через світлочутливі клітини мозку.

Оскільки довгохвильова (червона) частина світлового спектру краще проникає крізь шкіру та кістки черепа, аніж короткохвильова, було з'ясовано, що зростання та манера поведінки пов'язані з рецепторами сітківки, а репродуктивні функції пов'язані з чутливими до світла клітинами мозку.

Колір світла має значний вплив на фізіологічні процеси, поведінку та віддачу птахів. Завдяки прогресу LED-технологій стало можливим точно регулювати спектр випромінювання, підлаштовуючи його під особливі вимоги різних вікових та промислових груп.

Спостереження виявили, що блакитне світло діє на птицю заспокійливо. Монохромне синє світло збуджує виділення в плазмі тестостерону, який утворює протеїни, що збільшують м'язові клітини.

Синьо-зелене сяйво стимулює ріст курчат, тоді як червоно-помаранчеве підсилює репродуктивні функції. Монохромне зелене світло збуджує ріст м'язових клітин та формування скелета.

Червоне освітлення застосовується для зменшення канібалізму та розкльовування пір'я. Червоне проміння глибоко проникає не лише через зіниці, а й через шкіру птаха. Монохромне червоне світло збуджує гіпоталамус, який виділяє гормони для відтворення, підвищуючи яйцекладність і заплідненість.

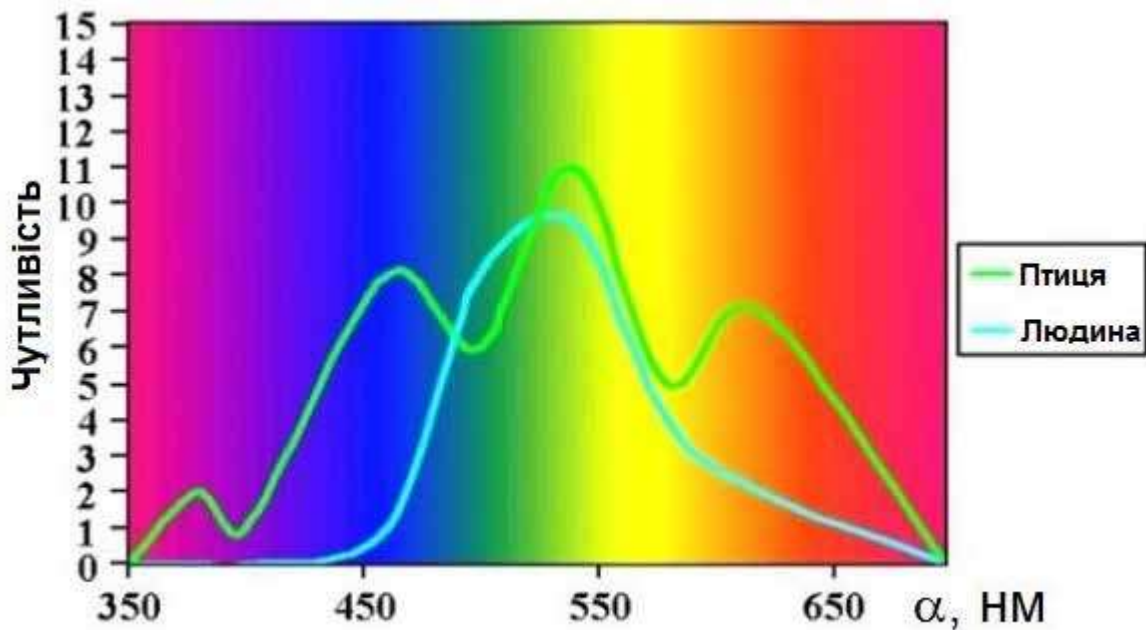


Рис.2.1. Сприйняття спектру оптичного випромінювання

Проте спостереження показали, що червоні лампи скорочують період кладки яєць.

Виходячи з цього і того, що червоні лампи більш енергоємні, їх не радять застосовувати для молодняку.

Синє та зелене світло мають відносно невелику довжину хвилі, і тому сприймаються лише оком, стимулюючи ріст.

Біле нейтральне освітлення часто використовується як загальне, однак воно менш дієве у спрямованому впливі на окремі фізіологічні процеси птаха. Важливим чинником є можливість поєднання спектрів у різні пори доби або періоди життєвого циклу.

Червоне світло має найбільш довгу хвилю з видимого спектру, тому сприймається оком, а також проникає через череп до гіпоталамуса (табл. 1.2).

Сприйняття світла людиною і птахом

Довжина хвилі, нм	Сприйняття людиною	Показник сприйняття людиною 0,1 люкс	Показник сприйняття птахом 0,1 люкс	Кратність різниці
440-460	Синій	3,0	39,8	13,3
460-480	Синій	7,1	52,4	7,34
480-500	Синій	16,4	53,1	3,24
520-540	Зелений	60,2	59,0	0,98
540-560	Зелений	67,8	66,9	0,99
620-640	Помаранчевий/ Червоний	16,7	42,7	2,56
640-660	Червоний	6,6	20,7	3,12
680-700	Червоний	0,5	5,8	11,3

2.4. Розробка ефективних режимів освітлення.

Для аналізу світлових режимів взято два основних параметри – освітленість E та тривалість світлового періоду за добу T . Розглядалися світлові режими, в яких освітленість у виробничих приміщеннях, забезпечувалась світильниками з світлодіодними лампами

Розглянуті такі періоди розвитку курей: до – 20; 20 – 30; 30 – 40; 40 – 50; 50 – 60; 60 – 90 днів. В період з першого по 50 день у курчат інтенсивність росту досягає максимуму. В цьому віці проходить також формування ювенального оперення. Після 50 днів знижується інтенсивність росту і цей період співпадає з періодом ювенальної лінки. Період 60 – 90 днів - це час статевого розвитку, що характеризується падінням інтенсивності росту курей.

Для кожного вікового періоду з кожного окремого дослідження беруться ті значення освітленості та тривалості світлового періоду за добу, при яких отримані найбільші прирости живої маси птиці. Представимо сукупність цих даних функцією $T(E)$, при цьому програмне забезпечення виконує задачу

регресії, яка полягає в отриманні параметрів функції такими, щоб функція наближала вихідні точки з найменшою середньоквадратичною похибкою.

Для всіх розглянутих вікових періодів птиці аналітичні вирази залежності тривалості світлового дня від освітленості, при яких отримані максимальні прирости живої маси птиці наведені у табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

Аналітичні вирази залежності $T(E)$, при яких отримані максимальні прирости живої маси птиці

Вік птиці,	Аналітичний вираз
20	$T(E) = 12,35 \cdot 6528^{\frac{1}{E}}$
30	$T(E) = \frac{14 \cdot E}{E - 2,24}$
40	$T(E) = 11,77 \cdot 54^{\frac{1}{E}}$
50	$T(E) = \frac{13,65}{1 - 58,65 \cdot e^{-0,98 \cdot E}}$
60	$T(E) = 10,32 \cdot 102^{\frac{1}{E}}$
90	$T(E) = 6,15 + 0,35 \cdot E + \frac{69}{E^2}$

Встановлено, що птиця може мати максимальний приріст маси в кожному віковому періоді при певних співвідношеннях T (тривалості світлового дня) і E (освітленості), які можна описати математичними залежностями табл. 2.1. В кожному віковому періоді співвідношення T і E мають свій характер. Дотримуючись, протягом періоду вирощування птиці встановлених співвідношень T і E забезпечуються, тим самим, сприятливі умови для отримання максимальної маси птиці в забійному віці.

В даний час актуальне значення мають енергозберігаючі технології та

режими, тому в кожному віковому періоді необхідно визначити такі значення T і E , при яких затрати електроенергії будуть мінімальними, і в той же час ці значення повинні відноситись до залежності, при якій отримують максимальні доважки птиці.

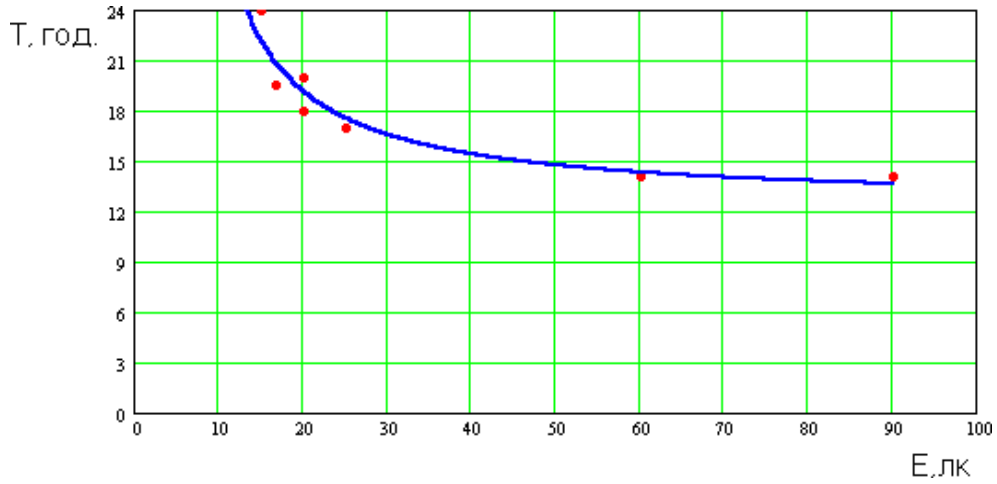
Тому отримані аналітичні вирази питомих витрат електроенергії на забезпечення світлового режиму у виробничому приміщенні пташника для різних вікових періодів птиці і в результаті проведеної оптимізації значень параметрів світлового режиму за рівнем затрат електроенергії визначені по кожному віковому періоду птиці оптимальні значення тривалості світлового дня за добу та освітленості. Ці дані наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.4.

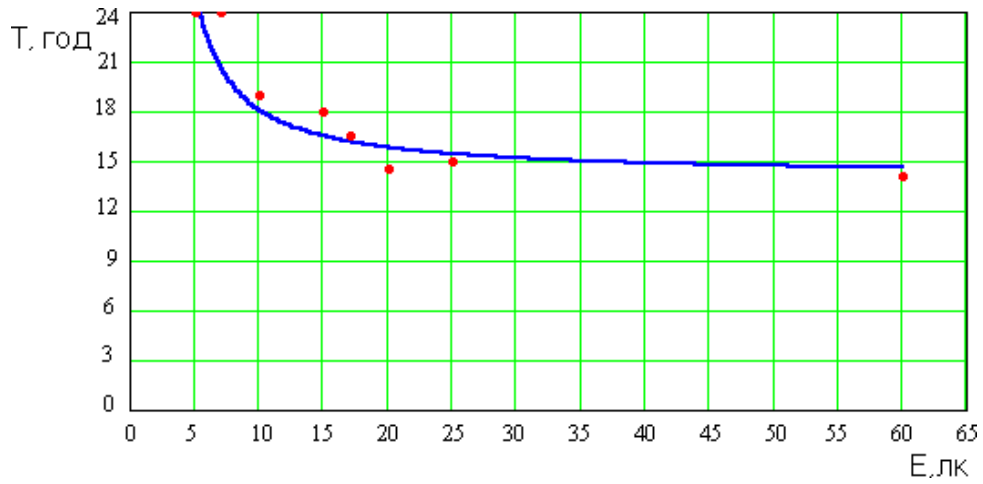
Аналітичні вирази питомих витрат електроенергії та оптимальні значення T і E за віковими періодами птиці

Вік пти	Аналітичний вираз	E_{cp} , лк	T , год.
20	$W_{num} = 12,35 \cdot 6528^{\frac{1}{E_{cp}}} \cdot (0,83 + 0,087 \cdot E_{cp})$	14,5	22,5
30	$W_{num} = \frac{14,02 \cdot E_{cp}}{E_{cp} - 2,24} \cdot (0,83 + 0,087 \cdot E_{cp})$	7,5	21
40	$W_{num} = 11,77 \cdot 54,02^{\frac{1}{E_{cp}}} \cdot (0,83 + 0,087 \cdot E_{cp})$	8,5	19
50	$W_{num} = \frac{13,65}{1 - 58,63 \cdot e^{-0,98 \cdot E_{cp}}} \cdot (0,83 + 0,087 \cdot E_{cp})$	7	14,5
60	$W_{num} = 10,32 \cdot 101,83^{\frac{1}{E_{cp}}} \cdot (0,83 + 0,087 \cdot E_{cp})$	9,5	17
90	$W_{num} = (6,15 + 0,35 \cdot E_{cp} + \frac{69,21}{E_{cp}^2}) \cdot (0,83 + 0,087 \cdot E_{cp})$	5	10,5

Об'єднавши оптимальні значення освітленості та тривалості світлового періоду за віком птиці, отримаємо енергозберігаючий світловий режим для вирощування птиці на м'ясо, який наведено на рис. 2.2 та рис. 2.3



