

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ПТАХОФЕРМИ**

Виконав студент VI курсу, групи ЕММ-61
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Стецюк В.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Коваль В.П.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Вакуленко О.О.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Тарасенко М.Г.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить пояснювальну записку та графічну частину. Пояснювальна записка має 74 сторінки, аркушів презентації, 44 ілюстрації, 2 таблиці та 17 використаних першоджерел.

Об'єкт дослідження – процеси передачі електричної енергії та перетворення її у світлову.

Предмет дослідження – система освітлення приміщень птахоферми на основі світлодіодів і резонансної системи живлення джерел світла.

Метою кваліфікаційної роботи є: обґрунтування параметрів і розробка системи освітлення приміщень птахоферми на основі світлодіодів і резонансної системою живлення джерел світла, що дозволяє знизити витрати електроенергії а також підвищити несучість птиці.

У роботі: розглянуто аналіз існуючих систем освітлення приміщень для вирощування птиці та обґрунтувати актуальність і практичну значимість розробки системи освітлення на основі світлодіодів з резонансним джерелом живлення; обґрунтовано конструктивно-технологічні параметри системи освітлення птахівницьких приміщень; удосконалено математичну модель для розрахунку теплових режимів роботи світлодіодів в світильниках для оцінки терміну служби.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, СВТЛОДІОДИ, СВІТИЛЬНИКИ

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Загальні відомості про системи освітлення птахоферм.....	9
1.2 Аналіз існуючих джерел штучного освітлення птахівницьких приміщень	11
1.3 Резонансна система освітлення	12
1.4 Тепловий режим роботи світильників на основі світло діодів.....	16
1.4 Висновки до розділу	17
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	19
2.1 Система світлодіодного освітлення птахоферми з резонансною системою електроживлення.....	19
2.2 Обґрунтування параметрів резонансного передавального трансформатора	21
2.3 Обґрунтування параметрів резонансного перетворювача напруги для живлення світлодіодних світильників.....	23
2.4 Блок управління системою освітлення	28
2.5 Висновки до розділу	30
3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	31
3.1 Тепловий розрахунок світильника на основі світлодіодів	31
3.2 Теплова модель світлодіодного світильника в програмному комплексі ANSYS.....	45
3.2.1 Вихідні дані	45
3.2.2 Результати розрахунків	46
3.3 Розробка конструкції енергозберігаючих світильників на основі світло діодів	58
3.4 Висновки до розділу	62

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	
4.1 Особливості електротравматизму, електричний струм як чинник небезпеки	64
4.2 Можливість виникнення статичної електрики та заходи боротьби з нею.....	65
4.3 Підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики у воєнний час	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	73

ВСТУП

Актуальність теми. Для правильного вирощування птиці важливу роль відіграє освітлення, оскільки від нього залежить комфортність і продуктивність стада. Оптимальність розвитку залежить не тільки від рівня освітленості і тривалості світлового дня, але і від спектру штучного джерела світла.

При правильно підібраних характеристиках джерела світла зменшується термін статевого дозрівання, витрати на корм і споживання електроенергії і збільшується несучість, розмір і маса яєць і збереженість поголів'я.

Роль освітлення при вирощуванні курей часто недооцінюють, незважаючи на те, що ще кілька десятиліть тому була доведена ефективність введення науково обґрунтованих режимів освітлення.

Освітлення птиці має особливість, пов'язану з необхідністю плавного включення-виключення штучних джерел світла, через те що птах може лякатися різких перепадів освітленості і в разі утримання великого поголів'я на невеликій площі збільшується травматизм птахів.

Традиційні системи освітлення птахівницьких приміщень виконуються у вигляді закритих світильників з лампами розжарювання 60-100 Вт. Основні недоліки даних систем - низький термін служби ламп розжарювання - приблизно 1000 годин роботи, підвищене споживання електроенергії, залежність світловіддачі від рівня напруги в мережі живлення, а також її якості. Розвитком цієї системи освітлення є проста заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі люмінесцентні лампи, при цьому основним плюсом даної заміни є істотна економія електроенергії - до 30 % -40 %. Недоліками даної заміни є неможливість регулювання освітленості, залежність світловіддачі від різних факторів (часу роботи, температури приміщення, і т.д.), ефекти мерехтіння, пов'язані з неефективними ПРА. Удосконалення люмінесцентних ламп, призвело до виникнення нових видів ПРА - електронних ПРА, застосування яких дозволяє знизити величину пускових струмів до 1,3 разів, і знизити ефект мерехтіння від люмінесцентних ламп. Найбільшою перевагою

електронних ПРА є можливість регулювання освітленості люмінесцентної лампи в межах від 60 % до 100 %, при цьому використовуються спеціальні системи управління. Освітлювальні установки, як правило, розташовуються навпроти верхнього ярусу клітин, внаслідок чого різниця освітленості верхнього і нижнього ярусу досягає 5 разів.

Дослідження, проведені в інституті птахівництва показали, що застосування енергозберігаючих люмінесцентних ламп чинить негативний вплив на птицю, і до того-ж, управління рівнем освітленості у таких ламп має великі складнощі.

У зв'язку з цим виникають наукові та практичні завдання з розробки технічних засобів на базі сучасних світлодіодів для застосування в птахівничих приміщеннях. Розробка технічних засобів для системи освітлення птахівницьких приміщень потребують наукового обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів світильників, системи живлення, а також системи і управління.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є: обґрунтування параметрів і розробка системи освітлення приміщень птахоферми на основі світлодіодів і резонансної системою живлення джерел світла, що дозволяє знизити витрати електроенергії а також підвищити несучість птиці.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих систем освітлення приміщень для вирощування птиці та обґрунтувати актуальність і практичну значимість розробки системи освітлення на основі світлодіодів з резонансним джерелом живлення;
- удосконалити математичну модель для розрахунку теплових режимів роботи світлодіодів в світильниках для оцінки терміну служби;
- обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри системи освітлення птахівницьких приміщень.

Об'єкт дослідження – процеси передачі електричної енергії та перетворення її у світлову.

Предмет дослідження – система освітлення приміщень птахоферми на основі світлодіодів і резонансної системи живлення джерел світла.

Наукова новизна отриманих результатів.

- запропоновано резонансну систему електроживлення світлодіодних світильників для освітлення приміщень з підлоговим вирощуванням птиці.
- доопрацьовано математичну модель теплового режиму роботи світлодіодів в світильниках на основі рівнянь Нав'є-Стокса.

Практичне значення отриманих результатів

- розроблена методика теплового розрахунку для оцінки терміну служби світлодіодів в світильниках.
- розроблені технічні засоби для системи освітлення птахівницьких приміщень на основі світло діодів.

Апробація. Результати досліджень за темою кваліфікаційної роботи були представлені на ІХ Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2021 року. ТНТУ [1]

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (17 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 74 сторінки, 2 таблиці, 44 рисунки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальні відомості про системи освітлення птахоферм

При недостатньому освітленні птахоферм важко розраховувати на оптимальну продуктивність птиці всіх порід, що особливо проявляється в зимовий період. Згідно з існуючими нормативними документами оптимальними умовами для утримання птиці є освітленість 10 ... 50 лк залежно від породи птиці протягом 14 ... 24 годинного денного періоду [2]. Практично доведено, що хороше освітлення, включаючи оптимальне управління світлом, може підвищити кількість яєць і прирости.



Рисунок 1.1 - Птахоферма з покриттям триманням птиці і штучним освітленням

Не можна недооцінювати величезний вплив світла на здоров'я, плодючість, обмін речовин і продуктивність птиці, що підтверджується дослідженнями проведеними в багатьох країнах (Німеччині, Канаді, США, Великобританії, Італії, Данії, Ізраїлі). Доведено, що визначальною величиною

впливу світла на організм птиці освітленість, яка повинна біля поїлок і годівниць не менше 10 лк.

Автоматичне регулювання тривалості світлового дня можливо здійснити за допомогою електронних пристроїв за рахунок включення штучного освітлення в ранкові та вечірні години, що може принести підприємству додаткові виробничо-економічні переваги.

На сьогоднішній день механізми впливу освітлення на курей досить добре вивчені. Основні параметри освітлення, що впливають на життєдіяльність курей - це освітленість, спектр випромінювання освітлювачів, тривалість світлового дня і її зміна.

Режими освітлення в приміщеннях можуть бути як циклічні, так і переривчасті. Але при цьому велике значення має функція плавного включення і виключення світла - «Схід-захід», так як при різкій зміні рівня освітлення птах може лякатися, а при великій кількості голів у відсіку збільшується травматизм і загибелі птиці.

Освітлення в птахофермі грає важливу роль при вирощуванні курей всіх напрямків і дозволяє управляти процесами фізіологічного розвитку птиці, забезпечити більш комфортні умови її змісту і домогтися істотного зростання практично всіх показників продуктивності стада. Правильно організована система освітлення спільно з правильно спроектованої програмою освітлення дозволяє впливати на вік статевого дозрівання, забезпечити оптимальний режим розвитку птиці, збільшити несучість, тривалість періоду яйцекладки, розмір яєць і їх масу, міцність шкаралупи, заплідненість, знизити бій яєць. А також збільшити виживаність молодняка, знизити витрати кормів і поліпшити їх засвоюваність.

За останніми даними, світлочутлива фаза для курей настає через 11 годин після першого включення світла («світанку») і триває 5 годин.

Дослідження показали, що колір освітлення також впливає на поведінку, ріст і відтворення птиці. Кури сприймають світло як через сітківку ока, так і через фоточутливі клітини мозку. Оскільки довгохвильова (червона) частину

світлового спектру краще проникає крізь шкіру і кістки черепа, ніж короткохвильова, було встановлено, що зростання і поведінку пов'язані з рецепторами сітківки, а репродуктивні функції пов'язані з фоточутливими клітинами мозку. Спостереження показали, що синє світло діє на птицю заспокійливо. Синьо-зелене світло стимулює зростання курчат, тоді як червоно-помаранчевий стимулює репродуктивні функції. Червоне світло використовується для зниження канібалізму і розкльовування пір'я. Однак спостереження показали, що червоні лампи знижують тривалість кладки яєць [3].

1.2 Аналіз існуючих джерел штучного освітлення птахівницьких приміщень

Традиційні системи освітлення птахівницьких приміщень виконуються наступним чином. Як правило, це закриті світильники з лампами розжарювання 60-100 Вт. Основні недоліки даних систем це низька світловіддача (до 10 лм / Вт), низький термін служби ламп розжарювання - приблизно 1000 годин роботи, через що повна заміна ламп здійснюється кожні три місяці. Освітлювальні установки, як правило, розташовуються навпроти верхнього ярусу клітин, внаслідок чого різниця освітленості верхнього і нижнього ярусу досягає 5 разів. Переваги даних систем це те що світло яке випромінюється лампами розжарювання по спектральному складу значно ближче до природного, ніж світло, що випромінюється люмінесцентними лампами.

Розвитком цієї системи освітлення є проста заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі люмінесцентні лампи, при цьому основним плюсом даної заміни є істотна економія електроенергії-до 30 % -40 %.

Поява потужних світлодіодів зі стабільними характеристиками останнім часом визначило новий шлях розвитку системи освітлення. Розвитком світлодіодних систем освітлення стала поява лінійних і локальних джерел світла, для рівномірної освітленості як при клітковому, так і при підлоговому

утриманні птахів. Існуюча схема управління світлодіодним освітленням можлива тільки із застосуванням ШІМ регулятора. Управління рівнем світності світильників на основі широтно- імпульсної модуляції дозволяє на відміну від тиристорних схем ефективно знижувати споживання електроенергії при малих рівнях освітленості.

Основним недоліком даної системи є велика кількість регуляторів, необхідних для освітлення пташника, а також наявністю великої кількості проводів для живлення та управління освітленістю, що в кінцевому підсумку призводить до ускладнення схеми освітлення і складністю пошуку несправного вузла.

Найбільш близькими до світлодіодних ламп є металогалогенні лампи. Основними перевагами цих ламп, в порівнянні з лампами розжарювання, є: збільшена в три-чотири рази світлова віддача (до 85 лм / Вт), схожий зі спектром денного світла спектр оптичного випромінювання з колірною температурою от 3000 до 6500 К, а також збільшена яскравість, завдяки чому ці лампи можна назвати майже ідеальними джерелами концентрованого пучка світла. Крім цього індекс передачі кольору металогалогенних ламп становить від 80 до 95, що практично відповідає максимально можливої "природною" передачі кольорів освітлюваного об'єкта (100).

Однак у цих ламп є недоліки в порівнянні зі світлодіодними, найважливіший з яких термін служби (до 10 тис. годин), висока робоча температура, ультрафіолетове випромінювання в спектрі, небезпека розтріскування колби при завершенні терміну служби, а також для них рекомендується циклічний режим роботи. З цих причин ці лампи для освітлення птахівницьких приміщень не застосовуються.

1.3 Резонансна система освітлення

Світлодіоди є низьковольтними джерелами світла з напругою живлення 1,5 ... 3,5 В, і до того ж у будь-якого світлодіода є сильна залежність струму від

напруги [4]. У найпростішому варіанті світлодіоди включаються ланцюжками через обмежувачі опору (рис.1.2).

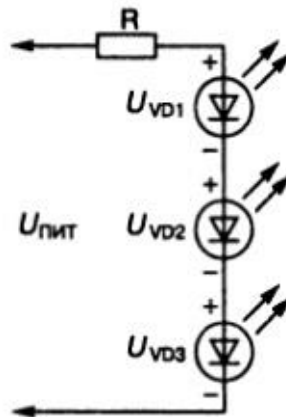


Рисунок 1.2 - Послідовне підключення світлодіодів

При конструюванні систем освітлення промислових пташників з'являються протяжні (на всю довжину пташника - до 300 метрів [5]) лінії постійного струму напругою 24 В і лінії управління величиною освітленості світлодіодних світильників. При цьому, для зменшення втрат напруги, доводиться застосовувати кабелі з великим перетином (до 25 мм²). Експлуатація даних систем показує, що, незважаючи на всі зусилля, є суттєва відмінність в світловіддачі перших і останніх від джерела живлення світильників.

У зв'язку з цим виникає необхідність пошуку іншого рішення з можливістю плавного регулювання освітлення. Одним з варіантів такого рішення може стати резонансна система живлення точкових світлодіодних світильників.

Резонансна система живлення освітлення відрізняється від стандартних систем електроживлення тим, що на початку лінії встановлюється перетворювач напруги, налаштований на резонансну частоту лінії електропередачі. Це дозволяє передавати електричну енергію на великі відстані в порівнянні з мережами з частотою 50 Гц. У кожному світильнику встановлюється зворотний перетворювач з необхідною вихідною напругою.