для 20-ти денного віку птиці



для 30-ти денного віку птиці

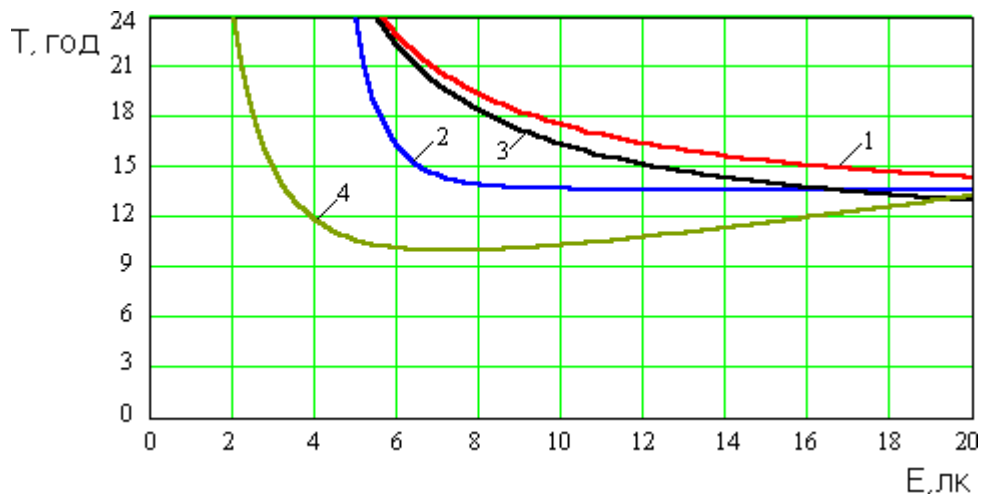
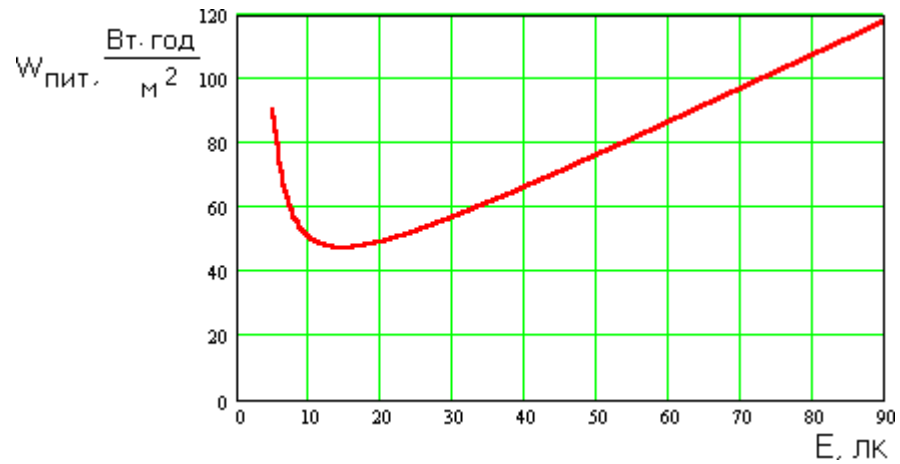
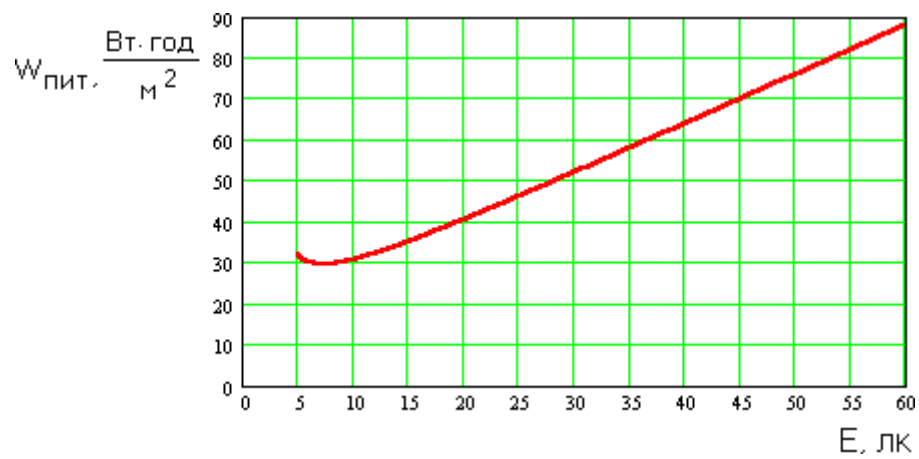


Рис. 2.2.. Залежність освітленості у виробничому приміщенні пташника від віку птиці: 1 – для 40 - денного віку птиці; 2 – для 50 - денного віку птиці; 3 – для 60 - денного віку птиці; 4 – для 90 - денного віку птиці



для 20 – денного віку птиці



для 30 – денного віку птиці

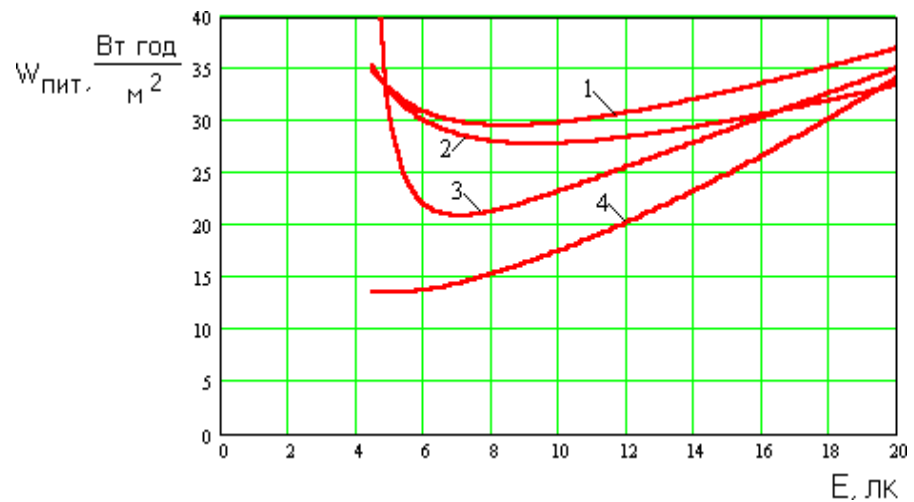


Рис. 2.3. Залежність тривалості світлового періоду за добу від віку птиці; 1 – для 40 - денного віку птиці; 2 – для 50 - денного віку птиці; 3 – для 60 - денного віку птиці; 4 – для 90 - денного віку птиці

В технологічному процесі освітлення у пташниках займає друге місце за енерговитратами після вентиляції. Одним із шляхів зниження витрат електроенергії на освітлення виробничих приміщень є вдосконалення методів розрахунку освітлення.

Як правило, розрахунок освітленості на робочій поверхні виконують методом коефіцієнта використання світлового потоку (КВСП), точковим методом (ТМ), методом питомої потужності (ПП), але ці методи мають ряд недоліків. Метод коефіцієнта використання світлового потоку дає приблизне значення освітленості на робочій поверхні, крім того, не враховується нерівномірність відбиття світлового потоку, точковий метод не враховує відбиття світлового потоку від стін і стелі, ще меншу точність мають методи питомої потужності і за нормативними даними.

Тому нами розроблено комбінований метод розрахунку освітленості у виробничому приміщенні.

Освітленість у точці на розрахунковій поверхні з урахуванням прямого і відбитих складових світлового потоку розраховується за формулою:

$$E(x, y) = \frac{F}{1000} \sum_n \left[\frac{Z_n \cdot I_{\alpha_n}}{\sqrt{Z_n^2 + (x - X_n)^2 + (y - Y_n)^2}^3} \cdot \left[\arccos \left[\frac{Z_n}{\sqrt{Z_n^2 + (x - X_n)^2 + (y - Y_n)^2}} \right] \right] \right] +$$

$$\frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{H5L} \int_0^L \frac{E_c(x, z) \cdot R_c(x, z) \cdot z \cdot \sqrt{(X - x)^2 + y^2}}{\left[(X - x)^2 + y^2 + z^2 \right]^2} \cdot dx \cdot dz +$$

$$\frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{B5L} \int_0^L \frac{E_{cm}(x, y) \cdot R_{cm}(x, y) \cdot H^2}{\left[(X - x)^2 + (Y - y)^2 + H^2 \right]^2} \cdot dx dy, \quad (2.1)$$

де F – світловий потік лампи, лм;

I_{α_n} – сила світла світильника в напрямку освітлювальної точки, кд;

α – кут між віссю світильника і лінією, яка з'єднує світловий центр світильника з освітлювальною точкою;

X_n, Y_n, Z_n – координати світильників у просторі;

x, y – поточні координати точки;

H – відстань від стелі до підлоги, м;

L – відстань між світильниками, м;

$E_c(x, y), R_c(x, y)$ – освітленість та коефіцієнт відбиття стіни;

B – ширина приміщення, м;

$E_{cm}(x, y), R_{cm}(x, y)$ – освітленість та коефіцієнт відбиття стелі.

Фрагмент загальної картини ізолюкс на розрахунковій поверхні пташника при $Z_n = 3$ м, $B = 12$ м і $F = 1350$ лм показано на рис. 3.

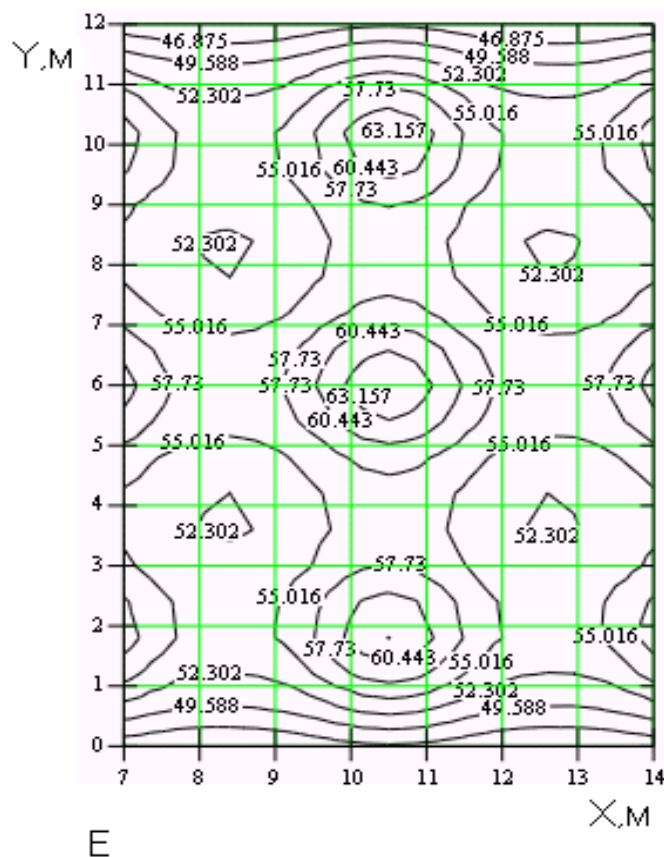


Рис. 2.4. Фрагмент картини ізолюкс на розрахунковій поверхні

Запропонований метод дозволяє отримати картину ізолюкс з урахуванням основних складових світлового потоку а також урахувати особливості розподілу яскравості на стінах і стелі та коефіцієнту відбиття як функції координат та в порівнянні з методом коефіцієнта використання світлового потоку та точковим методом, при проектуванні освітлення, зменшує планові витрати електроенергії на 17 і 24 відсотки.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ОСВІТЛЕННЯ

3.1 Вплив режимів освітлення на стан і продуктивність птиці

Багатьма дослідженнями встановлено, що оптичне випромінювання в птиці викликає фізіологічні зміни. Світлова енергія, яка сприймається сітчаткою, перетворюється в нервові імпульси збуджуючи нервові центри і сприяє обміну речовин. Під дією світла збільшується кількість гемоглобіну, еритроцитів, фосфору й кальцію, зростає обмін азоту. Світло сприяє підсиленню бактерицидних властивостей крові, активізує ферментні процеси. Світло має значний вплив на ріст птиці, розмір яєць, яйценосність.

Скорочуючи тривалість світлового періоду доби при вирощування птиці, можливо збільшити продуктивність курей і термін їх експлуатації, отримувати більш яйця. Але режими освітлення, при яких статевий розвиток курей більш пізніший і дозволяє отримувати більші яйця, як правило призводить до меншої яйценосності, яке в свою чергу призводить до появи тонкої шкаралупи.

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

В період вирощування курей-несучок зменшення світлового часу (рис. 3.1.) на 2...3 хвилини кожної доби затримує статевий розвиток курей, вони краще розвиваються і входять у яйцекладку краще розвиненими. Це позитивно впливає на продуктивність курей і якість яєць.

Зниження світлого періоду до 120-го дня впроваджується для сповільнення раннього статевого розвиток курей-несучок.

При скороченні світлого періоду птиця менше схильна до яйцекладки. Після того як птиця повністю дозріває поступово збільшують світловий час, що інтенсифікує яйцекладку.

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

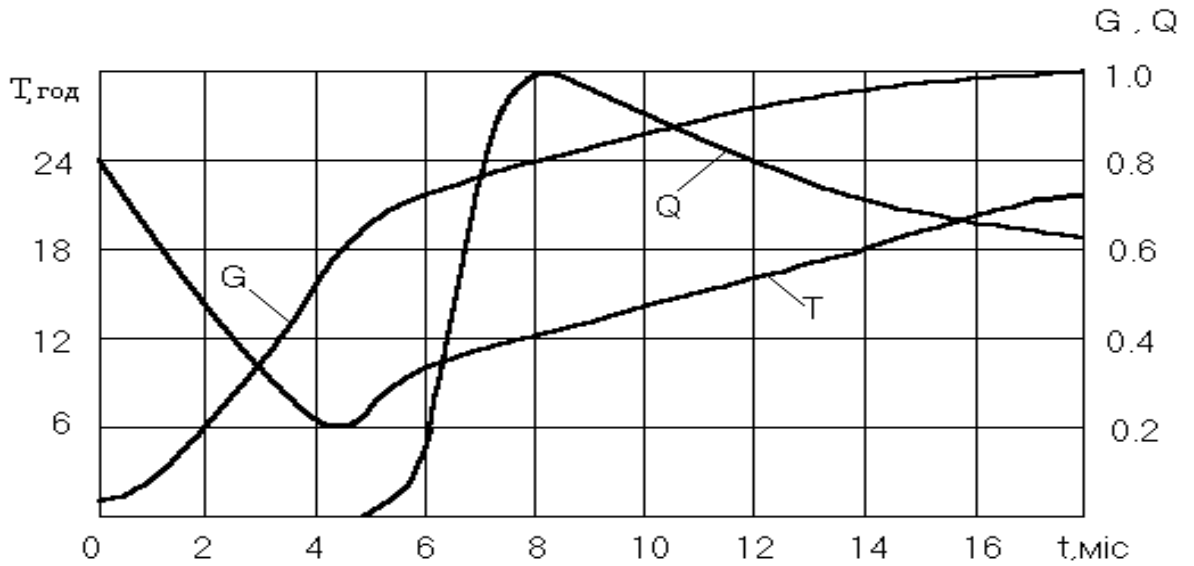


Рис. 3.1. Зміна тривалості світлового періоду доби T , відносної ваги G і яйценосності Q курей протягом періоду вирощування

На рис.3.2. наведено схему добового ритму птиці в залежності від віку

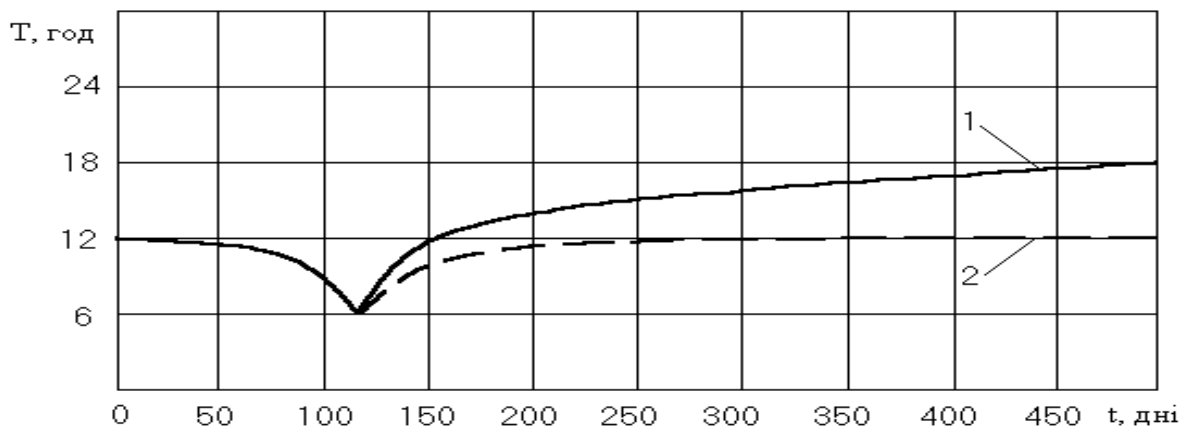


Рис. 3.2. Схема зміни добового ритму в пташнику; 1 – промислове; 2 – маточне поголів'я

В багатьох птахівничих підприємствах м'ясо – яєчного напрямлення використовують світловий режим наведений в таблиці 3.1

Таблиця 3.1.

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.

Таблиця 3.2.

**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 14	12 17

Проаналізувавши найпопулярніші світлові режими можна виділити декілька основних типів:

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

Крім часу світлового періоду доби ще важливим параметром світлового режиму є величина освітленості. З однієї сторони, від неї залежить фізіологічний стан птиці та продуктивність, а з іншої сторони освітленість визначає загальну потужність системи освітлення в пташнику.

На сьогоднішній день на птахофабриках використовують світлові режими, в яких освітленість або постійна або змінюється під час процесу вирощування птиці.

Рекомендована освітленість на рівні годівниць при утримуванні птиці в одноярусних кліткових батареях має 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. Освітленість у верхніх ярусах кліткової батареї може бути вище, ніж у нижніх, і може мати значення: 45...35, 35...25, 25...15 і 15...5 лк у різні періоди вирощування.

Також необхідно забезпечити плавну зміну освітленості в момент включення та виключення світла. Це створює ефект штучного світанку та сутінок.

Раптова зміна освітленості призводить до стресу птиці. Повільна зміна освітленості на протязі 2...3 хвилин, дозволяє уникнути стресу.

Аналізуючи вище наведені дані можна виділити основні фактори світлового режиму:

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

3.2. Аналіз засобів автоматизації процесу керування освітлювальними установками в пташниках

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

Засоби керування системами освітлення бувають неавтоматичними – з керування в ручному режимі та автоматичними – для керування системою освітлення за заздалегідь складеною програмою.

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

Відомі два основні способи регулювання освітленості. Перший спосіб полягає у включенні 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 застосовуються сучасні методи та засоби керування: математичні моделі керування штучним світловим днем, технічні засоби збору, передачі, зберігання, обробки інформації.

Такі системи керування можуть забезпечити виконання наступних операцій: 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 вивід її на екран.

Для регулювання світлового потоку знайшли широке застосування тиристорні регулятори. Якщо на протязі півперіоду зменшувати час проходження струму через джерело світла, то це дасть 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 сьогодні розроблено велика кількість засобів автоматичного керування режимами освітлення в пташнику. За призначенням та принципом дії всі вони можуть бути розподілені на групи.

3.3 Розробка пристрою автоматичного керування освітлювальними установками у пташнику

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

Пристрої автоматичного керування освітлювальними установками мають відповідати наступним 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. До складу якого входять: електронний програматор, автоматичний вимикач, силові елементи - тиристори з радіаторами, блок керування тиристорами, електромагнітний пускач, проміжні реле. Всі елементи закріплені на панелі і розміщені в металевому ящику.

Функціональна схема пристрою представлена на рис. 3.4.

Принципова електрична схема керування режимами освітлення та принципова електрична схема керування тиристорами представлені відповідно на рис. 3.5 та рис. 3.6.

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

Напругу комутують силові тиристори VD8, VD9, які вмикаються зі схеми керування через трансформатор TV1

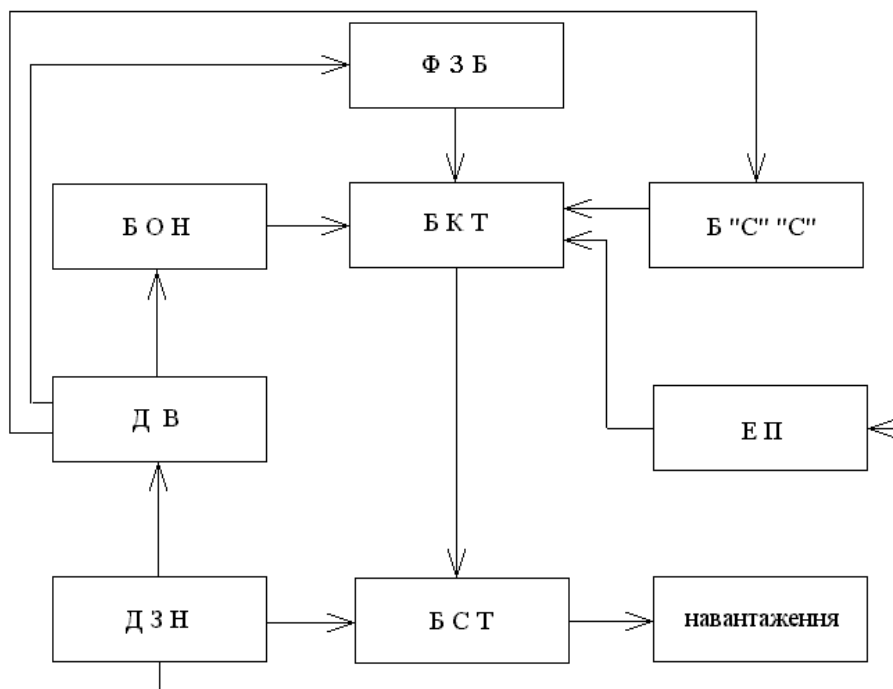


Рис. 3.4 Функціональна схема пристрою для керування режимами освітлення: БСТ – блок силових тиристорів; ДЗН – джерело змінного струму; ДВ – діодний випрямляч; БОН – блок обмеження напруги; ФЗБ фазозсуваючий блок; БКТ – блок керування тиристорами; Б “С” “С” – блок який забезпечує “світанок” і “сутінки”, ЕП – електронний програматор.

Розглянемо роботу пристрою в автоматичному режимі. В якості керуючого пристрою використовується електронний програматор. Під час умовної ночі в приміщенні струм на навантаження не проходить, тому, що тиристори закриті, але напруга підведена до них. 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 передбачений 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)

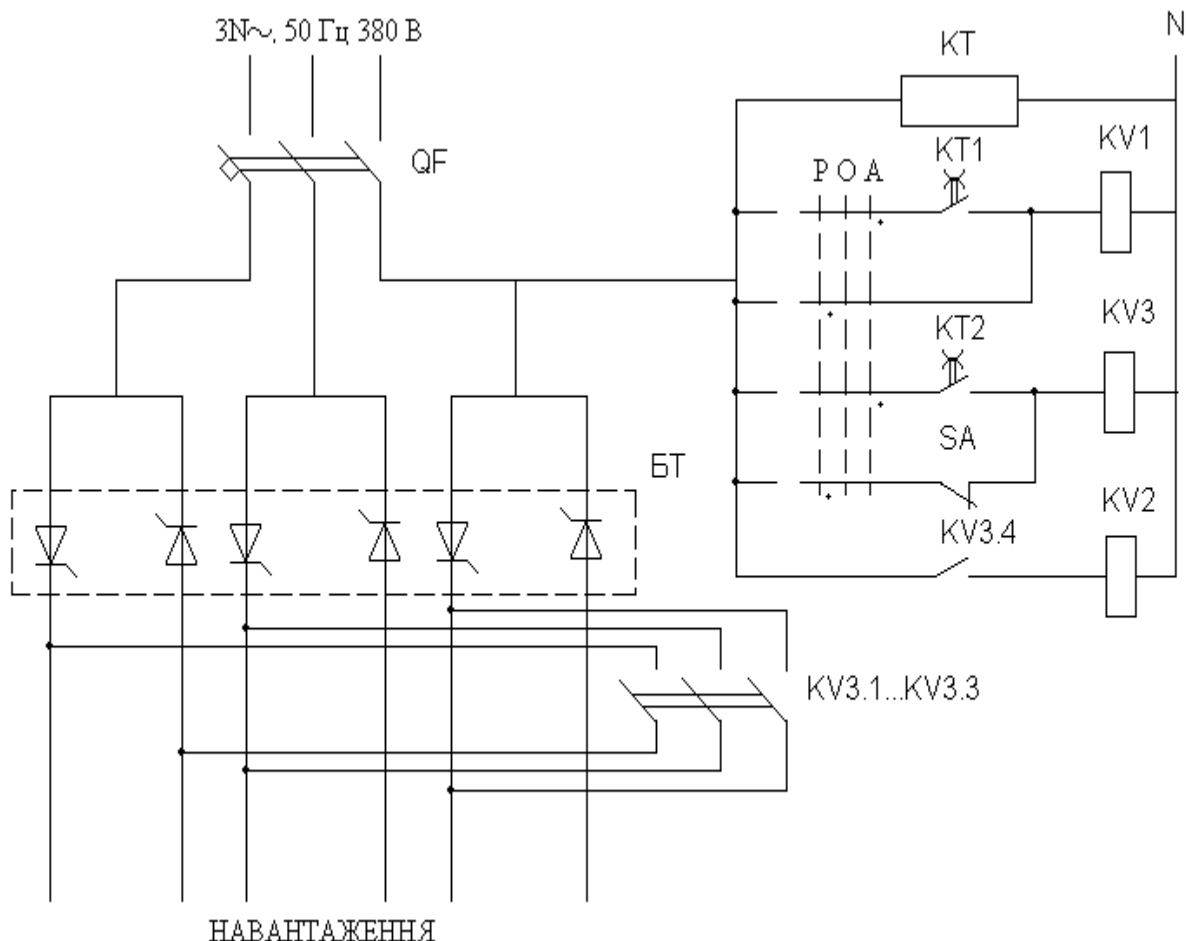


Рис. 3.5. Принципова електрична схема керування освітлювальними установками у виробничому приміщенні пташника

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 відкритті транзистора VT2 конденсатор С3 дає розряд на первинну обмотку

трансформатора імпульсного TV1. При розряді 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.

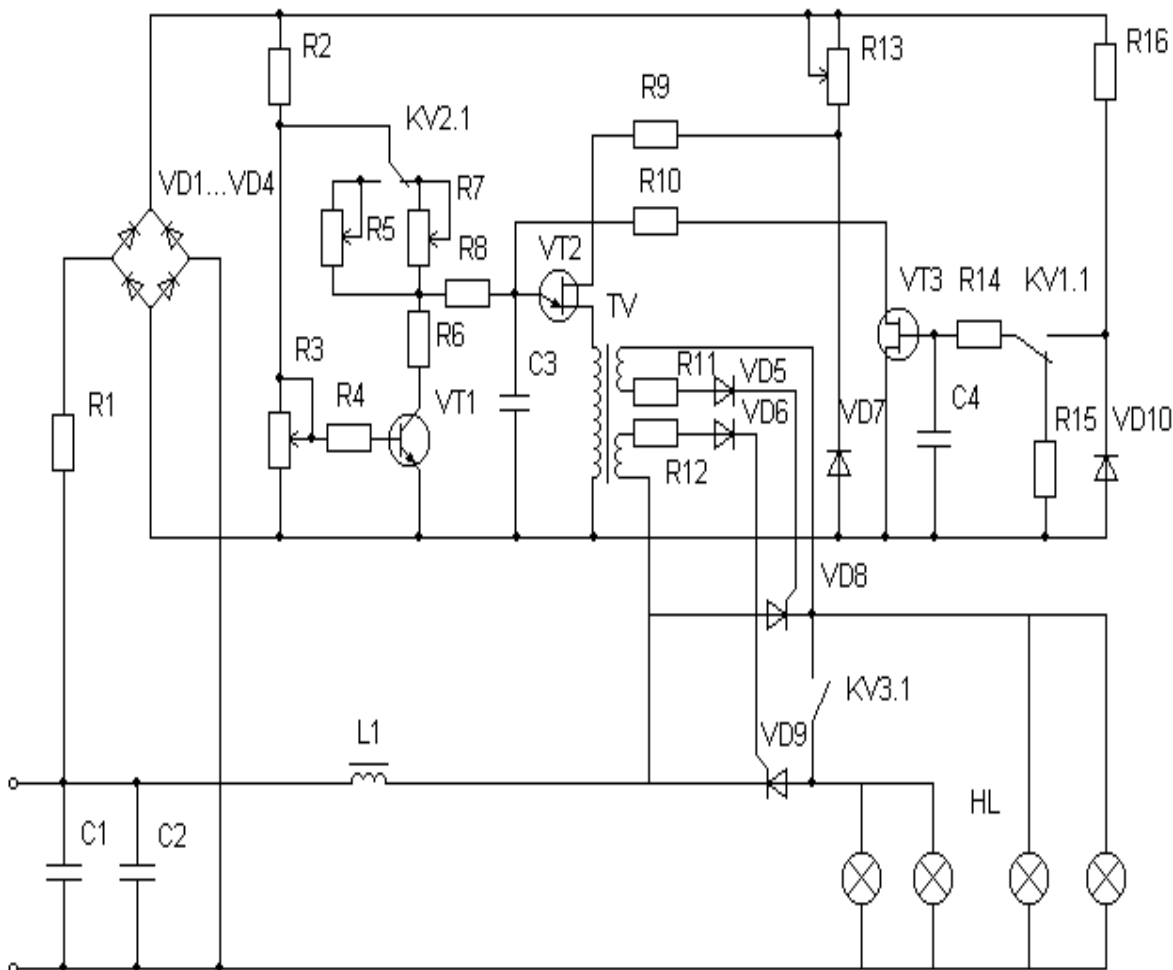


Рис. 3.6. Принципова електрична схема керування силовими тиристорами

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. В цей час значення напруги на лампах повільно зростає, відбувається штучний світанок. Рівень значення напруги на лампах задається резистором R5.