Резонансна система електроосвітлення містить джерело живлення (1),

перетворювач частоти (2), резонансний трансформатор (3,4), електричну лінію (6) і світлодіодні світильники 8. У передавальному перетворювачі, перетворювач частоти поєднаний з резонансним трансформатором або послідовним резонансним контуром, вихід якого з'єднаний з резонансною лінією електропередачі (рис.1.3) [6].

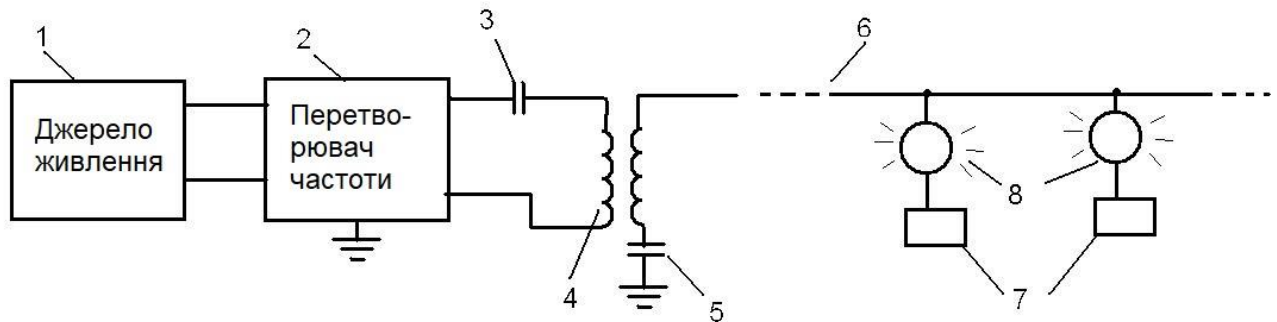


Рисунок 1.3 - Блок-схема системи освітлення зі світильниками на люмінесцентних лампах

Як джерела електричної енергії можуть бути використані, як стаціонарні електричні мережі, так і автономні електростанції, що використовують місцеве паливо і поновлювані джерела енергії.

Резонансна система електроосвітлення працює наступним чином [7]. Напруга мережі або будь-якого іншого джерела електричної енергії з напругою 2-600 В (1), що підводиться до інвертора (2), перетворюється в напругу високої частоти, і подається на резонансний трансформатор Тесла (4), з високовольтного виводу якого знімається високовольтна, високочастотна напруга і подається на резонансну лінію електропередачі (6). Другий вивід трансформатора через конденсатор (5) з'єднується з землею. Світильники (8) приєднані паралельно, одним виводом до високовольтної лінії, другий вивід кожного світильника з'єднаний з природною ємністю (7) у вигляді ізолюваного провідного тіла. Світильники складаються з зворотного перетворювача, лампи і власною ізолюваною ємністю.

Електромагнітна енергія у вигляді потоку хвиль струму і напруги переміщується від виводу з високим потенціалом через світильники до природної ємності (7) з більш низьким потенціалом. За рахунок різниці

потенціалів через лампу протікає електричний струм, який викликає світіння.

Рівень освітленості регулюється зміною частоти, при цьому при відбудовуванні її від резонансної, зменшується передана потужність.

Перетворювач напруги (рис. 1.4) складається з випрямляча [7], джерела живлення на 9 В, потужного регульованого задаючого джерела живлення на напругу 10 ... 20 В, попереднього підсилювача і високочастотного підсилювача потужності підключеного до резонансного трансформатора.

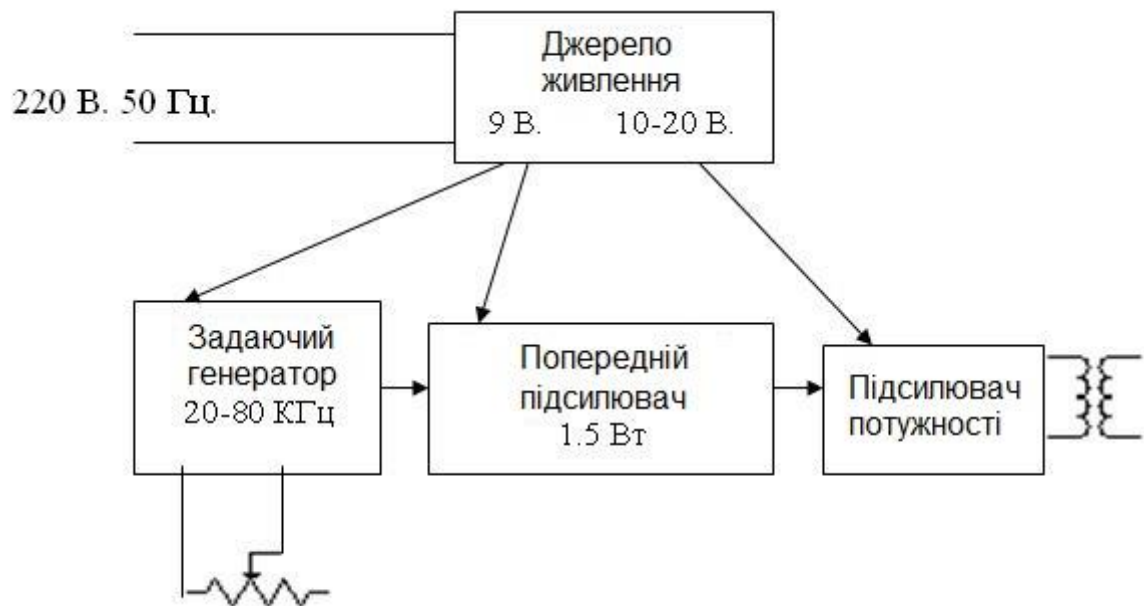


Рисунок 1.4 - Електрична схема резонансного перетворювача напруги

Експериментально підтверджено, що світлодіодні світильники можуть працювати при живленні від однопровідної лінії, використовуючи додатні і відємні напівхвилі реактивного струму.

На рис.1.5 представлена схема живлення світлодіодного світильника від сонячної батареї в резонансному режимі. Електрична енергія від сонячної батареї 1 через діод 2 або від акумулятора 3 з контролером заряду 4 подається на вхід перетворювача 5, а потім через резонансні конденсатори 16 на низьковольтну обмотку 6 підвищуючого високочастотного резонансного трансформатора 7. Діод 2 перешкоджає розряду акумулятора 3. Низькопотенційний вивід 14 високовольтної обмотки 8 через роздільний конденсатор 17 з'єднані з землею. Високовольтна обмотка 8 високочастотного

резонансного трансформатора 7 своїм високовольтним виводом 9 з'єднана з однопровідною лінією 10 зі світильниками 11, які мають природну ємність 15. Завдяки цьому здійснюється подача електричної енергії до світильників і їх робота.

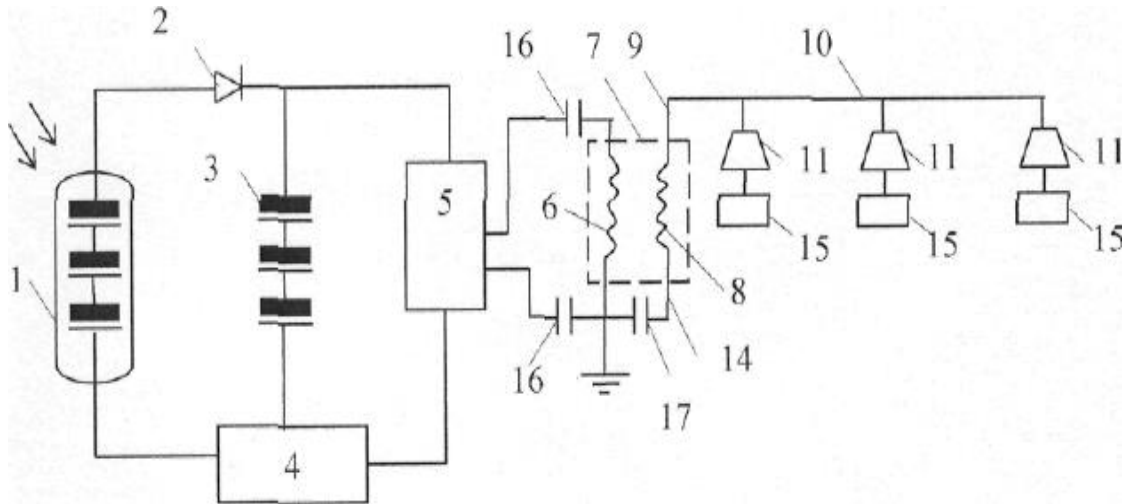


Рисунок 1.5 - Загальна схема підключення світильників до однопровідною лінії

1.4 Тепловий режим роботи світильників на основі світлодіодів

На даний момент, найбільш ефективними джерелами світла є освітлювальні прилади на основі світлодіодів.

Сучасні виробники постійно удосконалюють процес виробництва світлодіодів, застосовуючи новітні технології та покращуючи їх характеристики.

Основним фактором, що впливає на термін служби світлодіода, є температура кристала світлодіода при його роботі [8]. На графіках рис.1.6 наведено залежності терміну служби світлодіода в залежності від температури кристала при двох значеннях струму через світлодіод. Аналіз зазначених графіків показує, що зміна струму через кристал, в два рази призводить до незначного (менше 15 %) зниження терміну служби світлодіода. Найбільший вплив на термін служби світлодіода чинить робоча температура кристалу світлодіода. Основним фактором, що впливає на термін служби світлодіодного

світильника, є грамотно спроектована система охолодження світлодіодів.

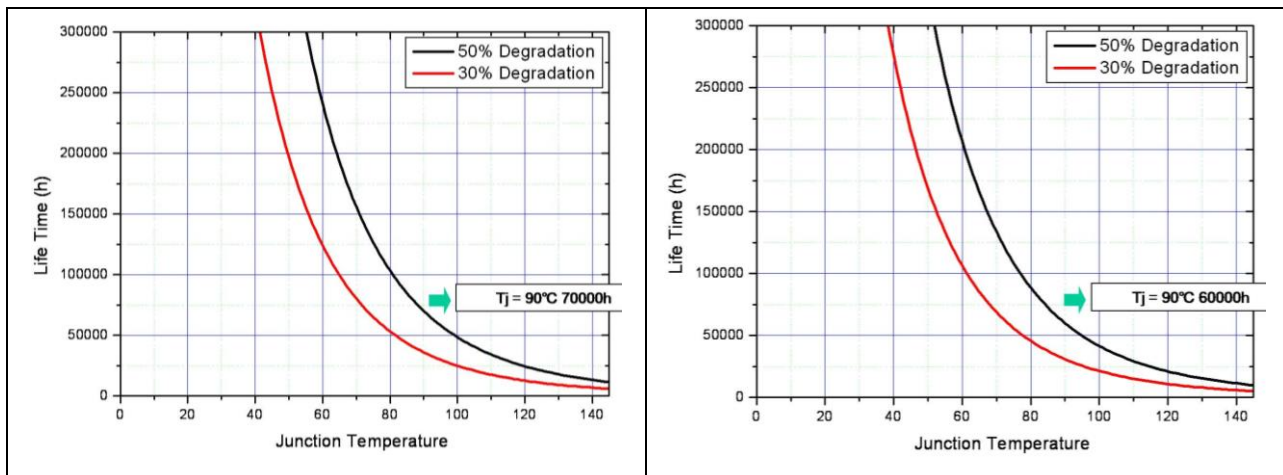


Рисунок 1.6 - Залежність терміну служби світлодіодів CREE з робочим струмом 350 мА і 700 мА від температури кристала

Дослідження показують, що термін служби світлодіодного світильника залежить від температури кристала (p-n переходу) і при температурі кристала + 70 °C може становити 50000 годин при падінні світлового потоку на 30 % і 100000 годин при температурі не більше + 55 °C.

Для збільшення терміну служби, в світильниках необхідно розрахувати систему охолодження світлодіодів таким чином, щоб максимальна температура кристалів світлодіодів не перевищувала +70 °C.

1.4 Висновки до розділу

1. Аналітичний огляд показав, що в даний момент не існує єдиної технології вирощування птиці. Режими вирощування відрізняються не тільки між різними господарствами, а й між різними породами. Тому система штучного освітлення повинна бути якомога більш універсальною.

2. Аналіз існуючих досліджень показали, що застосування енергозберігаючих люмінесцентних ламп робить зниження несучості, і до того ж, управління рівнем освітленості у таких ламп має великі складнощі.

3. Найбільш перспективним джерелом освітлення птахівницьких приміщень є широкосмугові світлодіодні світильники з системою включення «Схід-захід» і резонансною системою живлення світильників, що знижує капітальні витрати.

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Система світлодіодного освітлення птахоферми з резонансною системою електроживлення

Найкращим джерелом штучного освітлення можуть стати світлодіодні світильники білого кольору світіння з безперервним спектром. З рівнем освітленості на рівні підлоги до 50 лк. При цьому повинна бути функція зменшувати рівень освітленості до 4 лк, а також можливість плавного включення-виключення «Схід-захід». Система електроживлення світильників повинна бути якомога економічнішою з точки зору матеріаломісткості та капітальними витратами [9].

За оцінкою компанії PHILLIPS, при установці низьковольтного джерела живлення на деякій відстані від світильника або групи світильників, втрати електроенергії можуть становити до 38 %. При установці джерела живлення світлодіодів всередині світильника втрати зменшуються до 10 %, але при цьому зростає вартість, через велику кількість джерел живлення і виникає складність в управлінні яскравістю всіх світильників.

Для електричного освітлення тваринницьких і птахівничих приміщень з підлоговим утриманням нами розроблено електрообладнання на основі світлодіодних світильників. До складу цього обладнання входять світлодіодні світильники потужністю 1 ... 6,5 Вт, передаючий резонансний перетворювач напруги потужністю до 1,5 кВт і блок управління (таймер) для включення - виключення світильників за заданою програмою і плавним управлінням генератором частоти (рис.2.1).

Рівень освітленості регулюється зміною частоти, при цьому при відмінності її від резонансної зменшується передана потужність (рис.2.2). Перетворювач напруги з резонансним трансформатором, блок управління і автоматичні вимикачі встановлюються в щиті. Для електричної безпеки лінії електропередачі між перетворювачем напруги і світильниками виготовляються

на основі екранованого кабелю РК. ККД такої схеми живлення світильників може становити 90 ... 95 %.