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

Напруга мережі після випрямлення 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 C3 до рівня напруги достатньої для відкриття транзистора VT2 та зміщенню моменту появи імпульсів керування до зменшення інтервалу відкритого стану тиристорів. В цей час величина робочого значення напруги на навантаженні відновлюється.

При необхідності роботи на однонапівперіодній напрузі, програматор розмикає контакти KT2, відповідно розмикаються силові контакти електромагнітного пускача KM1.1...KM1.3 та контакт KM1.4. Контакти реле KV2 перемикаються в положення – О (однонапівперіодна 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 KM1.1...KM1.3 пускача величина напруги на лампах зменшується в $\sqrt{2}/2$ рази, на стільки ж зменшується і освітленість у пташнику. В передбачений програмою час електронний програматор розмикає контакти KT1 і котушка KV1 залишається без живлення. Контакти реле KV1.1 перемикаються в положення “Сут.” (сутінки).

При ввімкненні даного положення конденсатор C4 починає розряджатися через резистори R14 і R15. Відбувається зменшення напруги на затворі транзистора VT3. Поступово змінюється провідність каналу транзистора і зростає струм стоку. Це відповідно призводить до зміни інтервалу увімкненого стану силових тиристорів. Відбувається плавне зменшення величини напруги на лампах, відбувається імітація “сутінок”.

Даний пристрій дозволяє реалізувати світловий режим наведений на рис. 3.7.

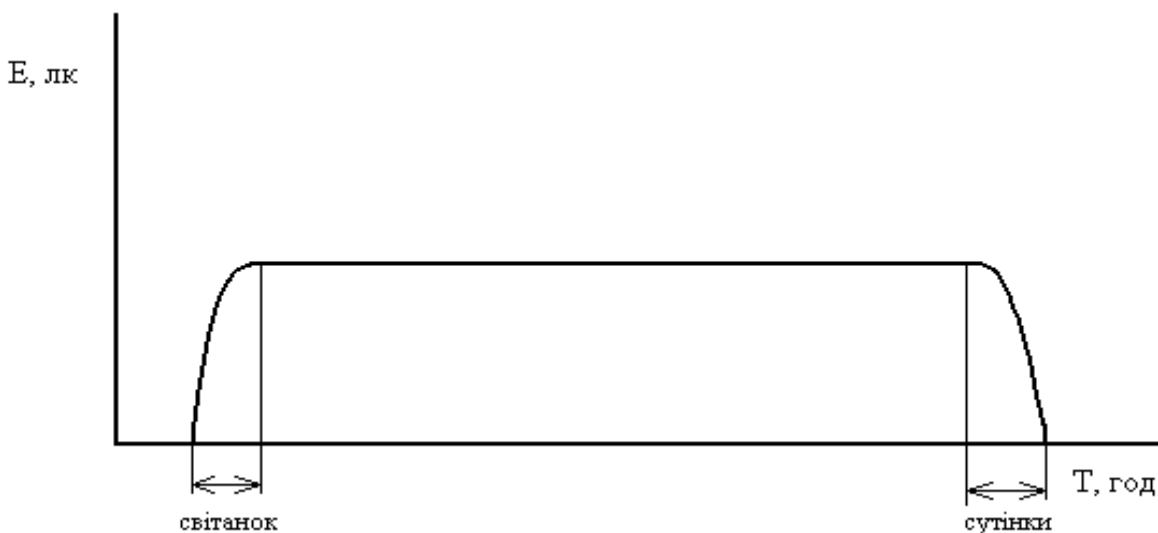


Рис. 3.7. Добовий світловий режим при вирощуванні курчат

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 на лампи подається півперіодна напруга, при якій рівень освітленості відповідає нормі.

Оптимізації значень параметрів режиму освітлення за рівнем затрат електроенергії, які отримані для птиці різного вікового періоду, дозволили оптимізувати тривалість світлового дня та освітленості. Якщо притримуватись встановлених ефективних значень T і E , забезпечуються оптимальні умови освітлення для отримання 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. 3.8. та рис. 3.9.

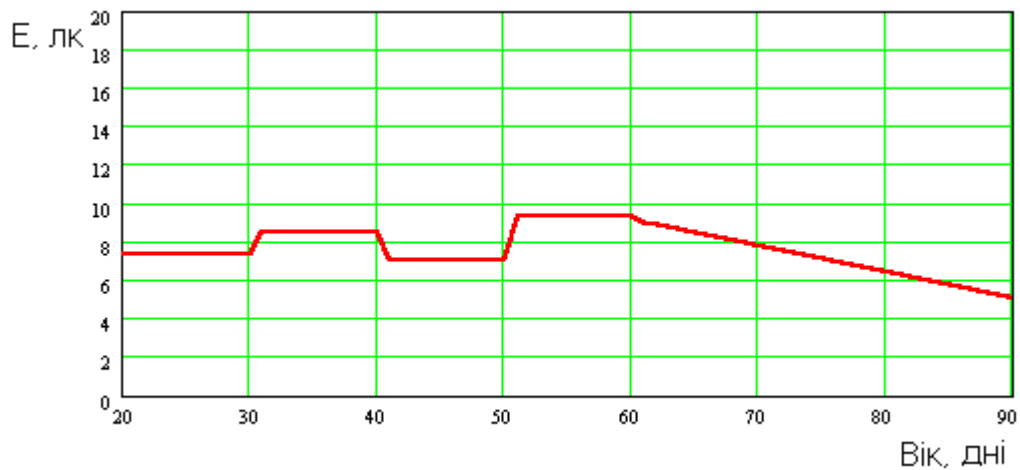


Рис. 3.8. Залежність освітленості у пташнику від віку птиці

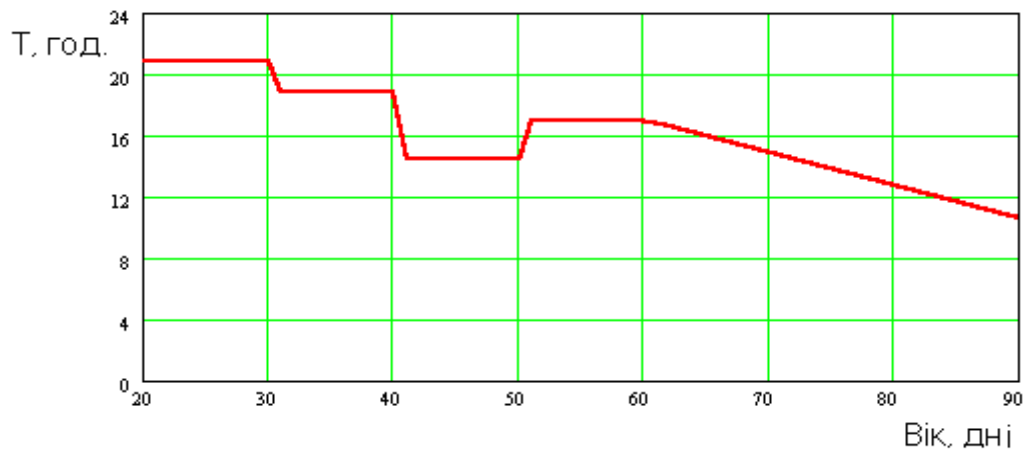


Рис. 3.9. Залежність світлового періоду за добу від віку птиці

При вирощуванні птиці також важливим є режим освітлення протягом доби. Досвід показує, що найбільше уваги необхідно приділяти режиму освітлення в період годування. Оскільки цей період незначну доцільно підвищувати освітленість до 30 лк.

Тобто доцільно використовувати добовий світловий режим наведений на рис. 3.10.

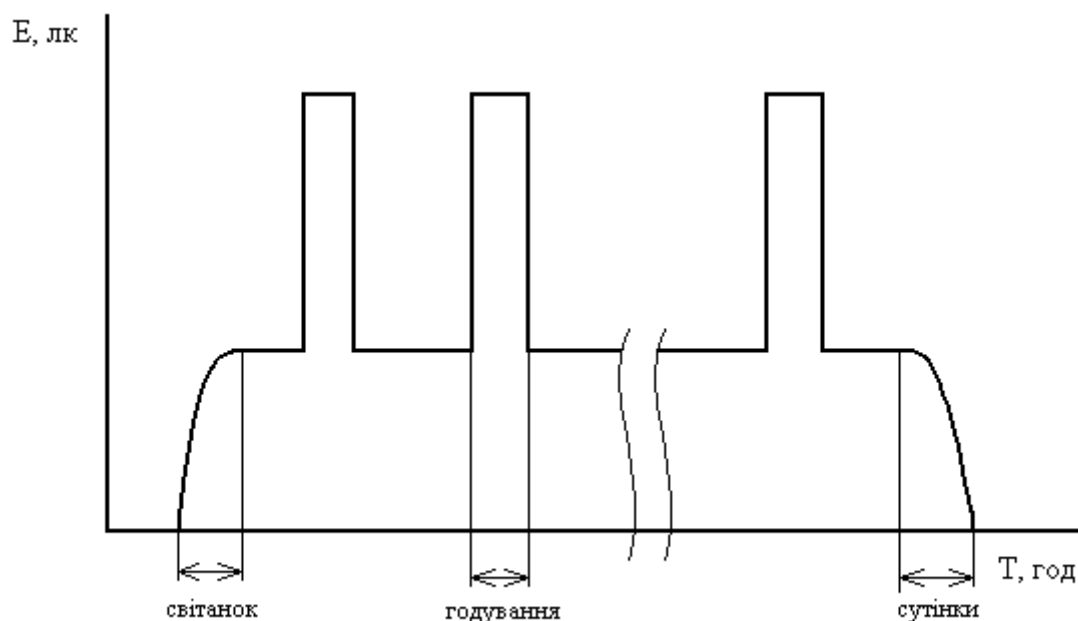


Рис. 3.10. Режим освітлення у пташника для вирощування курчат

3.4. Розробка конструкції світильника

Як уже зазначалося, освітлення є одним із головних чинників, що визначають життєздатність та продуктивність бройлерів. Найоптимальніша тривалість світлового дня становить 13–14 годин на добу, що відповідає природному денному освітленню у весняний період.

Скорочення світлового дня взимку (до 7–8 годин) негативно впливає на ріст і розвиток птиці: у темний час доби вона не споживає корм, через що зменшується добове споживання поживних речовин і, відповідно, уповільнюється приріст живої маси.

При клітковому утриманні особливу увагу приділяють рівномірності освітлення всередині кожної клітки, особливо у зоні годівниць [7]. Тому під час проектування систем освітлення розробляють спеціальні рекомендації щодо їхнього режиму роботи, особливо у осінньо-зимовий період, коли необхідно компенсувати нестачу природного світла за допомогою штучного.

Основні завдання системи освітлення кліткових батарей:

- забезпечити достатній рівень освітлення кормових жолобів, що стимулює активніше споживання корму;
- створити рівномірний розподіл світла на всіх ярусах кліток, уникаючи зон із тінями або недостатнім освітленням.

У пташниках із клітковим утриманням світильники розташовують у проходах між батареями, на висоті близько 30 см від верхнього краю клітки, з інтервалом приблизно 4 м уздовж ряду.

Рекомендовані рівні освітленості:

- 25–40 лк — при напільному утриманні;
- 40–50 лк — при клітковому вирощуванні бройлерів [11].

Технічні поради щодо вибору світлодіодних світильників для пташників:

1. Варто віддавати перевагу подовженим світильникам, оскільки компактні моделі з великою щільністю світлодіодів схильні до перегріву.

2. Оптимально використовувати більшу кількість малопотужних діодів, а не кілька потужних ($> 0,5$ Вт), які створюють надмірне теплове навантаження.

3. Світильники з радіаторами охолодження не рекомендується застосовувати в пташниках, адже пил та бруд, що накопичуються на них, погіршують тепловідведення та спричиняють перегрів діодів.

4. Перегрівання призводить до зниження світлового потоку та скорочення терміну служби обладнання.

5. Так звані «холодні на дотик» світильники з якісним тепловідведенням і помірною щільністю діодів працюють значно довше та стабільніше в умовах птахоферм.

Основні конструктивні вимоги до LED-світильників для пташників:

- можливість з'єднання кількох світильників у безперервну лінію для створення рівномірного світлового поля;
- герметичний корпус, стійкий до вологи та струменів води;

- використання ударостійкого пластику як матеріалу корпусу, що дозволяє уникнути потреби у захисних коробах для кабелів і спрощує монтаж електричних з'єднань.
- Високий рівень електробезпеки і ступінь захисту не нижче IP65. Технічна реалізація (рис. 3.11.):

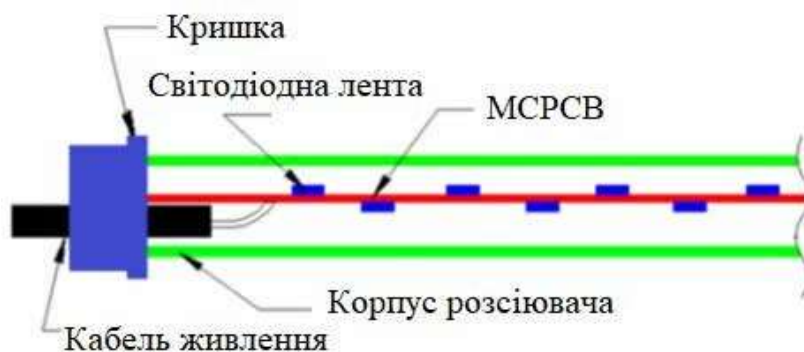


Рис. 3.11. Схема конструкції світильника

У світильнику світлодіоди монтується на спеціальну плату МСРСВ (Metal Core Printed Circuit Board). Плата являє собою алюмінієву основу з діелектричним шаром, на яку монтується світлодіоди та додаткові елементи [6]. Алюмінієва основа забезпечує ефективне відведення тепла, компактність та надійність при експлуатації в пташниках

Також важливим елементом є розсіювач при проходженні світлового потоку через нього втрати мають бути мінімальними - не перевищувати 10%.

Для виконання зазначеної вимоги основним матеріалом корпусу обрано оптично прозорий ударостійкий полікарбонат, виготовлений із високоякісної сировини Macrolon® німецької компанії BAYER [5]. Цей матеріал має такі ключові переваги:

- високий коефіцієнт світлопропускання — до 90% при діаметрі трубки 30 мм та товщині стінки 1,5 мм;
- стійкість до ультрафіолетового випромінювання;

- стійкість до впливу дезінфікуючих розчинів, що є важливим для умов інтенсивного птахівництва.

Для порівняння, при використанні полікарбонату китайського виробництва або з вторинної сировини показники прозорості значно знижуються, а вторинний полікарбонат з часом має властивість жовтіти, що додатково зменшує ефективність освітлення.

Таблиця 3.3.

Порівняння матеріалів розсіювачів світильника

Матеріал	Світлопропускання, %	Механічна міцність	УФ-стійкість	Стійкість до мийки	Коментар
Macrolon® (полікарбонат)	~90	Висока	Висока	Висока	Рекомендований для пташників
ПММА "high impact"	~90	Середня	Висока	Середня	Для агресивних умов, але з обмеженнями
Вторинний полікарбонат	<85	Низька	Низька	Низька	Не рекомендується для довготривалого вжитку

Для забезпечення захисту від пилу і вологи, з торців світильника встановлюються сальники підвищеної герметичності PG7, що забезпечує рівень високий рівень захисту.

Основним елементом світильників є світлодіодне джерело світла характеризується як напівпровідниковий елемент, що виділяє тепло та має нелінійні температурні характеристики. Надійність його роботи та світлотехнічні показники безпосередньо залежать від температури світловипромінювальних кристалів, що входять до складу LED-модуля [11].

Дотримання оптимального теплового режиму є критично важливим, оскільки впливає на два основні параметри:

- величину світлового потоку світильника;
- швидкість деградації світлодіодів з часом, що проявляється у зниженні яскравості та скороченні терміну служби.

Основні вимоги при проектуванні LED-джерел світла:

- Забезпечення необхідного рівня світлового потоку відповідно до завдань освітлення (наприклад, 40–50 лк для кліткового утримання бройлерів).
- оптимізація вартості конструкції без зменшення її ефективності.
- мінімізація габаритів та маси світильника, що особливо важливо при встановленні на багатоярусних кліткових батареях.

Оскільки світловий потік світлодіода прямо залежить від струму, що протікає через нього, необхідно збалансувати яскравість, тепловиділення та надійність.

Конструкція тепловідводу (радіатора) повинна відповідати параметрам живлення світлодіодів. Збільшення струму підвищує світловий потік, але одночасно збільшує температуру кристала, що може призвести до перегрівання та прискореної деградації.

Необхідно забезпечити ефективне тепловідведення, яке підтримує робочу температуру кристалів у допустимих межах, не перевищуючи теплове навантаження на один світлодіод. При проектуванні джерела світла слід враховувати максимальний струм, при якому тепловідвід здатний ефективно охолоджувати кристали до оптимальної робочої температури.

На рис. 3.12 та 3.13 показано залежність світлового потоку від струму та вплив деградації світлодіодів на ефективність і економіку проекту.

Число світлодіодів, потрібних для забезпечення світлового потоку, нелінійно залежить від струму, що проходить крізь кожен елемент. При зниженні споживаного струму зменшується яскравість кожного окремого світлодіода, завдяки чому для досягнення необхідної освітленості доводиться нарощувати кількість світлодіодів у модулі.

Це спричиняє підвищення вартості світильника, ускладнення проекту плати, збільшення розмірів і, відповідно, зниження загальної економічної доцільності.

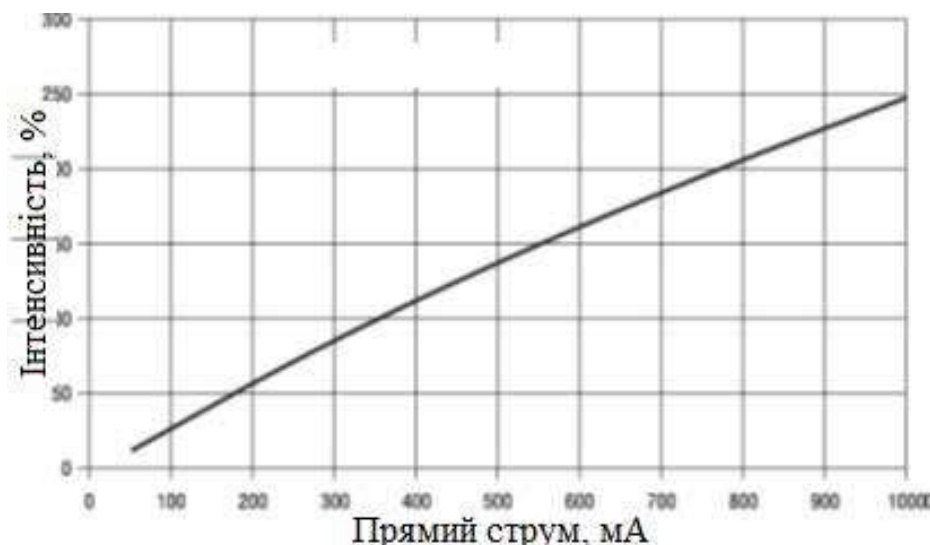


Рис. 3.12. Залежність інтенсивності світіння від величини прямого струму для світлодіодів

Таким чином, при проектуванні слід урівноважити:

- рівень робочого струму світлодіодів;
- дозволене число світлодіодів на модуль;
- ефективність тепловідведення, котра стримує перегрів навіть за вищих струмових навантажень.

Одним з головних задач при проектування світильників є мінімізація деградації світлодіода. Бо це спричиняє поступове:

- зменшення світлового потоку (аж до повної втрати свічення);
- зміщення спектру світіння, як правило — у синю зону.

Деградація є неминучим природним явищем для будь-якого світлодіода, але хибна експлуатація — особливо перегрів робочої ділянки кристала — у десятки разів прискорює цей процес.

При зростанні температури активної ділянки світлодіода на кожні 10 °С світловий потік зменшується приблизно на 2,5%. Це означає, що у разі недієвого тепловідведення освітлювальний прилад може втратити до 20–30% яскравості ще до досягнення номінального строку служби. Таким чином, дотримання теплового балансу, оптимального робочого струму та застосування

якісних теплорозсіювачів є вирішальним для:

- збереження високого рівня освітлення;
- подовження строку експлуатації приладу;
- економічного обґрунтування його впровадження у тваринницьких приміщеннях.

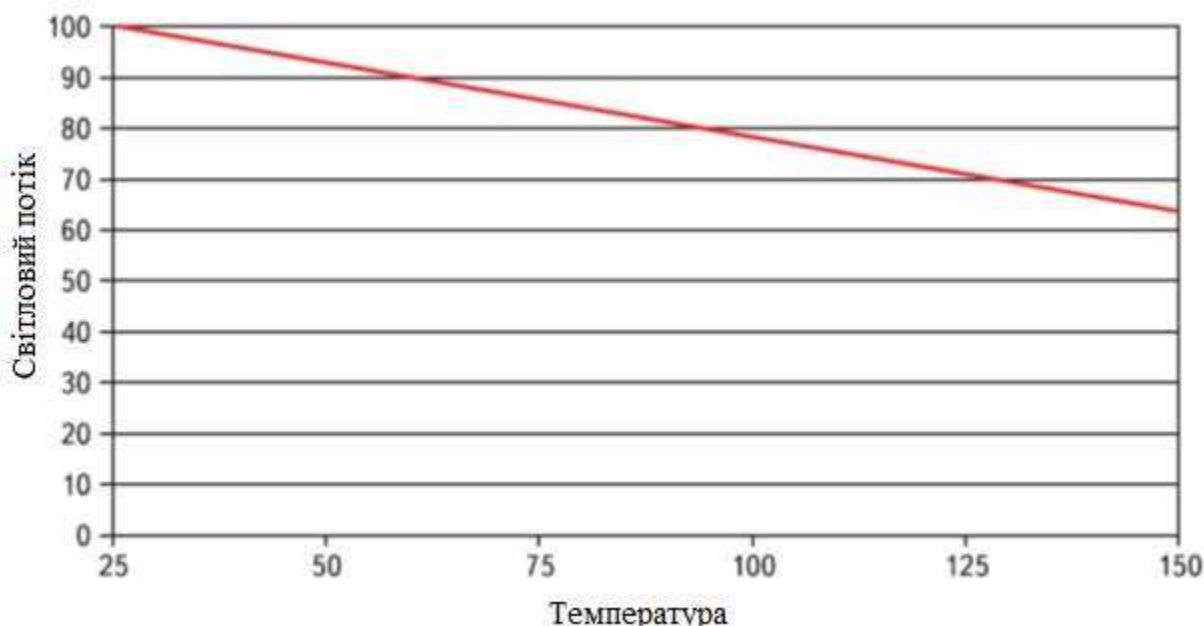


Рис. 3.13. Залежність зниження світлового потоку від підвищення температури активної області

Зниження світлового потоку у світлодіодних світильниках, зазвичай, відбувається не одразу, а поступово, після певного періоду використання. Темпи цієї деградації прямо залежать від якості організації тепловідведення. Один із найбільш дієвих способів — використання алюмінієвого корпусу самого світильника як пасивного радіатора.

На підставі цього можна стверджувати, що відведення тепла від кристала світлодіода є однією з визначальних технічних вимог при проектуванні та виготовленні LED-освітлювальних приладів.

При належним чином організованому тепловому режимі та дотриманні експлуатаційних норм, ресурс LED-джерел може сягати 50 000–100 000 годин.

Як номінальну робочу температуру підкладки світлодіоду у світильнику обрано $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ — це реально досяжне значення у пташниках із температурою повітря до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, особливо якщо світильники розташовані під стелею.

При цьому зниження світлового потоку може сягати 20–25% від початкового рівня, що є негативним чинником і береться до уваги у техніко-економічному обґрунтуванні конструкції.

Вибір джерела світла для розроблюваного світильника з урахуванням усіх вищенаведених технічних вимог та експлуатаційних умов, як основний світлодіодний елемент обрано відкриту гнучку світлодіодну стрічку типу SMD 5050, класу IP67.

Таблиця 5.3.

Технічні характеристики стрічки SMD 5050

Параметр	Значення
Колірна температура	4500–5000 К (нейтрально-білий спектр)
Світловий потік	960 лм/м
Кут розсіювання світла	120°
Ступінь захисту	IP67 (вологозахищена)
Строк служби	50 000 годин
Робоча температура	$-40\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +60\text{ }^{\circ}\text{C}$
Тип світлодіодів	SMD 5050 (розмір 5×5 мм)
Кількість світлодіодів	60 шт/м
Живлення	DC 24 В

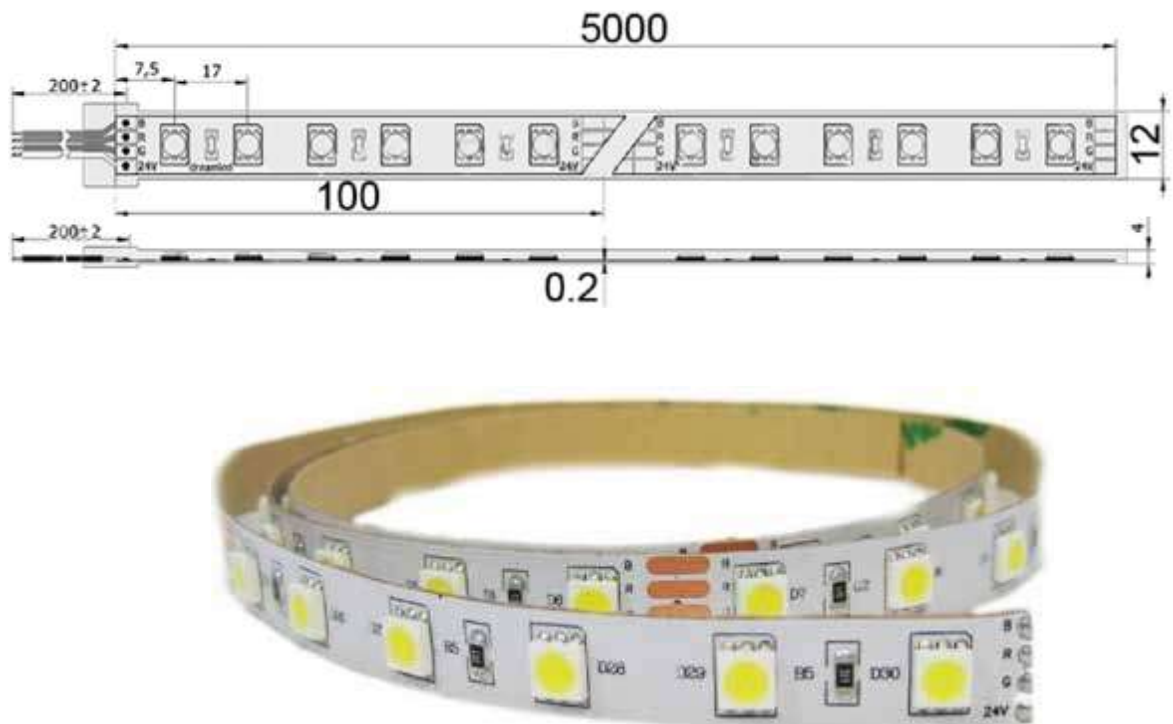


Рис. 3.14. Світлодіодна стрічка SMD 5050 на білій підкладці, ступінь захисту IP67

Світлодіодна стрічка SMD монтується на металеву друковану плату МРСВ NEO-L-2x5XPMX (рис. 3.15.), яка складається з:

- металевої основи — алюмінієвий сплав товщиною 1,5 мм;
- шару діелектрика із високою теплопровідністю;
- мідної фольги — як провідного шару для монтажу світлодіодів.