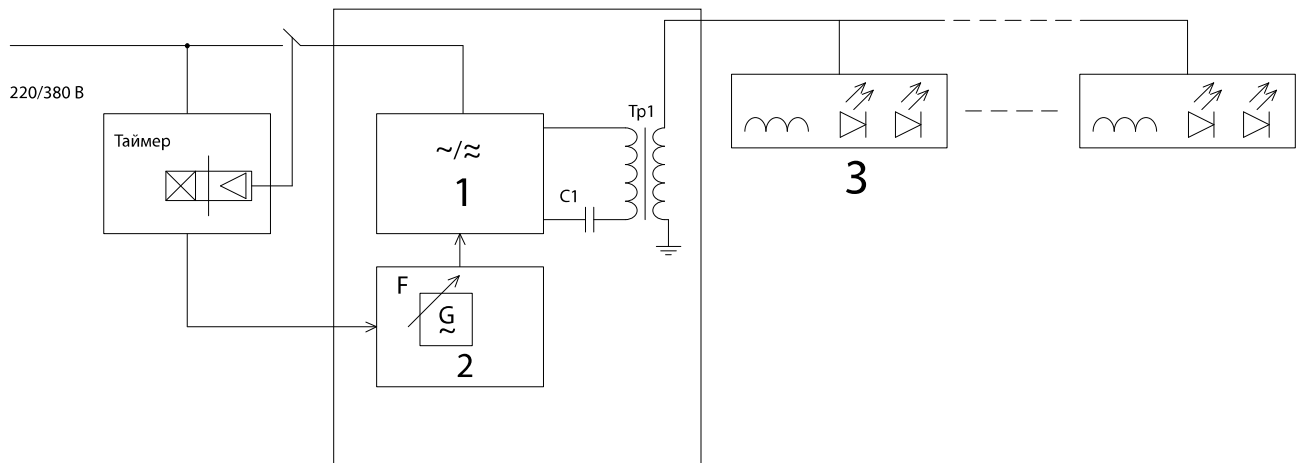


Рисунок 2.1 Функціональна схема резонансної системи освітлення

1 – перетворювач частоти;

2 – генератор частоти;

3 - світильники

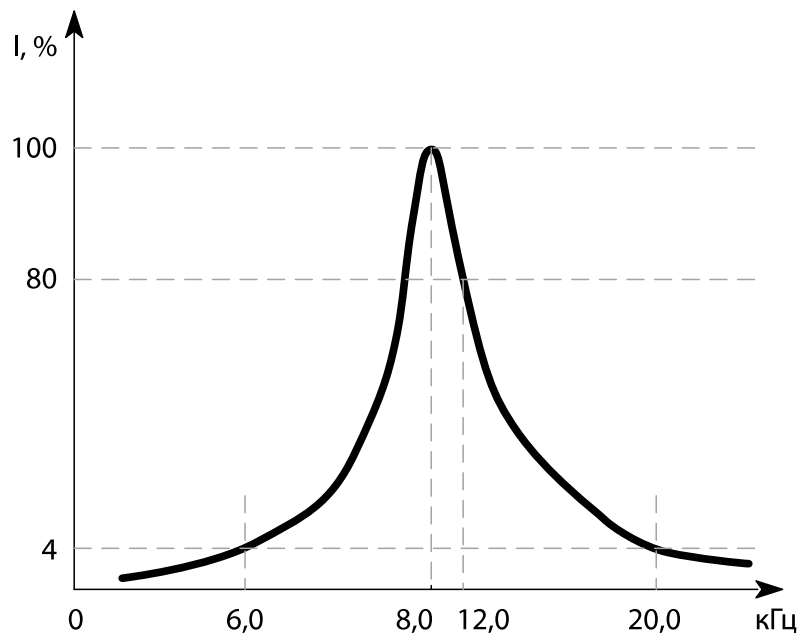


Рисунок 2.2 Залежність струму світильника від зміни резонансної частоти, регулювання освітленості, залежність струму світильника від напруги лінії електропередачі

2.2 Обґрунтування параметрів резонансного передавального трансформатора

Одним з основних елементів резонансної передачі електроенергії є резонансний підвищуючий трансформатор.

Запропонований в даній роботі резонансний підвищуючий трансформатор заснований на ідеях Н.Тесла, які отримали свій подальший розвиток на основі сучасних досягнень науки і техніки.

Резонансний трансформатор являє собою LC - контур (рис.2.1), в якому котушка індуктивності має дві обмотки, первинна призначена для отримання високої напруги підвищеної частоти з низької напруги а вторинна для гальванічної розв'язки перетворювача напруги і світильників.

Резонансний підвищувальний трансформатор призначений для отримання високої напруги підвищеної частоти з низької напруги і гальванічної розв'язки перетворювача напруги і електроспоживачів. При цьому у цього трансформатора спільно з батареєю конденсаторів є власна резонансна частота, що перевищує резонансну частоту всієї системи включає приймально-передавальне обладнання і лінію електропередачі.

За рахунок явища резонансу напруг і високої добротності LC контура в первинній обмотці вхідна напруга підвищується в кілька разів. При цьому, у даного трансформатора спільно з батареєю конденсаторів є власна резонансна частота, яка трохи перевищує резонансну частоту всієї системи, що включає приймально-передавальне обладнання і лінію електропередачі.

Для зменшення масо-габаритних розмірів конструкція резонансного трансформатора має феритовий сердечник. У первинній обмотці, за рахунок високої добротності LC контуру вхідна напруга підвищується в кілька разів. Вторинна обмотка служить для гальванічної розв'язки.

При підключенні лінії електропередачі резонансна частота трохи (до 15%) знижується, через збільшення ємності в LC контурі за рахунок лінії

електропередачі.

Трансформатор складається з пластикового каркасу, на якому намотані дві обмотки (рис.2.3). Вхідна обмотка намотана мідним дротом, що має перетин 10 мм^2 , вихідна обмотка намотана мідним дротом мають перетин 1 мм^2 . Між обмотками прокладена діелектрична ізоляція. Для магнітної зв'язку між обмотками в каркас вставлені П-подібні ферити.

Технічні характеристики.

Вхідна напруга - 125 В

Максимальна потужність 1500 Вт

Резонансна напруга - 950 В

Габаритні розміри - 160x140x60мм

Резонансна частота - 9.5 кГц

Маса - 1,5 кг

Ємність батареї конденсаторів - 0,2
мкФ

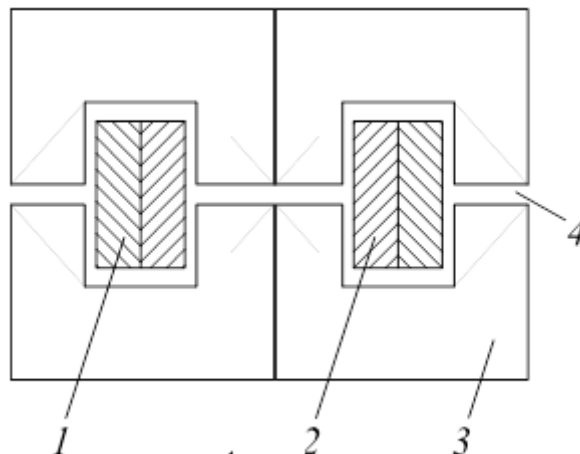


Рисунок 2.3 - Конструкція трансформатора: 1 - первинна обмотка
2 - вторинна обмотка 3 - ферити ПК-40x18, 4 - повітряний зазор 3 мм

Після виготовлення трансформатора, його необхідно перевірити за рядом параметрів. Методика перевірки має багато спільного з методикою перевірки силових трансформаторів [10].

Перелік випробувань:

1. Вимірювання опору ізоляції обмоток первинної та вторинної
2. Випробування підвищеною напругою трансформаторів напруги з

литою ізоляцією.

3. Вимірювання коефіцієнта трансформації.
4. Вимірювання опору обмоток постійним струмом.

2.3 Обґрунтування параметрів резонансного перетворювача напруги для живлення світлодіодних світильників

Сучасна техніка освітлення і опромінення потребує пошуку шляхів підвищення ефективності. Одним із способів підвищення ефективності є використання резонансних властивостей як джерел світла, систем живлення так і резонансних властивостей впливу на об'єкти.

Найбільш перспективним способом підвищення ефективності є вибір штучних джерел світла з більшою світловіддачею і застосування високочастотних резонансних електронних систем включення.

Оскільки резонансна система дозволяє живити N споживачів (світильників) від одного генератора, для цього достатньо до лінії приєднати N зворотних перетворювачів, які складаються з резонансного трансформатора і випрямляча.

Резонансна система електроосвітлення містить джерело живлення 1, перетворювач частоти 2, резонансний трансформатор 3, 4, резонансну лінію електропередач 6 і світлодіодні світильники 8 (рис. 2.4).

Як джерела електричної енергії можуть бути використані, як стаціонарні електричні мережі, так і автономні електростанції, що використовують місцеве паливо і поновлювані джерела енергії.

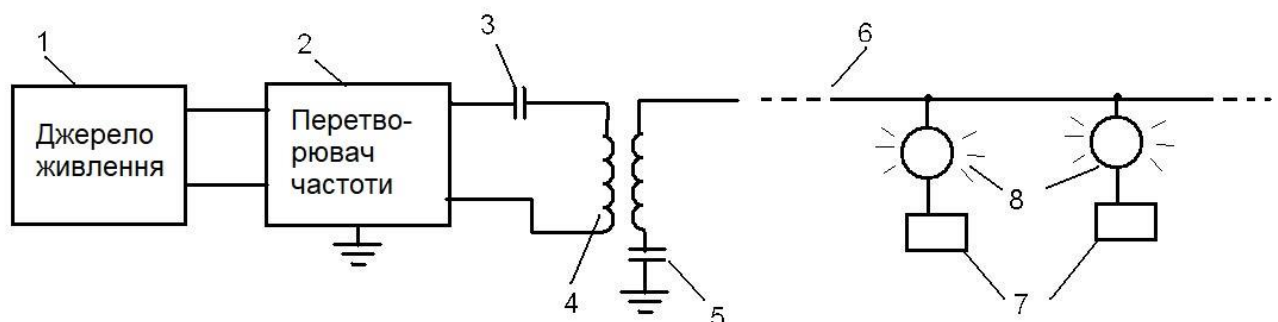


Рисунок 2.4 - Блок-схема системи освітлення

Резонансна система електроосвітлення працює наступним чином: напруга мережі або будь-якого іншого джерела електричної енергії з напругою 2-600 В 1, підводиться до перетворювача частоти 2, перетвориться в напругу високої частоти, і подається на резонансний трансформатор Тесла 4, Світильники 8 під'єднані паралельно, одним входом до високовольтної лінії, другий вхід кожного світильника з'єднаний з ємністю 7 у вигляді ізолюваного провідного тіла. Світильники складаються з зворотного перетворювача, лампи і власним ізолюваним ємності.

Світлодіодна регульована система (рис.2.5) освітлення птахоферми працює наступним чином:

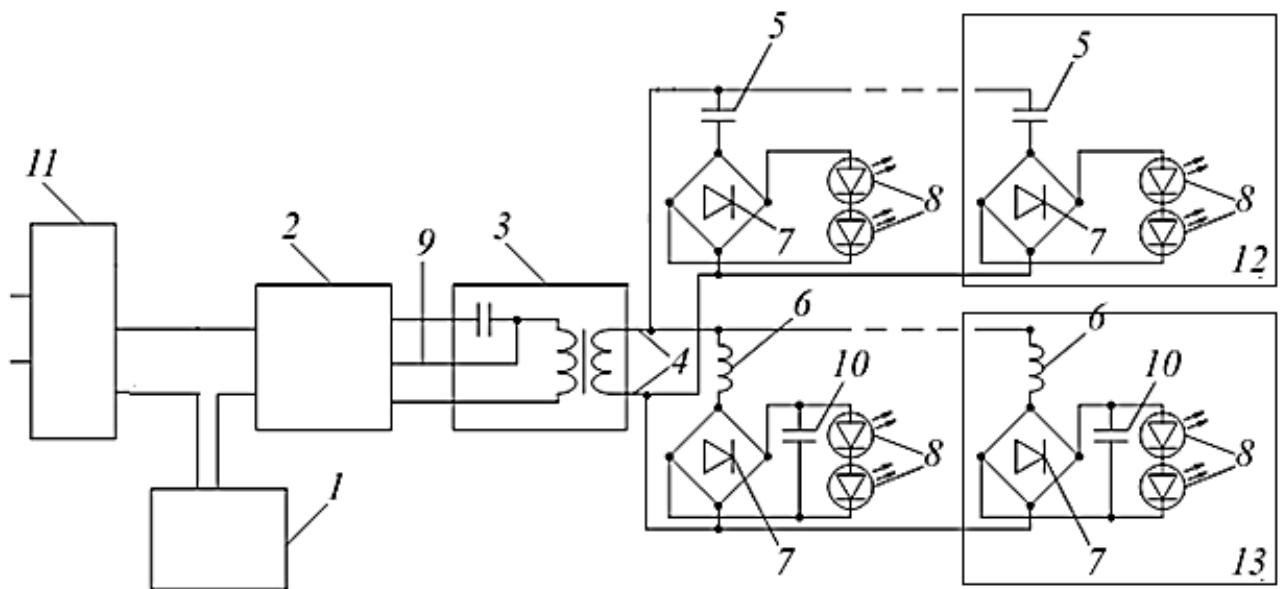


Рисунок 2.5 - Функціональна схема резонансної системи освітлення зі світлодіодними світильниками

Від джерела живлення 11 електрична енергія подається на перетворювач частоти 2, напруга з підвищеною частотою від нього подається на вхід резонансного трансформатора 3, з вихідною обмотки якого знімається напруга і подається в лінію електропередач 4, напруга ліній передач подається через струмообмежуючу ємність до кола світлодіодів, в кожному колі може бути встановлені паралельно або послідовно від одного до декількох світлодіодів 8, при цьому напруга, що подається на світлодіоди може випрямлятися мостом 7. Блок управління 1 регулює частоту перетворювача частоти 2. З резонансного

трансформатора може зніматися сигнал зворотного зв'язку 9, за допомогою якого перетворювач частоти обмежує вихідну напругу в разі обриву лінії електропередачі.

В іншому варіанті від джерела живлення 11 електрична енергія подається на перетворювач частоти 2, напруга з підвищеною частотою від нього подається на вхід резонансного трансформатора 3, з вихідної обмотки якого знімається напруга і подається в лінію електропередачі 4, напруга лінії електропередачі подається через струмообмежуючу індуктивність на коло світлодіодів, в кожному колі може бути встановлені паралельно або послідовно від одного до декількох світлодіодів 8, при цьому напруга, що подається на світлодіоди, може випрямлятися мостом 7. Блок управління 1 регулює частоту перетворювача частоти 2. З резонансного трансформатора може зніматися сигнал зворотного зв'язку 9, за допомогою якого перетворювач частоти обмежує вихідну напругу в разі обриву лінії електропередачі.

Світильники мають зворотні перетворювачі, на основі реакторів, ємнісного 12 або індуктивного 13 для задання необхідного струму світлодіодів.

У разі коротких замикань в лінії електропередачі резонансний трансформатор 3 втрачає свої властивості (в кілька разів зменшується добротність) і струм в лінії електропередачі зменшується в кілька разів.

До переваг резонансних систем світлодіодного освітлення можна віднести наступне:

- передача електричної енергії на великі відстані без застосування проміжних трансформаторів;
- зниження капітальних витрат на електропостачання;
- зменшення втрат в лінії при передачі електроенергії;
- принципова відсутність коротких замикань в проводах;
- економія кольорових металів;
- економія електроенергії;
- високий термін служби - до 100 тис. год;
- можливість плавного регулювання освітленості.

Вимоги для ліній електропередачі резонансної системи освітлення аналогічні мереж підвищеної частоти, але для електричної безпеки лінії електропередачі між перетворювачем напруги і світильниками можна виконати екранованим кабелем типу РК-75.

Через низьку споживаної потужності системи освітлення, в якості джерела живлення може бути використано поновлюване джерело енергії, наприклад сонячна батарея з накопичувачем в вигляді акумуляторних батарей.

Основними вузлами резонансного перетворювача (рис.2.6) є силові ключі $K1$, $K2$, блок управління БУ і резонансний трансформатор, що складається з ємності $C2$ і обмоток $L1$ і $L2$.

Силові ключі вибираються з умов роботи з резонансним контуром в ролі навантаження.

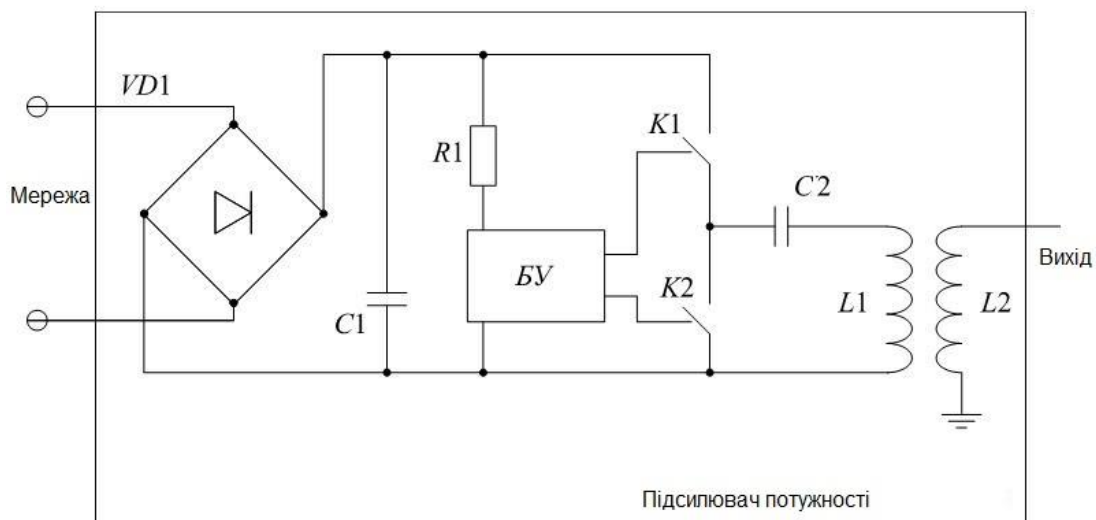


Рисунок 2.6 - Структурна схема резонансного перетворювача напруги

Навантаженням такого перетворювача напруги є світильники на основі світлодіодів з вбудованими зворотними перетворювачами. При цьому зворотні перетворювачі, на основі понижувального трансформатора, підключаються паралельно. ККД такої системи включення може становити 90-95 %.

Для систем освітлення птахівницьких приміщень на основі світлодіодів споживана потужність становить близько $0,5 \dots 0,8 \text{ Вт/м}^2$. Отже потужність

передавального перетворювача напруги повинна складати 300 ... 1500 Вт в залежності від площі птахоферми. Резонансна частота системи становить 6 - 9 кГц. Напруга в лінії електропередачі становить 200 ... 950 В.

Частота задаючого генератора, розташованого в блоці управління (БУ) плавно змінюється в межах 8 ... 20 кГц керуючим сигналом від таймера.

Для різних приміщень розроблені перетворювачі напруги потужністю 500 ... 1500 Вт.

У резонансних передавальних перетворювачів є наступні режими роботи:

- Режим аварійного перевантаження
- Режим короткого замикання
- Режим холостого ходу
- Нормальний режим роботи
- Нормальний режим роботи

Нормальний режим (НР) роботи, відноситься до основного режиму роботи резонансної системи електропередачі при якому, відбувається живлення системи освітлення.

Резонансна частота повинна при НР роботи встановлюватися в межах 8 ... 20 кГц.

Режим холостого ходу (ХХ) є випробувальним режимом роботи системи, під час якого можна визначити власні втрати резонансної системи електропередачі. В цьому режимі перетворювача напруги забороняється експлуатація протягом більше 30 секунд.

Режим короткого замикання (КЗ), є аварійним режимом роботи, в результаті якого відмова обладнання не відбувається, але вихідна потужність автоматично різко скорочується. В цьому режимі перетворювача напруги забороняється експлуатація протягом більше 60 секунд.

Режим аварійної перевантаження (АП), є аварійним режимом роботи, коли споживане навантаження перевищує номінальну потужність резонансної системи електропередачі та багато в чому схожий з режимом КЗ. В цьому

режимі обладнання не відмовляє, так як вихідна потужність автоматично різко скорочується. В цьому режимі перетворювача напруги забороняється експлуатація протягом більше 60 секунд.

2.4 Блок управління системою освітлення

Для світлодіодних системи освітлення розроблений універсальний мікропроцесорний блок управління. У його функції входить включення-виключення системи освітлення в заданий час дня протягом року, плавне включення і виключення протягом 90 секунд, при цьому рівень освітленості плавно змінюється в 16 разів, вибір 5 рівнів максимальної освітленості від 20 % до 100 %. При цьому програмування здійснюється як з клавіатури блоку управління, так і з підключається до нього комп'ютера. Всі режими роботи і поточний час відображається на графічному дисплеї. Індикація таймера побудована на двох рядковому 16 символним LCD-дисплеї з можливістю програмного керування контрастністю і яскравістю підсвічування.

Універсальний мікропроцесорний блок управління (рис. 2.7) має в складі таймер на весь цикл вирощування і блок ступеневої управління передавальним перетворювачем напруги.

Універсальний мікропроцесорний блок управління має в складі таймер на весь цикл вирощування і блок ступеневої управління передавальним перетворювачем напруги. Таймер побудований на основі мікроконтролера U4 Atmel Mega32, що працює з частотою 12 МГц. Прошивка мікроконтролера має обсяг 32 кБ, а на програмування режимів роботи є розмір пам'яті 1024 байт.

Основні програмні блоки (рис.2.8) Т1 - таймер включення, Т2 - витримка, С1 - лічильник днів, Т3 - блок затримки «Схід-захід», Е1 - коректор витримки, Е2 - коректор часу включення, G1 - коректор максимальної освітленості, ПЧ - перетворювач частоти. Також розроблені блоки управління освітленням від зовнішнього таймера.

ручне регулювання або автоматичне регулювання з керуванням від штатного таймера.

Технічні характеристики резонансної системи освітлення:

Споживана потужність - 0,5 ... 0,8 Вт / м²

Рівень освітленості на рівні підлоги - 1 ... 50 лк

Час плавного включення «Схід» - 60 сек.

Час плавного виключення «Захід» - 45 сек.

Ручна або програмне регулювання освітленості - 5 ... 100 % при збереженні спектра випромінювання;

Світильники зібрані в пластикових корпусах у вигляді лінійок на основі світлодіодів зі світловим потоком 60 ... 600 лм.

2.5 Висновки до розділу

1. Розроблено комплект обладнання для освітлення птахоферми на основі світильників з системою «Схід-захід».

2. Розроблено одноканальний комплект обладнання резонансної системи освітлення потужністю 500 і 1500 Вт.

3. Розроблено функціональну схему універсального блоку управління освітленням для резонансної системи з керуванням від вбудованого мікропроцесора або від зовнішнього таймера.

3 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Тепловий розрахунок світильника на основі світлодіодів

Метою вирішення поставленого завдання є побудова моделі, що адекватно описує експериментально досліджений режим роботи світлодіодної лампи, - з метою проведення на основі неї розрахунків, що дозволяють розрахувати тепловий режим лампи в реальних робочих умовах.

Завдання вирішувалася в стаціонарному режимі - тобто розглядався сталий тепловий режим в потоці повітря. При розв'язанні враховувалася теплопровідність і конвективний теплообмін - для цього розрахункова область була розширена додаванням об'єму оточуючого повітря. В об'ємі оточуючого повітря і в об'ємі повітря, що знаходиться в коробі вирішувалася сполучена завдання течії в'язкого газу (повітря) в припущенні ламінарного характеру течії.

Світлодіодний світильник (рис. 3.1) являє собою відкритий з одного боку пластиковий короб розмірами 450x40x25 мм з товщиною стінок 0,4 мм. Всередині коробка встановлена текстолітова пластина розмірами 449,2x39,2 мм і товщиною 1 мм, на яку напаяний 21 світлодіод, який має розміри 5,2x5,2x1,5 мм. Відкрита сторона коробки захищена склом товщиною 3 мм. На рис. 3.2 зображена тривимірна модель світлодіодного світильника.



Рисунок 3.1 - Фотографія зразка світлодіодного світильника

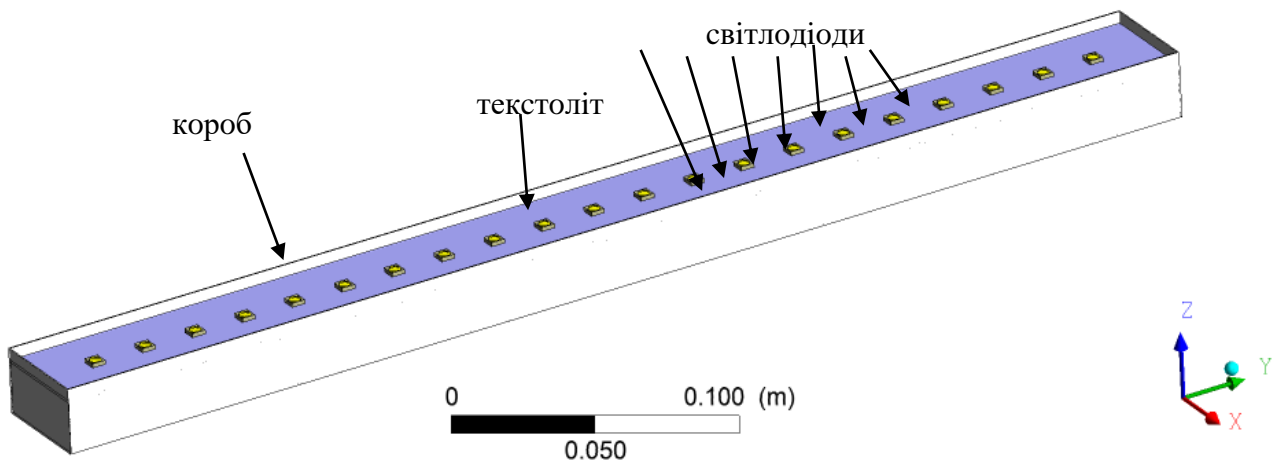


Рисунок 3.2 - 3-D модель світлодіодного світильника

Кожен світлодіод (рис. 3.3) складається з підкладки - представленої прямокутним паралелепіпедом розмірами 5,2x5,2x1,3 мм і, випромінюючого світло, елемента (т.зв. р-п перехід), що має форму циліндра діаметром 4,3 мм і товщиною 0,3 мм.

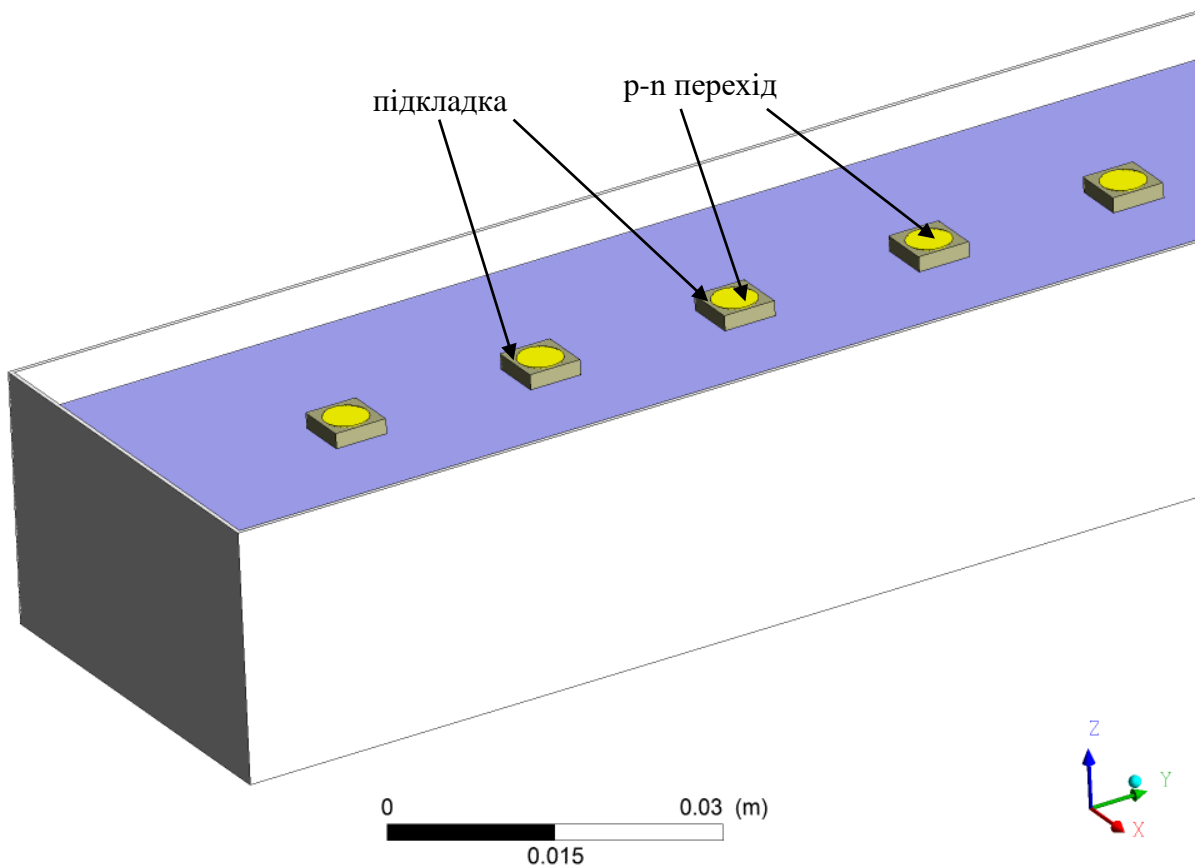


Рисунок 3.3 - Детальна 3-D модель світлодіода на текстолітовій пластині

В процесі роботи світлодіодної лампи відбувається нагрів конструкції за рахунок тепла, що виділяється р-п переходом. У представленій конструкції тепло передається за допомогою теплопровідності від світлодіода до текстолітової підкладки, скла і пластикового короба. Скло, короб і текстоліт охолоджуються за рахунок виникнення природної конвекції - при цьому скло і короб охолоджуються потоками навколишнього повітря, в той час як текстоліт і внутрішня пластикова поверхня охолоджується повітрям, що циркулює всередині короба. Максимальне розсіювання теплової енергії кожного світлодіода становить 0,3 Вт. Необхідні теплофізичні властивості матеріалів світлодіода [11] представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Теплофізичні властивості матеріалів