Теплопровідність діелектричного шару МРСВ-плати знаходиться в межах від 0,5 до 5 Вт/(м·К). Завдяки тонкому шару (зазвичай у межах 50–200 мкм), у таких плат низький тепловий опір, що необхідно при використанні у світлодіодних світильниках.

Значення теплового опору між світлодіодом та металевою основою плати знаходяться в межах від десятих до кількох одиниць Вт/К, що достатньо для ефективного відведення тепла від кристала до корпусу світильника, запобігаючи ризику перегріву та подовжуючи термін служби LED-елементів.

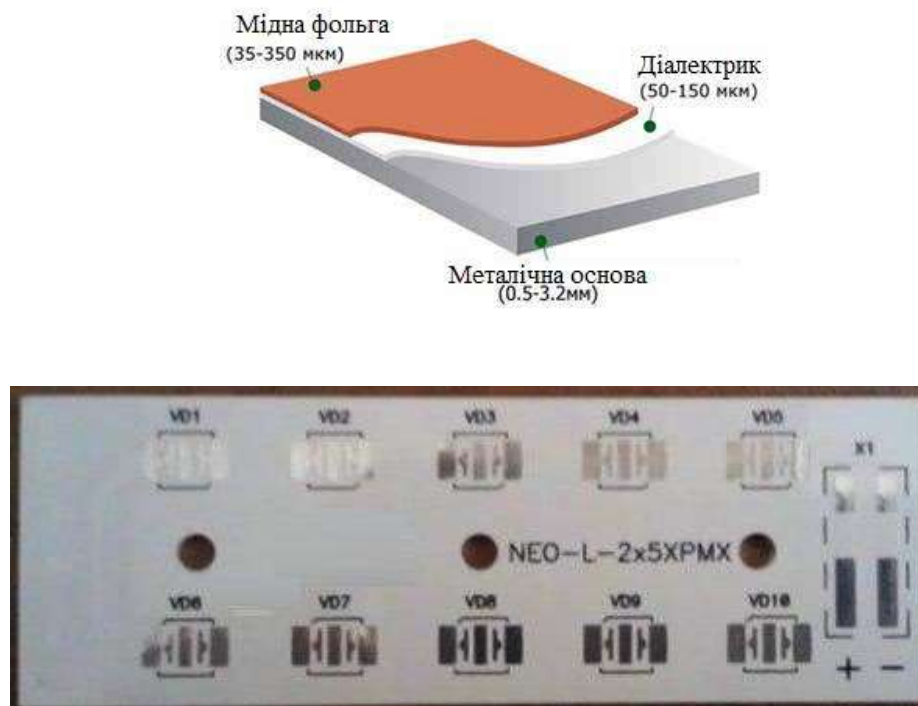


Рис. 3.15. Плата MCPCB

Аби перевірити відповідність технічним вимогам проєктованого світильника, здійснили експериментальне вимірювання та дослідження його головних світлотехнічних та теплових властивостей, зокрема:

- кривої сили світла (КСС);
- загального світлового потоку;
- температурного режиму роботи.

Ці показники є вкрай важливими для оцінки дієвості світильника в умовах кліткового утримання бройлерів, де потрібне однакове освітлення кормових зон та мінімальний перегрів складників.

Для проведення замірів застосовувалися такі апарати:

- Тепловізор Testo 881 – для виміру температури корпусу та аналізу теплового розподілу по поверхні світильника;
- Люксметр ТКА-ПКМ – для реєстрації освітленості у горизонтальній площині на різних дистанціях від джерела світла.