Матеріал	Теплоємність, Дж/кг · К	Коеф. теплопровідності, Вт/м · К	Густина, кг/м ³
Пластик	1500	0.15	1380
Текстоліт	840	0.4	1800
Підкладка світлодіода	740	40	3260
р-п перехід	1000	130	2000
Скло	700	1.15	2200
Алюміній	900	237	2700

Покажемо, що режим течії при обтіканні повітрям корпусу лампи дійсно є ламінарним. Оцінімо число Релея, що характеризує процес:

$$Ra = Gr_{env} \cdot Pr \approx 2.4 \cdot 10^4$$

Таким чином, чином число Релея виявляється істотно менше критичного ($3 \div 5 \cdot 10^5$, при якому відбувається перехід до турбулентного режиму) і режим течії дійсно є ламінарним.

При розв'язанні завдання не враховувався променевий теплообмін, оскільки його вклад в загальну картину розподілу становить близько 4 %. Доведемо це. Так, середня температура поверхні короба і скла (розрахована без урахування втрат за рахунок випромінювання) для верифікаційного розрахунку

становить 300 К. Беручи коефіцієнт випромінювання поверхні ε рівним 0,8, одержимо тепловий потік з одиниці поверхні:

$$q_{\text{випр}} = \varepsilon \left(\left(\frac{\bar{T}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{серед}}}{100} \right)^4 \right) \approx 5,8 \text{ Вт} / \text{м}^2;$$

площа поверхні, яка випромінює:

$$S = 0,45 \cdot 0,025 \cdot 2 + 0,025 \cdot 0,04 \cdot 2 + 0,45 \cdot 0,04 = 0,0425 \text{ м}^2,$$

тоді сумарні втрати за рахунок випромінювання склали б

$$q_{\text{випр}} \cdot S \approx 0,25 \text{ Вт},$$

в той час, як повна теплова потужність, що розсіюється світлодіодами становить 6,5 Вт.

Математична модель являє собою систему рівнянь Нав'є-Стокса (для середовища повітря) - рівнянь збереження маси, імпульсу і енергії:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0, \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial(\rho v_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho v_i v_k) = \frac{\partial \sigma_{ik}}{\partial x_k} + \rho g_i, \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \vec{v} \nabla T - \frac{1}{\rho c_p} \text{div}(\lambda \nabla T) = \frac{q_v}{\rho c_p}, \quad (3.3)$$

де ρ - густина газової суміші,

$\vec{v} = (u, v, w)$ - швидкість течії,

T - температура,

c_p - теплоємність при постійному тиску,

λ - коефіцієнт теплопровідності,

q_v - об'ємне тепловиділення (відмінно від нуля тільки в об'ємі розрахункової області, відповідної р-п переходу),

σ_{ik} - тензор напружень

$$\sigma_{ik} = -p\delta_{ik} + \eta \left(\frac{\partial v_i}{\partial x_k} + \frac{\partial v_k}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \delta_{ik} \right) + \zeta \frac{\partial v_l}{\partial x_l} \delta_{ik} \quad (3.4)$$

p - тиск,

\bar{g} - прискорення земного тяжіння,

η - динамічна в'язкість,

ζ - друга в'язкість. Як замикає систему рівняння використано рівняння стану ідеального газу:

$$p = \rho \frac{R}{\mu} T \quad (3.5)$$

де μ - молярна маса повітря (рівна 28.98 кг / кмоль).

Поширення тепла в твердій (нерухомою) середовищі описується рівнянням теплопровідності:

$$\frac{\partial T}{\partial t} \rho c_p - \text{div}(\lambda \nabla T) = q_v$$

При вирішенні задачі були обрані наступні граничні умови:

- Температура твердої поверхні, на якій розташована корпус світильника задавалася постійної, що дорівнює температурі навколишнього повітря, тобто

$$T|_{z=0} = 20^{\circ} C$$

- На кордоні розрахункової області, що відповідає навколишньому

повітря було задано умова вільного протікання:

$$\frac{\partial v_i}{\partial \vec{n}} = 0, \quad (3.6)$$

$$P = P_{атм} \quad (3.7)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \vec{n}} = 0, \quad (3.8)$$

де \vec{n} - одинична нормаль до кордону розрахункової області,

$P_{атм}$ - атмосферний тиск. Розписуючи по гранях, відповідним навколишньому повітря, - отримаємо:

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial w}{\partial x} \right|_{x=0} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=L_x} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{x=L_x} = 0, \quad \left. \frac{\partial w}{\partial x} \right|_{x=L_x} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial w}{\partial y} \right|_{y=0} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=L_y} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{y=L_y} = 0, \quad \left. \frac{\partial w}{\partial y} \right|_{y=L_y} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial w}{\partial z} \right|_{z=0} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial z} \right|_{z=L_z} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial z} \right|_{z=L_z} = 0, \quad \left. \frac{\partial w}{\partial z} \right|_{z=L_z} = 0,$$

$$P \Big|_{x=0, x=L_x, y=0, y=L_y, z=0, z=L_z} = P_{атм},$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=L_x} = 0, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = 0,$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=L_y} = 0, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=L_z} = 0,$$

де L_x, L_y, L_z - розміри розрахункової області за напрямками x, y і z , рівні 650 мм, 120 мм і 10 мм відповідно.

- На поверхні, що розділяє тверде і газоподібне середовище, була задана умова спряженого теплообміну:

$$-(\vec{n}, \lambda \cdot \nabla T) = \alpha(T - T_{нов}) \quad (3.9)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі ($\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$),

$T_{нов}$ - температура «незбуреного» повітря, що стикається з твердою поверхнею. Докладний вид цього виразу відповідно до поверхонь теплообміну:

$$-\lambda_{нл} \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=H_x, L_x-H_x} = \alpha \left(T|_{x=H_x, L_x-H_x} - T_{нов} \right),$$

$$-\lambda_{нл} \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=H_y, L_y-H_y} = \alpha \left(T|_{y=H_y, L_y-H_y} - T_{нов} \right),$$

$$-\lambda_{см} \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=H_z} = \alpha \left(T|_{z=H_z} - T_{нов} \right),$$

де H_x, H_y, H_z - розміри корпусу світильника за відповідними напрямками.

Повний вигляд системи рівнянь (1) - (5) наступний:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial x} = 0, \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho uu)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vu)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wu)}{\partial z} = & -\frac{\partial p}{\partial x} - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right) + \\ & + 2 \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right) \end{aligned} \quad (3.11)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho wv)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right) + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right) \end{aligned} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho ww)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right) + \\ + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \right) \right) + 2 \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu \frac{\partial w}{\partial z} \right) \end{aligned} \quad (3.13)$$

$$\frac{\partial(T \rho c_p)}{\partial t} + \frac{\partial(u T \rho c_p)}{\partial x} + \frac{\partial(v T \rho c_p)}{\partial y} + \frac{\partial(w T \rho c_p)}{\partial z} = \quad (3.14)$$

$$= \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q_v, \quad (3.15)$$

$$p = \rho \frac{R}{\mu} T. \quad (3.16)$$

Для отримання наближених параметрів теплового режиму світлодіодної лампи задача була розв'язана в одновимірній постановці (рис. 3.4): Оскільки найбільш важливим параметром є максимальна температура світло діоду, то в розрахунку розглядається світлодіод з прилеглою областю, через межі якої в силу періодичного розташування світлодіодів не передається тепло, тобто не враховувався перенесення тепла в горизонтальному (тобто в площині скла і текстоліту) напрямку [12]. При розв'язанні задачі в даній постановці - як площа, через яку відбувається теплообмін, була взята площа повторюваного шаблону в ряду (світлодіод і прилегла поверхню) розмірами 39,2x20,2 мм.

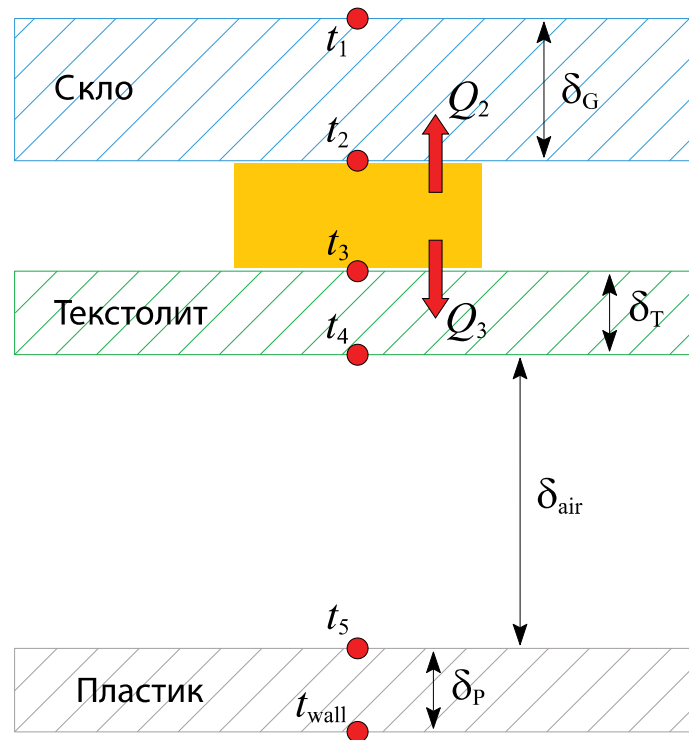


Рисунок 3.4 - Схематичне зображення одновимірної розрахункової області

З огляду на велику теплопровідність підкладки світлодіода і р-п переходу будемо в розрахунках вважати температуру світлодіода однаковою:

$$t_2 = t_3 = t_{LED} .$$

Виділене світлодіодом тепло Q_v при описаних припущеннях відводиться через текстоліт і через скло:

$$Q_v = q_2 \cdot S_2 + q_3 \cdot S_3 , \quad (3.17)$$

а поширення тепла описується рівняннями теплопровідності:

$$q_2 \cdot S_2 = \frac{t_{LED} - t_{env}}{\frac{1}{S_2} \cdot \frac{\delta_G}{\lambda_G} + \frac{1}{S_1} \cdot \frac{1}{\alpha_{env}}} , \quad (3.18)$$

де t_{env} - температура оточуючого повітря,

α_{env} - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні скла навколишньому повітря,

S_i - площа відповідної поверхні, через яку відбувається теплообмін.

Позначимо знаменник виразу в правій частині за R_2 :

$$R_2 = \frac{1}{S_2} \cdot \frac{\delta_G}{\lambda_G} + \frac{1}{S_1} \cdot \frac{1}{\alpha_{env}} . \quad (3.19)$$

Далі, аналогічно записуючи рівняння поширення тепла через багат шарову стінку текстоліт-повітря-пластик, отримаємо:

$$q_3 \cdot S_3 = \frac{t_{LED} - t_{wall}}{\frac{1}{S_3} \cdot \frac{\delta_T}{\lambda_T} + \frac{1}{S_4} \cdot \frac{\delta_{air}}{\lambda_{air}} + \frac{1}{S_5} \cdot \frac{\delta_P}{\lambda_P}} , \quad (3.20)$$

де $\overline{S_4}$ - ефективна площа теплообміну внутрішнього повітря з пластиковим коробом, що включає в себе площу частини короба, яке стикається із стінкою (де задана постійна температура t_{wall}) і площа бічних поверхонь короба, також беруть участь в теплообміні, покладена рівною $3 \cdot S_4$.

Позначимо знаменник виразу в правій частині - за R_3 :

$$R_3 = \frac{1}{S_3} \cdot \frac{\delta_T}{\lambda_T} + \frac{1}{S_4} \cdot \frac{\delta_{air}}{\lambda_{air}} + \frac{1}{S_5} \cdot \frac{\delta_P}{\lambda_P} ; \quad (3.21)$$

де $\overline{\lambda_{air}}$ - ефективний коефіцієнт теплопровідності об'єму повітря, що знаходиться всередині корпусу:

З даних рівнянь може бути знайдена шукана температура світлодіода t_{LED} :

$$t_{LED} = \frac{Q_V + \frac{t_{env}}{R_2} + \frac{t_{wall}}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (3.22)$$

Коефіцієнт тепловіддачі в навколишнє середовище α_{env} може бути визначений, використовуючи критеріальні рівняння [13], що зв'язують безрозмірні числа Прандтля, Грасгофа і Нуссельта:

$$\text{Nu} = \frac{\alpha L}{\lambda}, \quad (3.23)$$

$$\text{Pr} = \frac{\nu \rho C_p}{\lambda}, \quad (3.24)$$

$$\text{Gr} = \frac{\beta g L^3 \Delta t}{\nu^2}. \quad (3.25)$$

де ν - кінематична в'язкість,
 ρ - густина,
 C_p - питома теплоємність при постійному тиску,
 λ - коефіцієнт теплопровідності,
 β - коефіцієнт теплового розширення,
 g - прискорення вільного падіння,
 Δt - температурний напір,
 L - характерний розмір.

Число Прандтля для повітря дуже слабо залежить від температури і з достатньою точністю може бути прийнято рівним $\text{Pr} = 0,74$.

Оцінимо число Грасгофа, що характеризує теплообмін скла з навколишнім повітрям:

- в силу періодичного розташування світлодіодів - за характерний розмір приймемо відстань між двома сусідніми світлодіодами: $L = 20,2$ мм ;
- температурний напір Δt оцінимо як різницю між температурою навколишнього повітря і максимально допустимою температурою світлодіода: $\Delta t \approx 50$ °C .

Тоді оцінка для Числа Грасгофа буде наступна:

$$\text{Gr}_{env} = \frac{\beta g L^3 \Delta t}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot (0,02)^3 \cdot (85 - 20)}{323 \cdot (1,6 \cdot 10^{-5})^2} \approx 6,2 \cdot 10^4, \quad (3.26)$$

$$\text{Gr}_{env} \cdot \text{Pr} \approx 4,6 \cdot 10^4, \quad (3.27)$$

тобто твір, добуток $\text{Gr}_{env} \cdot \text{Pr}$ істотно нижче величини 10^7 .

Визначення коефіцієнтів тепловіддачі в умовах експериментальної постановки: в даній постановці нагріта поверхня (скло) орієнтована вгору, тоді зв'язок між числами подібності, що описують процес, може бути описана наступним чином [13]:

$$\text{Nu} = 0,5 \cdot (\text{Pr} \cdot \text{Gr}_{env})^{1/4}. \quad (3.28)$$

З огляду на прийняте значення числа Прандтля, отримаємо:

$$\text{Nu} = 0,46 \cdot \text{Gr}^{1/4}, \quad (3.29)$$

тоді α може бути знайдено як:

$$\alpha_{env} = \frac{\lambda \cdot \text{Nu}}{L} = \frac{0,46 \cdot \lambda \cdot \text{Gr}^{1/4}}{L}. \quad (3.30)$$

Всередині корпусу, в області заповненої повітрям, перенесення тепла за допомогою теплопровідності переважатиме над конвекцією, тому за величину $\overline{\lambda}_{air}$ може бути прийнятий коефіцієнт теплопровідності повітря.

Визначення коефіцієнтів тепловіддачі в робочому положенні лампи.

У даній постановці задачі нагріта поверхня (скло) орієнтована вниз, тоді зв'язок між числами подібності, що описують процес, може бути описаний наступним чином:

$$\text{Nu} = 0,27 \cdot (\text{Pr} \cdot \text{Gr})^{1/4} \quad (3.31)$$

З огляду на прийняте значення числа Прандтля, отримаємо:

$$\text{Nu} = 0,25 \cdot \text{Gr}^{1/4}, \quad (3.32)$$

тоді α може бути знайдено аналогічно першому випадку:

$$\alpha_{env} = \frac{\lambda \cdot \text{Nu}}{L} = \frac{\lambda \cdot \text{Gr}^{1/4}}{4L}. \quad (3.33)$$

Визначимо ефективний коефіцієнт теплопровідності повітряного шару усередині корпусу світильника:

- за характерний розмір приймемо товщину прошарку повітря: $l = 19,1$ мм;
- температурний напір Δt оцінимо як середнє між температурою навколишнього стінки і максимально допустимою температурою світлодіода: $\Delta t \approx 50$ °C .

оцінимо твір $\text{Gr}_{air} \cdot \text{Pr}$:

$$\text{Gr}_{air} = \frac{\beta g l^3 \Delta t}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot (0,0191)^3 \cdot (85 - 20)}{323 \cdot (1,6 \cdot 10^{-5})^2} \approx 5,2 \cdot 10^4 \quad (3.34)$$

$$\text{Gr}_{air} \cdot \text{Pr} \approx 4 \cdot 10^4 \quad (3.35)$$

Тоді, використовуючи критеріальні рівняння, отримаємо:

$$\bar{\lambda} = \lambda_{air} \cdot 0,18 (\text{Gr}_{air} \cdot \text{Pr})^{0,25}, \quad (\text{Gr} \cdot \text{Pr}) > 10^3, \quad (3.36)$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_{air} \cdot 0,17 \cdot \text{Gr}_{air}^{0,25}. \quad (3.37)$$

Розрахуємо температуру світлодіода за виведеними формулами (3.17) -

(3.37) для обох варіантів положення світильника в просторі.

1) Пластиковий корпус:

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до навколишнього повітря:

$$\alpha_{env} = \frac{0,46 \cdot \lambda \cdot Gr^{1/4}}{L} = \frac{0,46 \cdot 0,026 \cdot (6,2 \cdot 10^4)^{1/4}}{0,02} \approx 9,42 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

λ - коефіцієнт теплопровідності: $\overline{\lambda}_{air} = \lambda_{air} = 0,026 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

$$R_2 = \frac{1}{S_2} \cdot \frac{\delta_G}{\lambda_G} + \frac{1}{S_1} \cdot \frac{1}{\alpha_{env}} = \frac{1}{7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-3}}{1,15} + \frac{1}{7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{1}{9,42} \approx 137,7 \frac{\text{К}}{\text{Вт}},$$

де λ_G - коефіцієнт теплопровідності скла,

$$R_3 = \frac{1}{S_3} \cdot \frac{\delta_T}{\lambda_T} + \frac{1}{S_4} \cdot \frac{\delta_{air}}{\lambda_{air}} + \frac{1}{S_5} \cdot \frac{\delta_P}{\lambda_P} = \frac{1}{7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{10^{-3}}{0,4} + \frac{1}{3 \cdot 7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{1,91 \cdot 10^{-2}}{0,026} + \frac{1}{7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,15} \approx 315 \frac{\text{К}}{\text{Вт}},$$

де λ_T - коефіцієнт теплопровідності текстоліту

$$t_{LED} = \frac{Q_V + \frac{t_{env}}{R_2} + \frac{t_{wall}}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{13012,65 + 315 \cdot t_{env} + 137,7 \cdot t_{wall}}{452,7} \text{ } ^\circ\text{C}$$

2) Алюмінієвий корпус:

коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до навколишнього повітря:

$$\alpha_{env} = \frac{\lambda \cdot Gr^{1/4}}{4L} = \frac{0,026 \cdot (6,2 \cdot 10^4)^{1/4}}{4 \cdot 0,02} \approx 5,13 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

коефіцієнт теплопровідності

$$\bar{\lambda} = \lambda_{air} \cdot 0,17 \cdot Gr_{air}^{0,25} = 0,026 \cdot 0,17 \cdot (5,2 \cdot 10^4)^{0,25} \approx 0,067 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

число Грасгофа

$$Gr_{air} = \frac{\beta g l^3 \Delta t}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot (0,0191)^3 \cdot (85 - 20)}{323 \cdot (1,6 \cdot 10^{-5})^2} \approx 5,2 \cdot 10^4,$$

$$R_2 = \frac{1}{S_2} \cdot \frac{\delta_G}{\lambda_G} + \frac{1}{S_1} \cdot \frac{1}{\alpha_{env}} = \frac{1}{7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{3 \cdot 10^{-3}}{1,15} + \frac{1}{7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{1}{5,13} \approx 249,5 \frac{\text{К}}{\text{Вт}},$$

де λ_G - коефіцієнт теплопровідності скла,

$$R_3 = \frac{1}{S_3} \cdot \frac{\delta_T}{\lambda_T} + \frac{1}{S_4} \cdot \frac{\delta_{air}}{\lambda_{air}} + \frac{1}{S_5} \cdot \frac{\delta_P}{\lambda_P} = \frac{1}{2,7 \cdot 10^{-5}} \cdot \frac{10^{-3}}{0,4} + \frac{1}{3 \cdot 7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{1,91 \cdot 10^{-2}}{0,067} + \frac{1}{7,9 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0,15} \approx 126,7 \frac{\text{К}}{\text{Вт}},$$

де λ_T - коефіцієнт теплопровідності текстоліту

$$t_{LED} = \frac{Q_V + \frac{t_{env}}{R_2} + \frac{t_{wall}}{R_3}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{9483,5 + 126,7 \cdot t_{env} + 249,5 \cdot t_{wall}}{372,6} \text{ } ^\circ\text{C}$$

За допомогою отриманих формул була розрахована максимальна температура світлодіода для різної температури зовнішнього повітря - 20 °С, 25 °С, 30 °С, 40 °С, 45 °С для двох випадків: корпус виготовлений з пластику та алюмінію (див. рис.3.29).

3.2 Теплова модель світлодіодного світильника в програмному комплексі ANSYS

3.2.1 Вихідні дані

Представлені в роботі результати отримані в результаті рішення рівнянь (3.1) - (3.16) за допомогою програмного комплексу ANSYS / CFX [14]. Даний

комплекс дозволяє вирішувати завдання суміщеного тепло- і масообміну в повній тривимірній постановці. Диференціальні рівняння (3.1) - (3.16) розв'язуються методом кінцевих об'ємів (Finite Volume Method) на тривимірній сітці, тобто вихідної геометрії, розбитою на так звані кінцеві об'єми - геометричні примітиви (тетраедри, шестигранники і призми). Для кожного такого геометричного примітиву можуть бути записані дискретні аналоги рівнянь - тобто у вигляді, в якому фігурують вже не безперервні функції - а значення фізичних величин (температура, теплопровідність, щільність, швидкість руху повітря і т.д.), віднесені до центрів кінцевих об'ємів. Отримані дискретні аналоги (доповнені граничними умовами) складають систему лінійних алгебраїчних рівнянь, рішення якої буде наближеним розв'язком спочатку поставленої задачі. При розв'язанні поставленої задачі розрахункова область була розбита на 528000 кінцевих об'ємів - гексаedr із середнім розміром 0.25 см. Як початкову температуру була задана температура навколишнього повітря, саме повітря мало нульову швидкість.

3.2.2 Результати розрахунків

Був проведений верифікаційний розрахунок роботи світильника розташованого на горизонтальній поверхні (рис.3.6 -3.9). Проведено порівняння цього розрахунку з даними, отриманими експериментальним виміром за допомогою тепловізора (рис. 3.5); температура навколишнього повітря при проведенні експерименту становила 20 °С.

З наведених рисунків видно, що результати, отримані з експерименту, і розрахункові дані добре узгоджуються. Деяка їх якісна відмінність пояснюється несиметричним розташуванням світлодіодів в дослідному зразку, а також недосконалим тепловим контактом в місцях зіткнення компонентів конструкції.

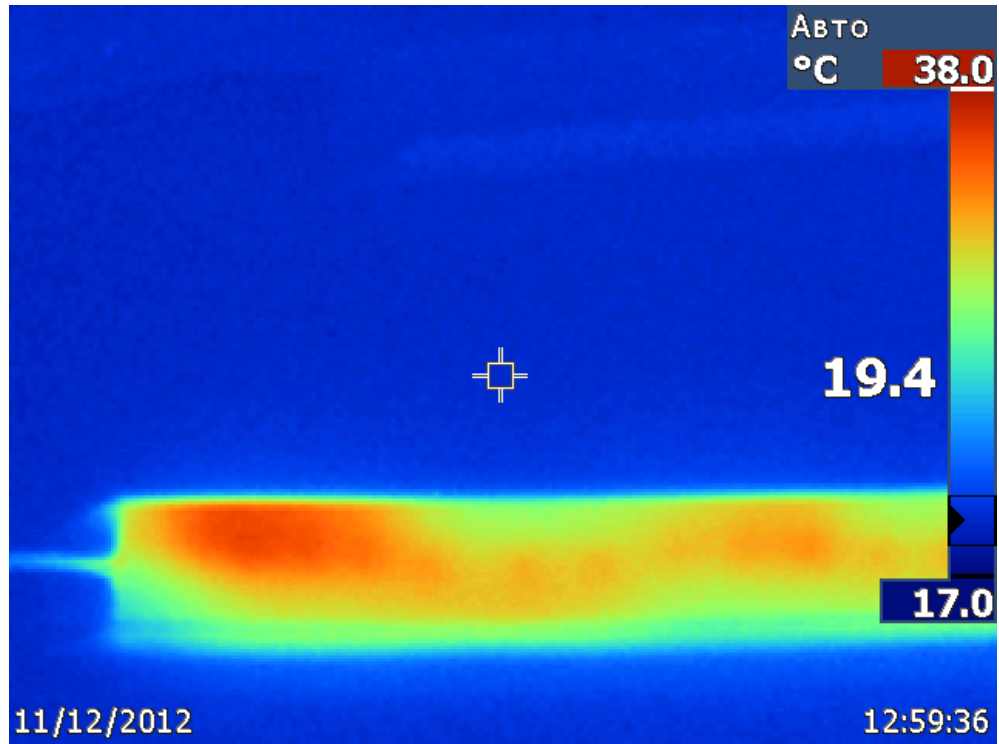


Рисунок 3.5 - Розподіл температури лампи, що лежить на горизонтальній поверхні (знімок зроблений тепловізором)