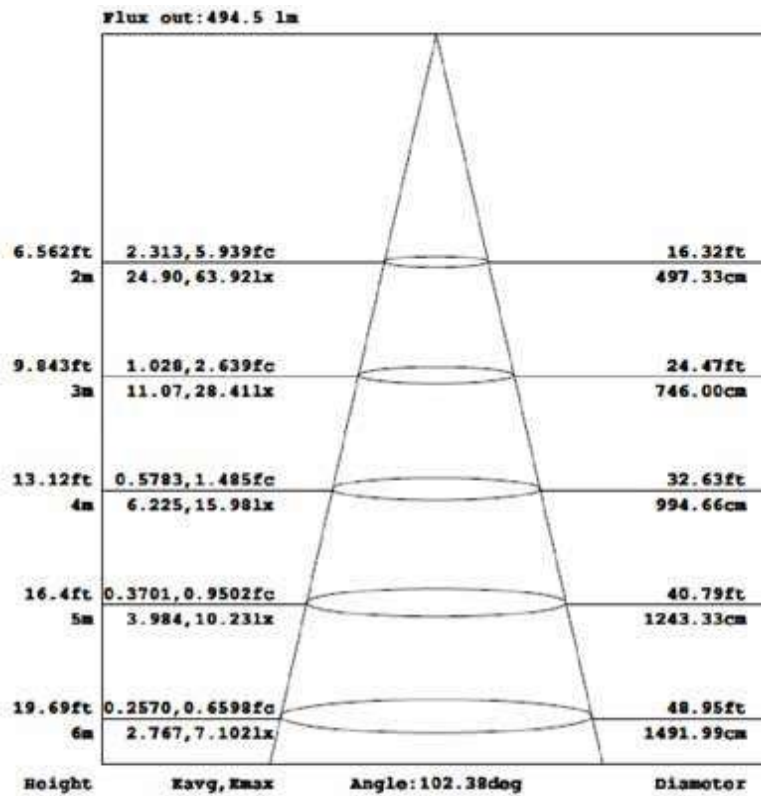


Рис. 3.16. Середні значення освітленості на різних відстанях від світильника

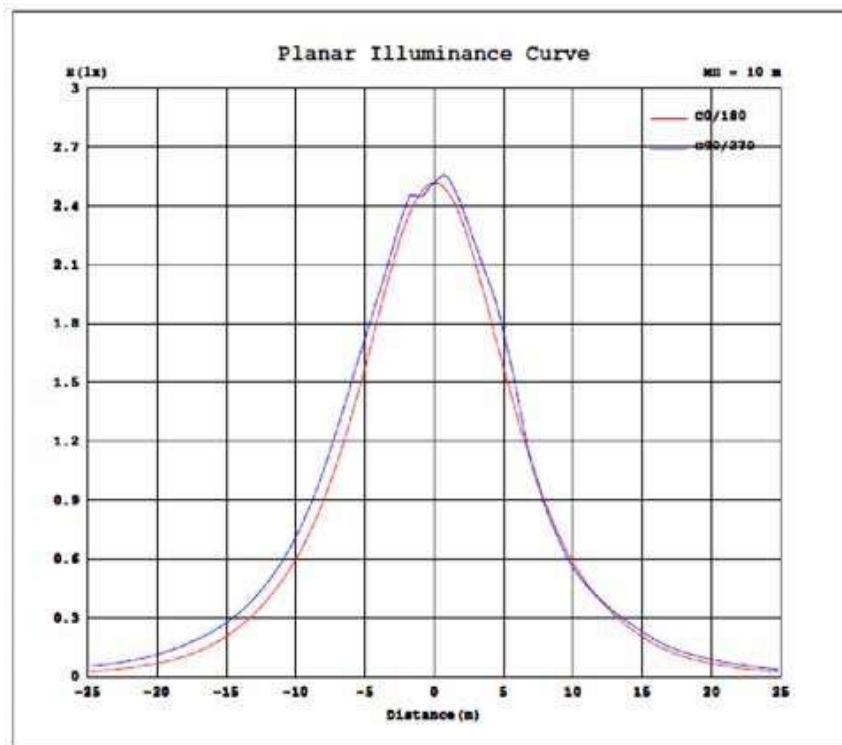


Рис. 3.17. Графіки залежності освітленості від відстані

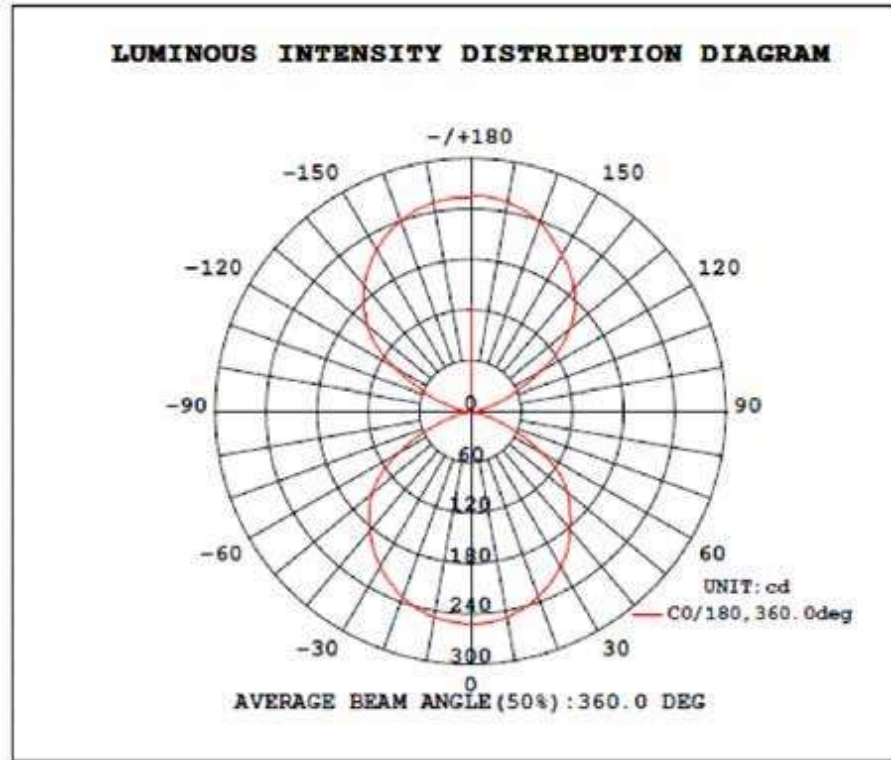


Рис. 3.18. Крива сили світла (КСС) у меридіональній площині

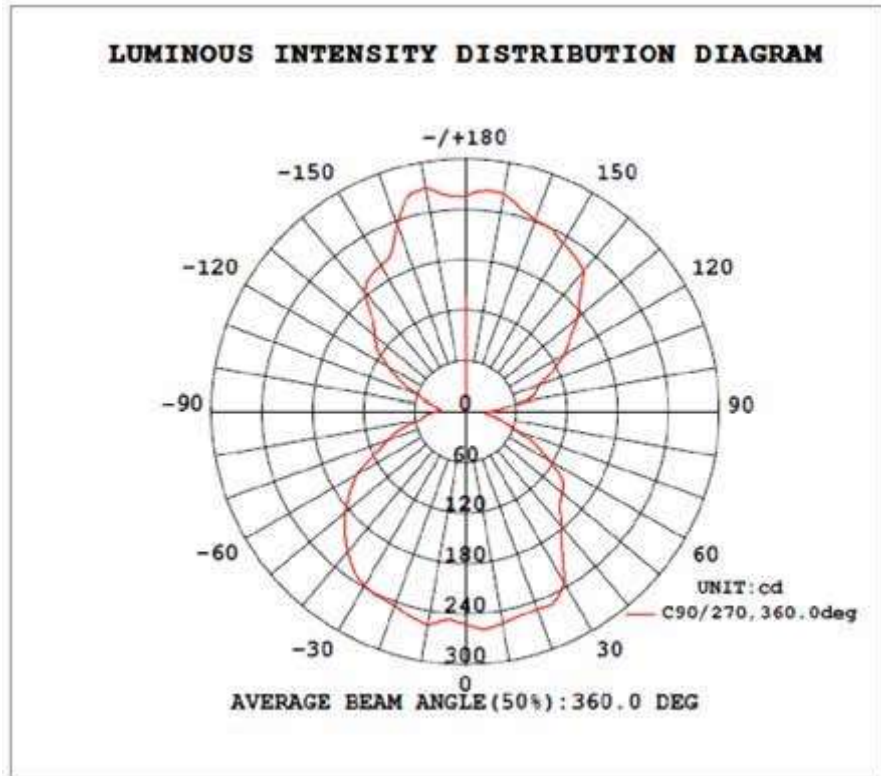


Рис. 3.19. Крива сили світла (КСС) в екваторіальній площині

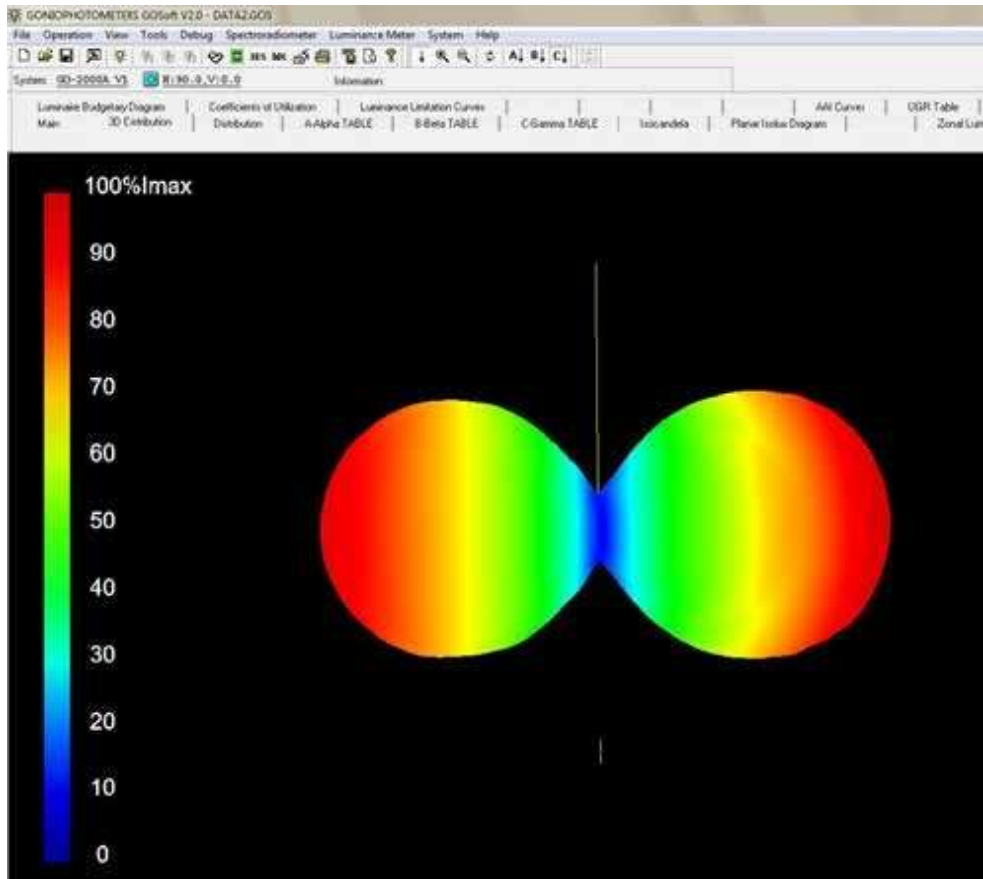


Рис. 3.20. Фотометричне тіло в меридіональній площині

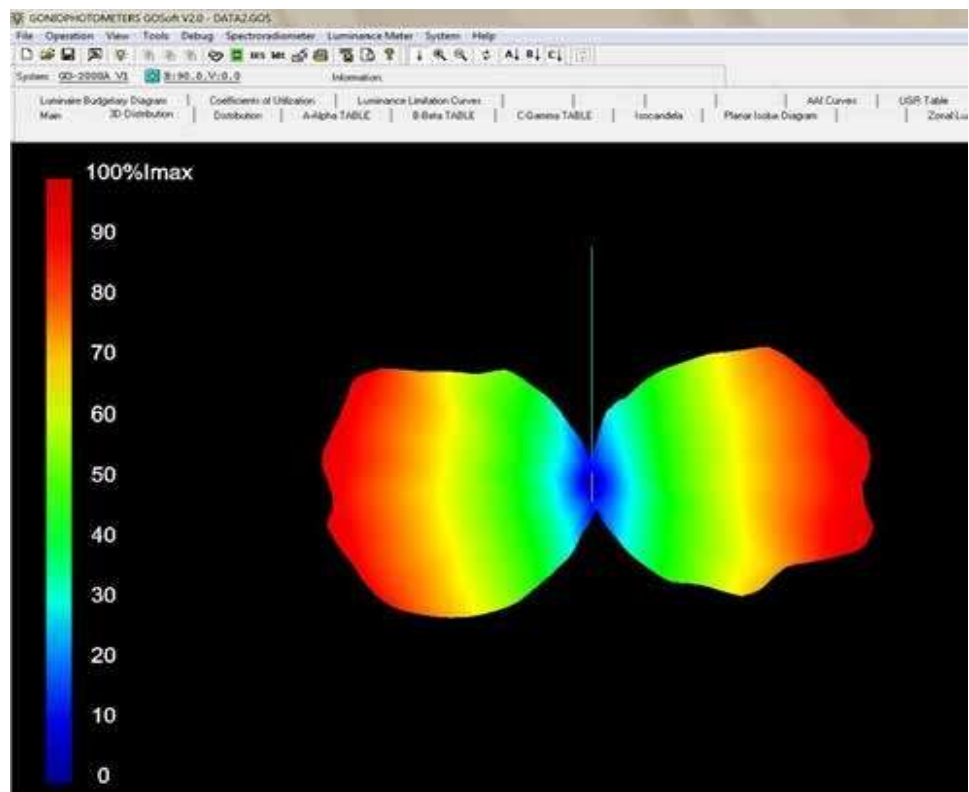


Рис. 3.21. Фотометричне тіло в екваторіальній площині

Електричні та світлотехнічні характеристики:

- Світловий потік світильника: 1557 лм
- Світлова віддача світильника: 49 лм/Вт
- Споживана потужність світильника: 32 Вт
- Максимальна сила світла світильника: 270 кд

3.5. Розробка системи інфрачервоного обігріву пташника

У країнах розвинуеного птахівництва поширюється використання систем випромінюваного обігріву птиці, до яких належать електро- й газові брудери. І якщо раніше вони використовувалися тільки для локального обігріву птиці, то тепер – як засоби загального обігріву пташника.

Ця система обігріву працює таким чином: інфрачервоне випромінювання поширюється прямолінійно. Зокрема, за повної відсутності речовини (у вакуумі), його швидкість сягає 300 тис. км/с. Коли на шляху інфрачервоного випромінювання трапляється об'єкт, частина випромінювання відбивається, а частина поглинається з перетворенням на теплову енергію.

За використання високоефективних інфрачервоних обігрівачів птиця у приміщенні буде зігріта, тоді як температура довкілля буде дещо нижчою.

У приміщеннях для вирощування птиці підлога вкрита соломною або тирсою, які добре поглинають випромінювання, бо вони є органічними й повертають тепло в атмосферу шляхом конвекції. В результаті температура повітря збільшується тільки завдяки такому побічному ефекту перетворення енергії в конвекційне тепло.

Електромагнітне випромінювання інфрачервоного діапазону меншою мірою нагріває повітря, більшою – діє безпосередньо на птицю. При цьому витрати на обігрів птиці зменшуються на 20-30% порівняно із застосуванням повітрянагрівачів.

Найчастіше застосовують газові інфрачервоні випромінювачі. Проте в багатьох випадках перспективним може бути застосування водяних

випромінювальних панелей. Воду для обігріву таких панелей отримують у водогрійних котлах, які можуть працювати на будь-якому паливі.

В ІФ-випромінювача Infra BAF Des на початку випромінюючої труби встановлено газовий пальник. Повітря для горіння подається за допомогою осьового вентилятора, який одночасно є дестратифікатором. Димові гази, проходячи по трубі, що випромінює, не викидаються назовні, а залишаються в приміщенні. Завдяки цьому досягається високий ККД, проте концентрація димових газів не виходить поза допустимі норми. Інфрачервоний випромінювач Infra BAF Des – це опалювальний прилад, який по суті є чимось середнім між газовою гарматою та інфрачервоним випромінювачем. Ця конструкція поєднала переваги двох типів нагріву – інфрачервоного та повітряного. 70 % тепла передається інфрачервоною складовою 30% тепла передається конвекційною складовою.



Рис 3.22. Конструкція газового інфрачервоного обігрівача

Випромінювач підвішується під стелею пташника і нагріває інфрачервоним випромінюванням підстилку та курчат. У той же час осьовий вентилятор у пальниковому блоці, подає повітря для горіння всередину випромінюючої труби і одночасно обдуває випромінювач, знімаючи додаткове конвекційне тепло з труби, що випромінює. Напрямок теплого повітря від вентилятора можна змінювати, щоб направляти тепле повітря або на стіни пташника, або на підстилку. Експлуатація даних нагрівачів на пташниках Вінницької птахофабрики показала наступні переваги: економія газу становить 24%,

порівняно з газовими гарматами; економія електроенергії становить 30%, порівняно з газовими гарматами.

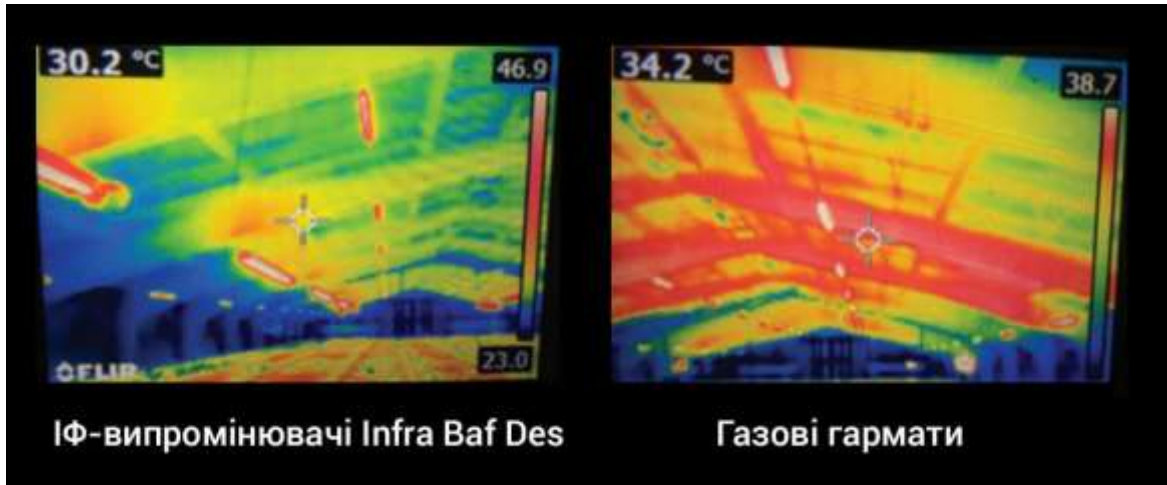


Рис 3.23. Візуалізація переваг інфрачервоних випромінювачів порівняно з газовими.

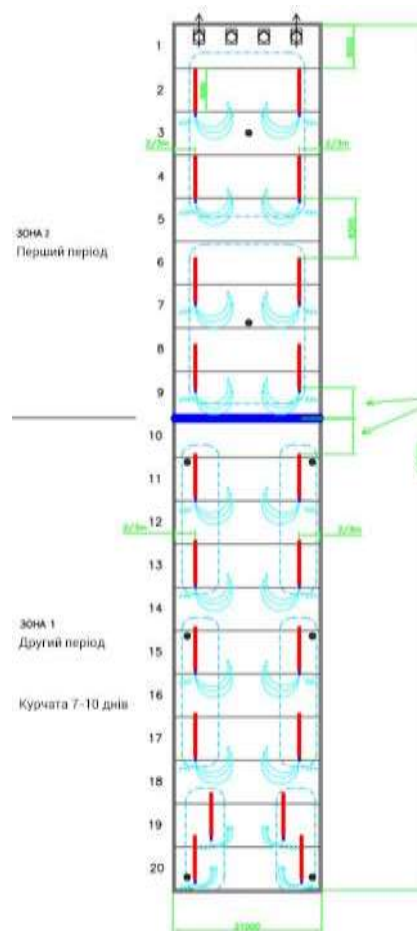


Рис 3.24. Схема розміщення інфрачервоних опромінювачів

РОЗДІЛ 4.

ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СВІТЛОВИМИ РЕЖИМАМИ В ПТАШНИКАХ

Економічна ефективність застосування пристрою автоматичного керування освітлювальними установками, та розробленого режиму роботи освітлювальних установок в пташниках по вирощуванню птиці на м'ясо визначалась з урахуванням “ Методики визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику” В якості бази порівняння прийняті технічні засоби та світлові режими, що застосовуються у типових пташниках. Вихідні дані отримані при виробничій перевірці.

Порівняння інвестиційних проектів і вибір кращого з них рекомендується здійснювати з використанням таких показників:

- чистий дисконтирований прибуток (ЧДП) або інтегральний ефект;
- індекс прибутковості (ІП);
- внутрішня норма прибутковості (ВНП);
- термін окупності.

Величину ЧДП при постійній нормі дисконту (E) визначаємо за формулою:

$$\text{ЧДП} = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t} - K, \quad (4.1)$$

де R_t – результати, які досягаються на кроці t ;

Z_t – витрати, які здійснюються на кроці t (без капітальних вкладень);

T – тривалість розрахункового періоду;

E – постійна норма дисконту;

K – капітальні вкладення.

Результати, що досягаються у будь якій період розраховуються за формулою:

$$R_t = R_e + R_n + R_k + R_l, \quad (4.2)$$

де R_e – вартість заощадженої електроенергії; R_n – вартість додатково отриманого м'яса курей; R_k – вартість заощадженого комбікорму; R_l – вартість заощаджених ламп розжарення.

Капітальні вкладення в даному випадку будуть тільки на першому етапі експлуатації і розраховуються за формулою:

$$K = B_{np} + B_{dp} + B_m, \quad (4.3)$$

де B_{np} – вартість пристрою;

B_{dp} – вартість проводу для додаткової проводки;

B_m – вартість монтажних робіт.