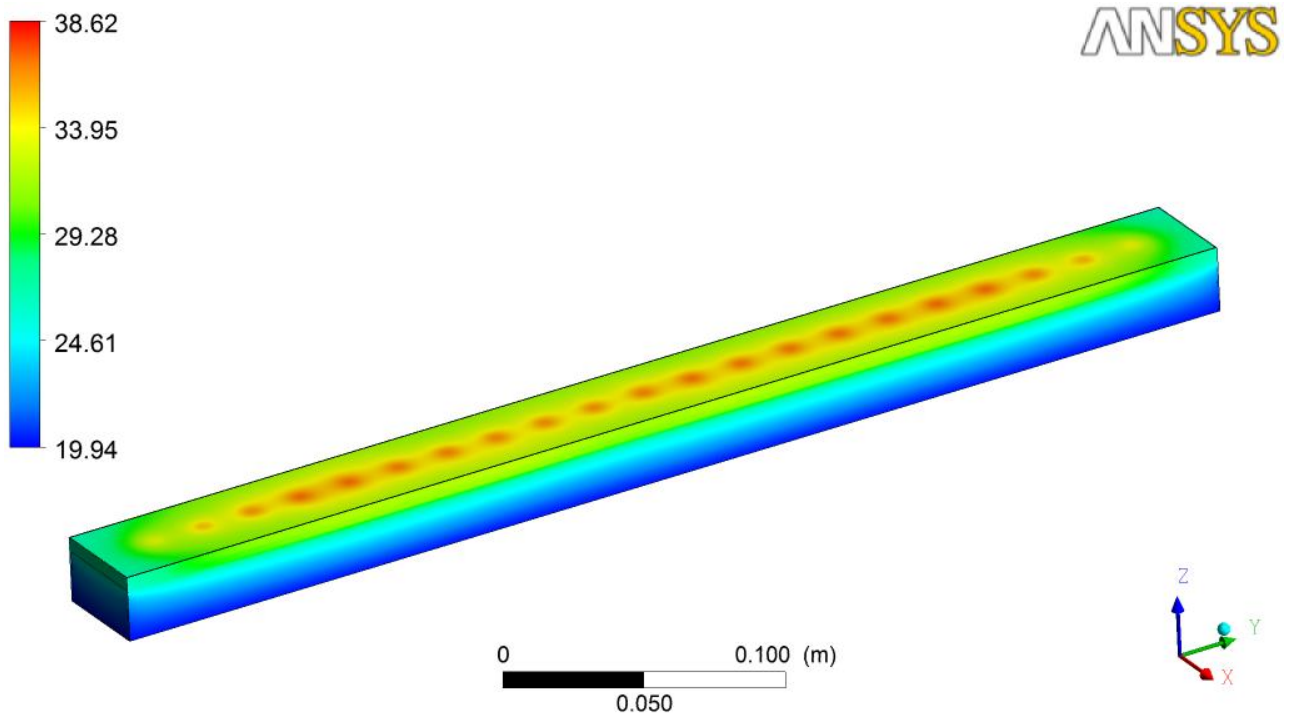


Рисунок 3.6 - Розподіл температури по поверхні корпусу і скла

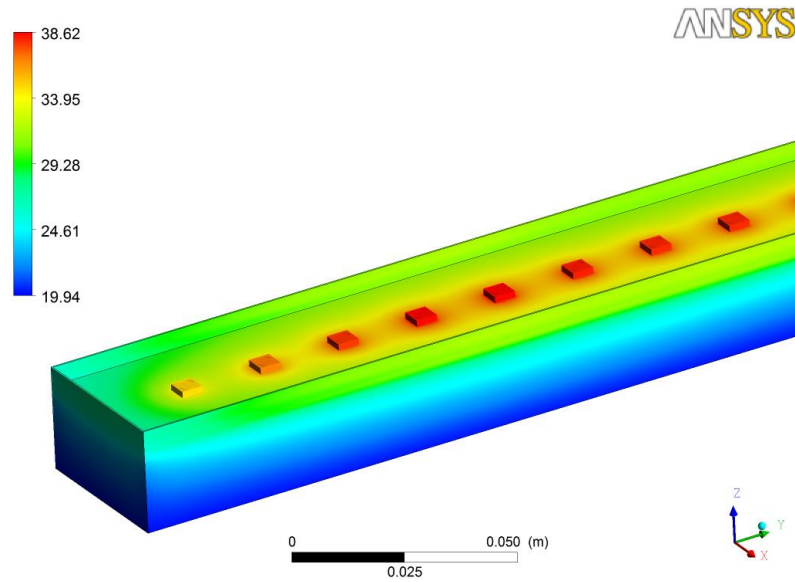


Рисунок 3.7 - Розподіл температури по поверхні корпусу, текстолітової пластині і світлодіодах

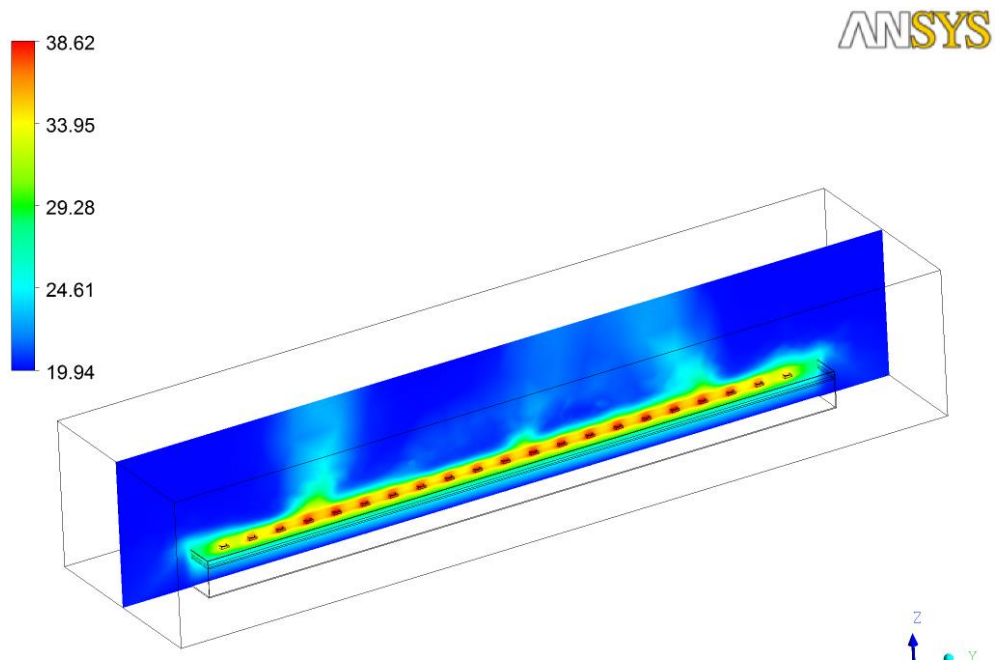


Рисунок 3.8 - Розподіл температури по всій розрахунковій області у вертикальному зрізі посередині світильника

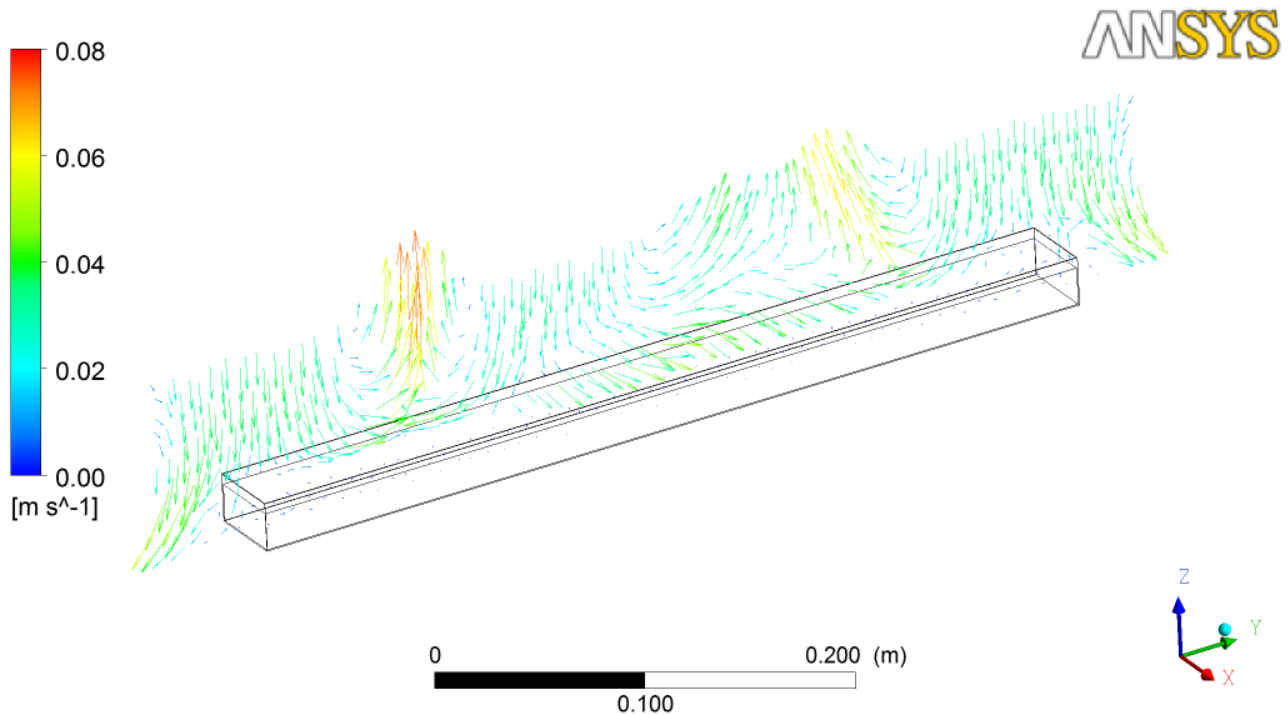


Рисунок 3.9 - Поле швидкостей по всій розрахунковій області у вертикальному зрізі посередині світильника

Також була проведена серія розрахунків, метою яких було визначити тепловий режим лампи в умовах, наближених до експлуатаційних, - тобто закріпленої на горизонтальній поверхні і спрямованої світлодіодами вниз. Розрахунки були проведені для двох варіантів виготовлення корпусу - з пластика і з алюмінію, а також для різних температур навколишнього середовища – 20 °C, 25 °C, 30 °C, 40°C і 45°C. Приклади отриманих результатів наведено на рис. 2.12-2.27. На наведених рисунках кольором позначена температура, одиниця виміру - градус Цельсія.

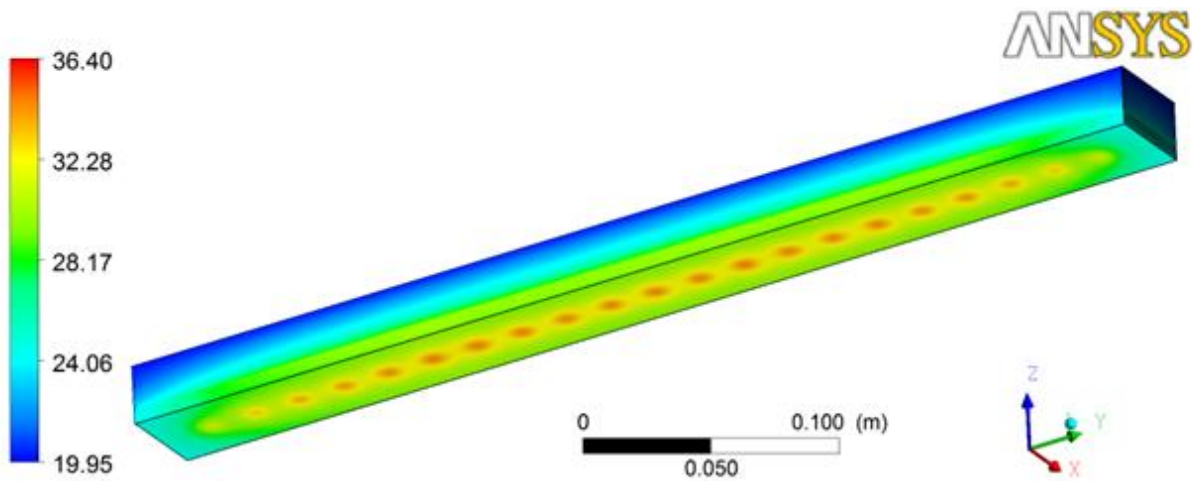


Рисунок 3.10 - Розподіл температури по поверхні корпусу і скла. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 20 °С

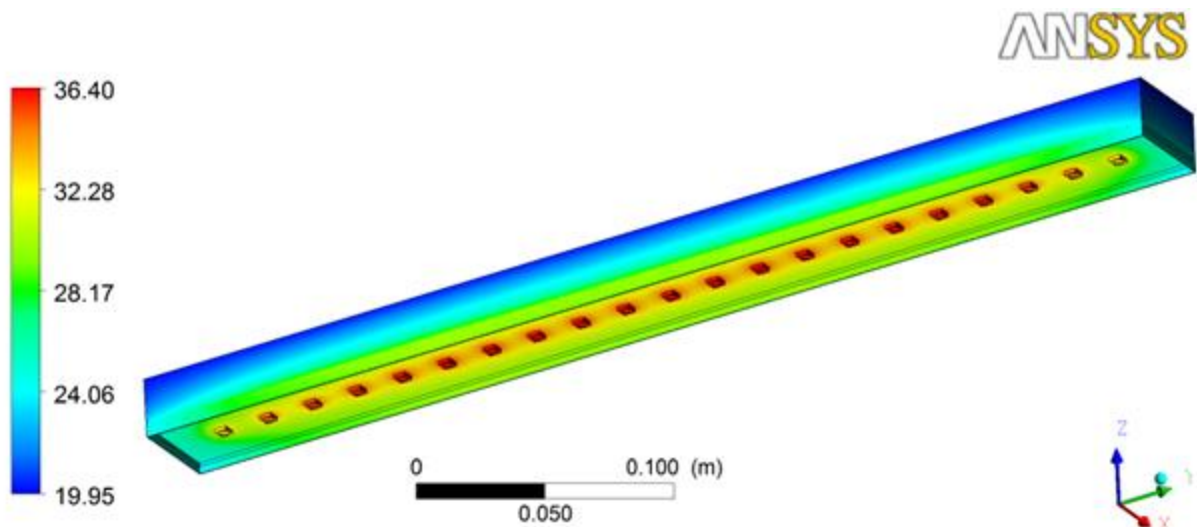


Рисунок 3.11 - Розподіл температури по поверхні корпусу, текстолітової пластині і світлодіодах. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 20 °С

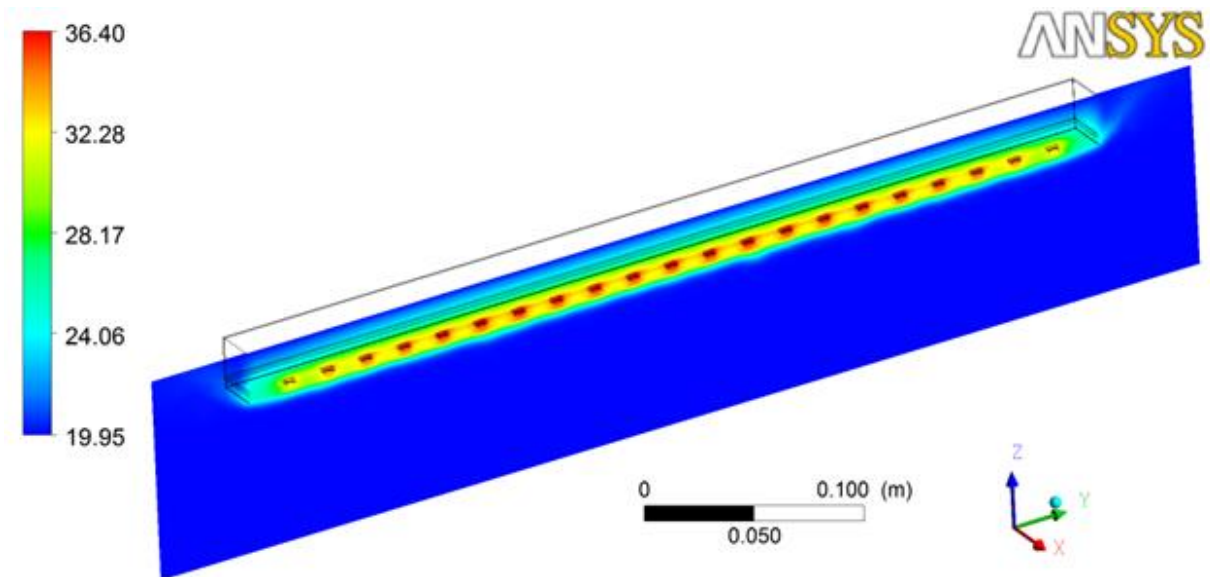


Рисунок 3.12 - Розподіл температури по всій розрахунковій області у вертикальному зрізі посередині світильника. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 20 °С