Норма дисконту приймається постійною і дорівнює $E = 0,2$.

Індекс прибутковості який є відношенням суми приведених ефектів до величини капітальних вкладень, розраховується за формулою:

$$III = \frac{1}{K} \cdot \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1 + E)^t}. \quad (4.4)$$

Індекс прибутковості тісно зв'язаний з ЧДП, якщо ЧДП позитивний, то $III > 1$ і навпаки. Якщо $III > 1$, проект ефективний, якщо $III < 1$ – неефективний.

Внутрішня норма прибутковості E_{BH} (ВНП) являє собою ту норму дисконту, при якій величина приведених ефектів дорівнює приведеним капітальним вкладенням. E_{BH} визначається розв'язанням рівняння:

$$\sum_{t=0}^T \frac{R_t - Z_t}{(1 + E_{BH})^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K}{(1 + E_{BH})^t}. \quad (4.5)$$

У випадку, коли ВНП дорівнює або більше потрібної інвестору норми прибутку на капітал, інвестиції в даний інвестиційний проект виправдані, і може розглядатися питання о його прийнятті. В протилежному разі інвестиції в даний проект недоцільні.

Термін окупності – мінімальний часовий інтервал (від початку здійснення проекту), за межами якого інтегральний ефект стає і в подальшому остається невід’ємним.

На рис. 4.5. та рис. 4.6. наведені зміни чистого дисконтированого прибутку та індексу прибутковості при різній тривалості розрахункового періоду з кроком експлуатації пристрою керування освітлювальними установками до періоду експлуатації 5 років.

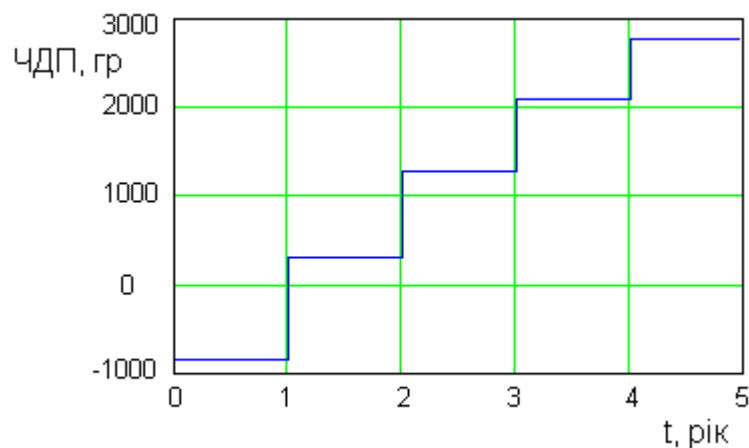


Рис. 4.5. Чистий дисконтний прибуток в залежності від тривалості розрахункового періоду

ЧДП реалізує поняття вартості грошей у часі.

З рис. 4.5. видно що на другому році ЧДП позитивний, що являється

показником ефективності проекту.

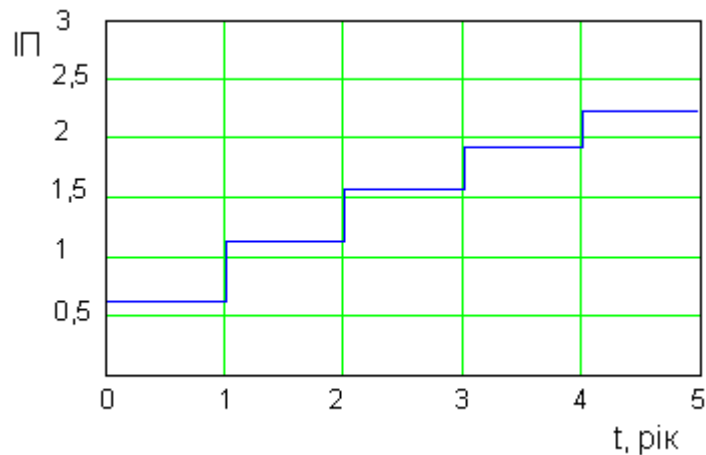


Рис. 4.6. Індекс прибутковості

На другому році експлуатації індекс прибутковості позитивний.

З наведених залежностей видно, що термін окупності становить два роки. Внутрішня норма прибутковості при терміну два роки дорівнює 0,29, що більше встановленої норми дисконту 0,2, тим самим показуючи, що інвестиції в даний інвестиційний проект виправдані.

Методика проектного аналізу передбачає оцінку інвестиційних ризиків. Для урахування факторів невизначеності і ризику при оцінці ефективності проекту використовується вся інформація про умови його реалізації, в тому числі і така, яка не виражена у формі будь яких вірогідних законів розподілу. До динамічних ризиків відносять такі, що виникають внаслідок непередбачуваних змін вартісних оцінок проекту, внаслідок первинних управлінських рішень і змін ринкових та політичних обставин, до статичних відносять ризики втрати майна внаслідок заподіяних збитків або незадовільної організації виконання проекту.

Для аналізу взяті найбільш важливі фактори при реалізації проекту за рахунок кредиту:

зміна рівня інфляції та дисконту;

зміна вартості електроенергії, кормів, ламп, одиниці продукції;

можливі відхилення у вихідних даних за результатами впровадження пристрою та режиму роботи освітлювальних установок.

Для визначення впливу факторів на ЧДП здійснюється аналіз чутливості доходу до змін зазначених факторів в межах $\pm 10\%$, при терміні реалізації проекту 2 роки. Результати почергової зміни факторів, у вказаних межах, представлені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5. Вплив факторів на чистий дисконтирований прибуток

№	Фактори	Величина ЧДП при зміні фактора		
		- 10 %	База	+ 10 %
1	Норма дисконту	364	301	240
2	Вартість електричної енергії	128	301	474
3	Вартість кормів	210	301	392
4	Вартість ламп	286	301	316
5	Вартість продукції	233	301	369
6	Кількість додатково отриманої продукції	233	301	369
7	Поточні витрати	392	301	209

Для аналізу ризику розглядаються вірогідні величини показників ефективності проекту, в даному випадку ЧДП. З урахуванням (4.1)...(4.3) прогнозована модель буде мати вигляд:

$$\text{ЧДП} = \sum_{t=0}^T (W_3 \cdot B_e + G_n \cdot B_n + G_k \cdot B_k + N_l \cdot B_l - 3_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} - K, \quad (4.6)$$

де W_3 – кількість заощадженої електроенергії; B_e – вартість 1 кВт·г електроенергії; G_n – вага додатково отриманого м'яса птиці; B_n – вартість 1 кг птиці; G_k – вага заощаджених кормів; B_k – вартість 1 кг

кормів; N_l – кількість заощаджених ламп; B_l – вартість однієї лампи.

Задавшись рівновірогідною зміною факторів в межах $\pm 20\%$ від базових значень і виконавши генерацію множини випадкових сценаріїв отримуємо гістограму розподілу чистого дисконтного доходу при 500 прогонах, яка наведена на рис. 4.7.

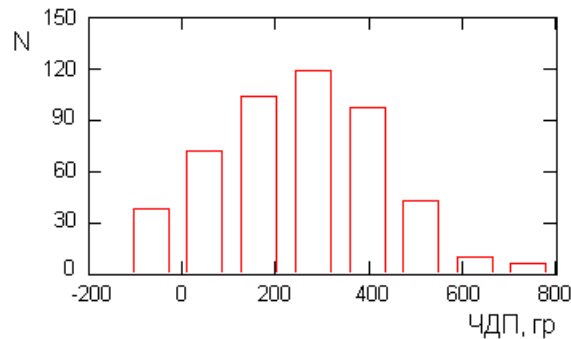


Рис. 4.7. Гістограма розподілу випадкових значень чистого дисконтного доходу; N – кількість прогонів

При прийнятих параметрах моделі коефіцієнт очікуваних втрат визначається за формулою:

$$K_B = \frac{B}{B + \Pi}, \quad (4.7)$$

де B – очікувані втрати (сума всіх від'ємних результатів, помножених на вірогідність їх утворення);

Π – очікувані прибутки (сума всіх позитивних результатів, помножених на вірогідність їх утворення).

Техніко економічні розрахунки показали, що застосування розробленого світлового режиму та пристрою керування освітлювальними установками дає додатковий ефект більше 200 тис. гривень у рік на 1 пташник.

Було визначено чистий дисконтний дохід, індекс доходності, внутрішня норма доходності, а також визначено ризик вкладання інвестицій.

При імовірності 0,95 коефіцієнт очікуваних утрат дорівнює $K_B = 2,4 \cdot 10^{-4}$, що дозволяє зробити висновок про незначний ризик, пов'язаний з застосуванням пристрою керування освітлювальними установками та запропонованого світлового режиму.

ВИСНОВКИ

Наразі світлодіодне освітлення активно вживається у сільському господарстві України, дозволяючи суттєво знизити витрати на електроенергію, краще використовувати енергетичний ресурс підприємств та підвищити завдяки цьому прибутковість виробництва, зокрема через збільшений термін служби.

Наслідки дослідження засвідчили, що впровадження світлодіодних систем освітлення у птахівництві є дієвим вибором з погляду енергозбереження, економічної вигоди та покращення умов утримання птиці.

Світлодіодні лампи помітно зменшують споживання електроенергії у зіставленні з традиційними джерелами світла, забезпечуючи при цьому оптимальний спектр освітлення, що позитивно відображається на рості, розвитку та продуктивності птиці.

Завдяки можливості автоматизувати систему освітлення, застосування таймерів та датчиків дає змогу досягти ще більшої ефективності у споживанні енергії та формуванні сприятливого мікроклімату.

Хоча початкові витрати на облаштування такої системи є вищими, їхня окупність забезпечується довговічністю ламп, мінімальними витратами на технічне обслуговування та значною економією електроенергії.

Важливим чинником є також екологічна безпека світлодіодних ламп, адже вони не містять шкідливих субстанцій і сприяють зменшенню викидів CO₂.

Отже, застосування світлодіодного освітлення у птахівництві є багатообіцяючим напрямком, що поєднує технологічні новації, економічну користь та екологічну безпеку.

Були проведені технічні обрахунки світлового потоку, кількості світильників, потужності та споживання електроенергії.

Встановлено, що впровадження LED-системи зменшує енергоспоживання у 2,2–2,5 рази порівняно з люмінесцентним освітленням, що забезпечує щорічну економію понад 1800 грн на кожному секторі приміщення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Світлодіодні технології в аграрному секторі: перспективи та досвід впровадження / За ред. М. П. Коваленка. – Львів: Політехніка, 2019.
2. Бондар М.В. Системи освітлення птахофабрик: стан та перспективи. Техніка і технології АПК, 2021
3. Гладков В. В. Енергозберігаючі технології в сільському господарстві. – Київ: Аграрна освіта, 2018.
4. Шеремет А.М., Коваль В.І. Енергозберігаючі технології в тваринництві. – Київ: Аграрна наука, 2018.
5. Литвиненко П. О., Кравченко І. В. Вплив світлодіодного освітлення на продуктивність птиці // Наукові записки аграрного університету. – 2021.
6. Івашкевич В. Л. Сучасні системи освітлення для тваринництва і птахівництва. – Харків: Техносфера, 2020.
7. Коваленко, С.Г. LED-технології в аграрному секторі // Вісник аграрної науки. – 2020. – №9.
8. Смирнов, Ю.Г. Світлодіоди та їх застосування. – Київ: Ліра-К, 2021.
9. Черненко, І.В. Енергоефективність в сільському господарстві. – Полтава: ПДАА, 2022.
10. Якименко, І.І., Ганжа, В.П. Електрообладнання тваринницьких ферм. – Київ: Вища освіта, 2020.
11. Козак, О.В. Вплив параметрів освітлення на продуктивність птахів // Наукові праці Уманського НУС. – 2019. – Вип. 95.
12. Пархоменко, Д.О. Порівняльний аналіз споживання енергії при використанні різних типів освітлювачів // Електротехнічні системи і комплекси. – 2021. – №3.
13. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018.
14. Archer, G.S. Exposing broiler chickens to LED lighting during incubation:

Effects on embryo development, stress, and fear // Poultry Science. – 2018.

15. Patton D., Smith J. The Role of LED Lighting in Sustainable Poultry Farming // Journal of Agricultural Engineering. – 2020. – Vol. 78. – P. 112-126.

16. Research Institute of Poultry Farming. Energy-efficient lighting systems in poultry production. – London: AgriTech Publishers, 2021.

17. Дяченко, В.І. Особливості використання світлодіодних ламп у тваринництві. Науковий вісник ЛНАУ, 2019

18. Іваненко П.О. Вплив світлового середовища на життєдіяльність птиці. Вісник Сумського НАУ, 2022.

19. Зінченко В.І., Марченко Л.М. Оптимізація світлового режиму при клітковому утриманні курей. Технології і техніка тваринництва, 2020.

20. Литвин Н.О. Удосконалення освітлювальних систем у фермерських господарствах. Вісник ХНАУ, 2021

21. Поліщук А.В. Світлодіодні технології в аграрному виробництві. Техніка АПК, 2020.

22. Чумак В.А. Пожежна безпека освітлювального обладнання на птахофабриках. Безпека життєдіяльності, 2022.

23. Тимошенко К.П. Нормування освітлення в тваринницьких приміщеннях. Державні будівельні норми України. Методичні рекомендації, 2020.

24. Яворський, І.В. Впровадження LED-систем у птахівництві: переваги та виклики. Інженерія сільськогосподарського виробництва, 2021

25. Гордієнко Л.С. Системи освітлення у птахівничих комплексах: досвід та новації. Агроінженерія, 2019

26. Петренко В.Б. Вплив освітлення на поведінку курей-несучок у кліткових батареях. Птахівництво. 2022.

27. Шаповал, Р.О. Економічна ефективність використання LED-ламп у птахівничих господарствах. Економіка АПК, 2020.