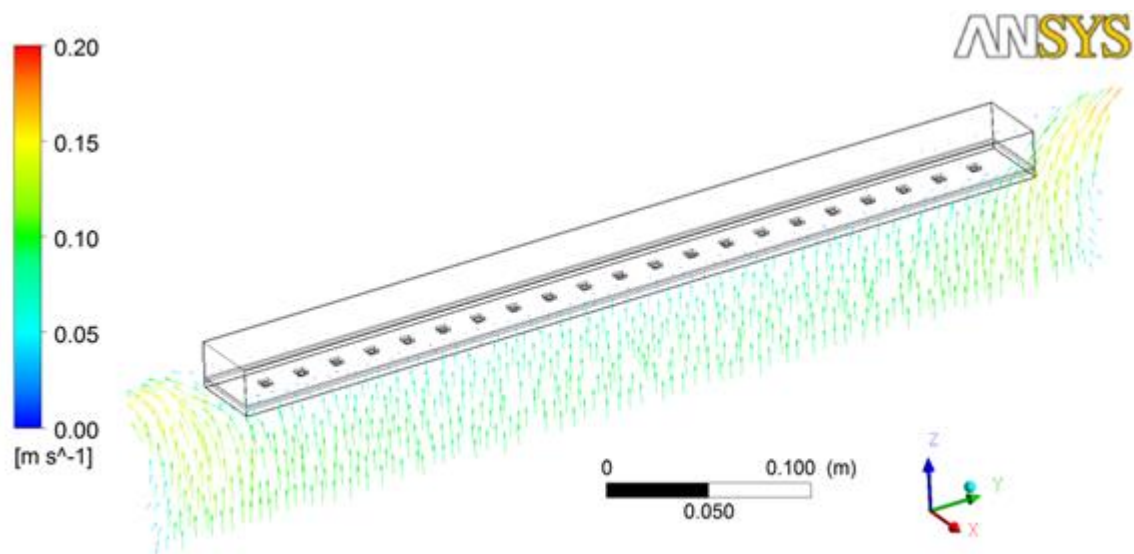


Рисунок 3.13 - Поле швидкостей по всій розрахунковій області у вертикальному зрізі посередині світильника. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 20 °С

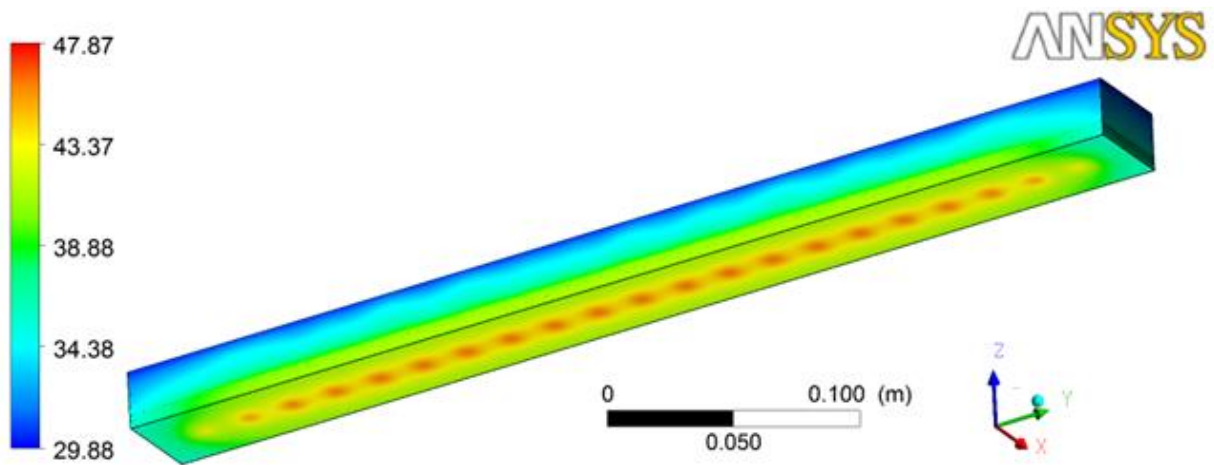


Рисунок 3.14 - Розподіл температури по поверхні корпусу і скла. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 30 °C

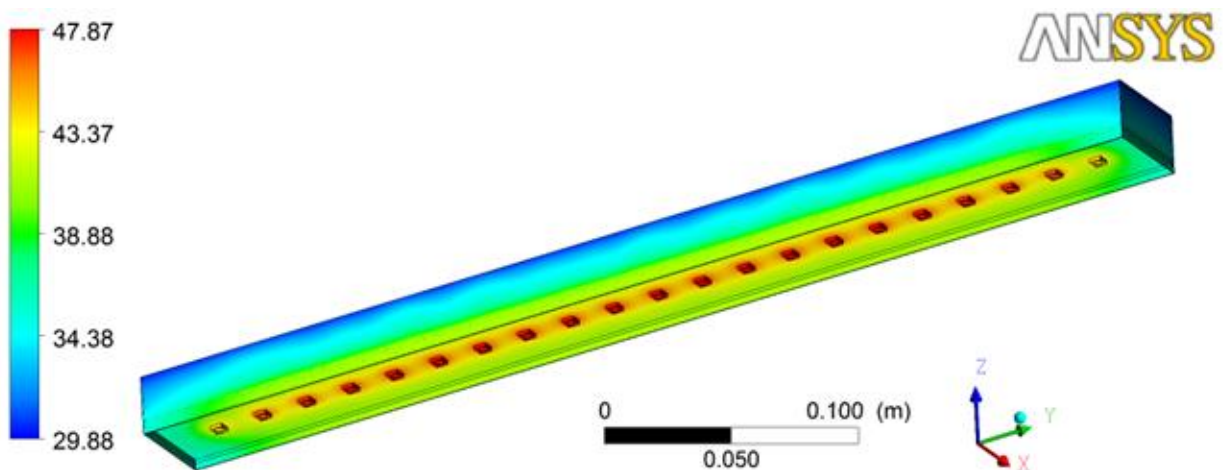


Рисунок 3.15 - Розподіл температури по поверхні корпусу, текстолітової пластині і светодиодам. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 30 °C

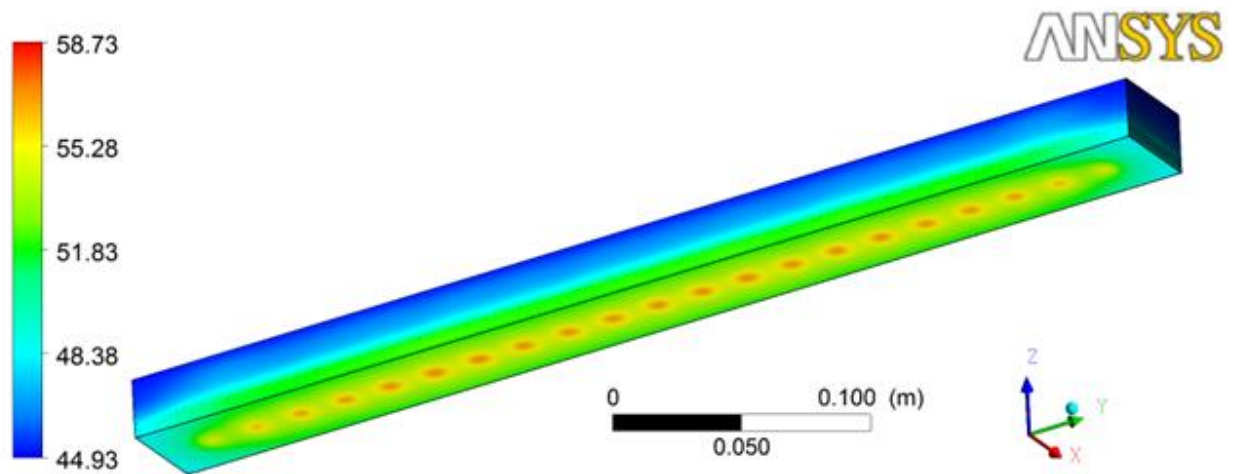


Рисунок 3.16 - Розподіл температури по поверхні корпусу і скла. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 45 °С

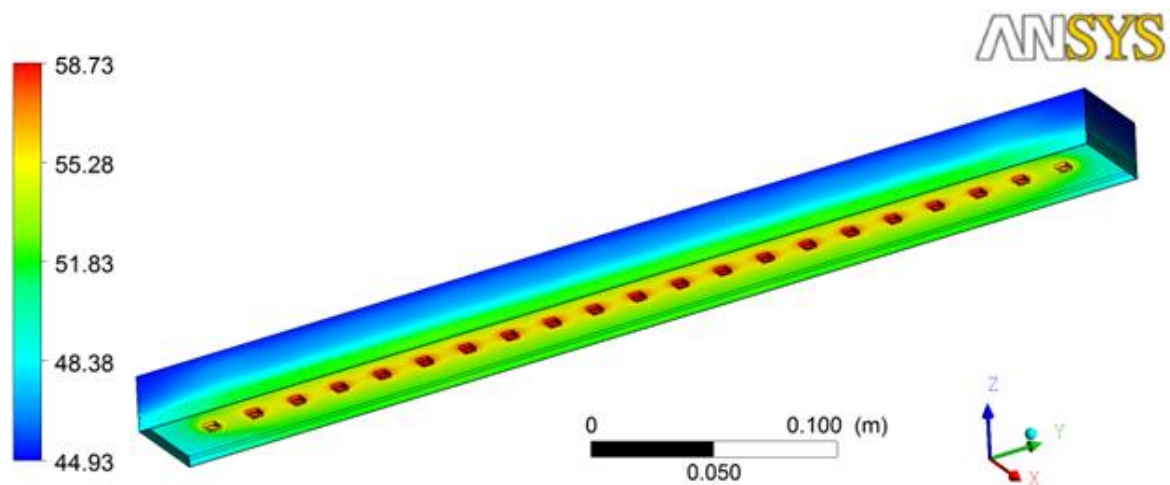


Рисунок 3.17 - Розподіл температури по поверхні корпусу, текстолітової пластині і світлодіодах. Матеріал корпусу - пластик, температура навколишнього повітря – 45 °С

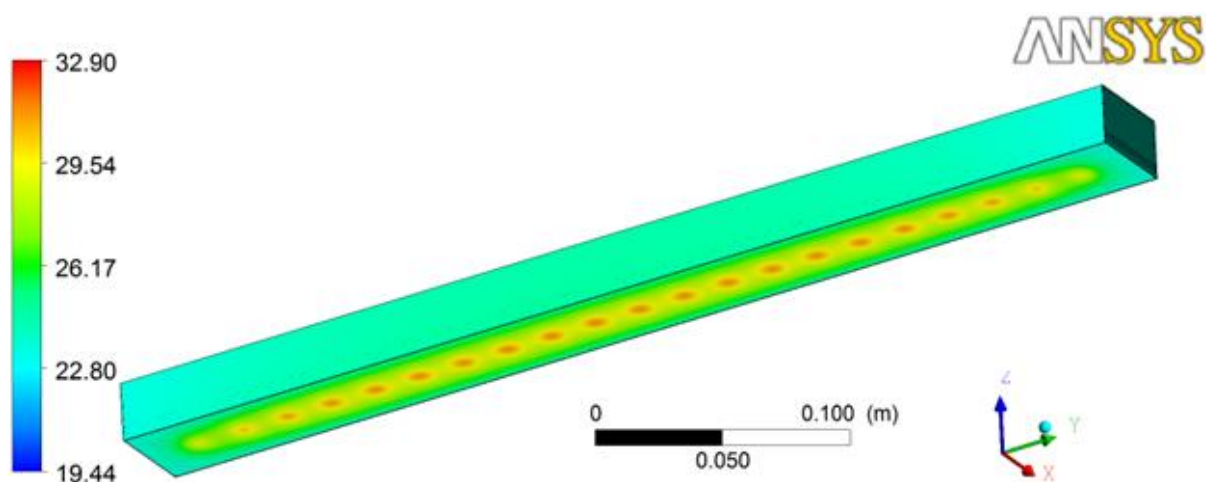


Рисунок 3.18 - Розподіл температури по поверхні корпусу і скла. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 20 °С.

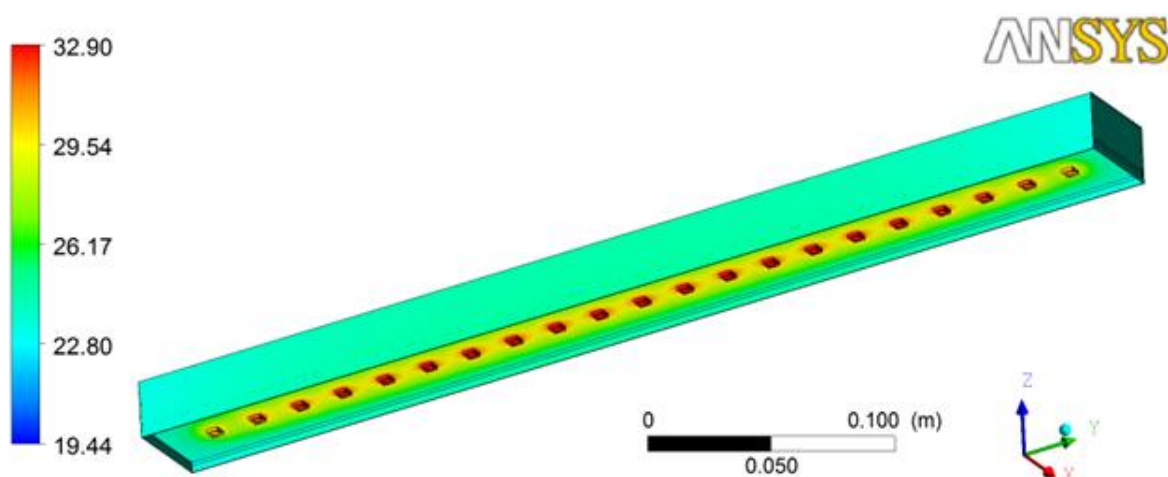


Рисунок 3.19 - Розподіл температури по поверхні корпусу, текстолітової пластині і світлодіодах. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 20 °С

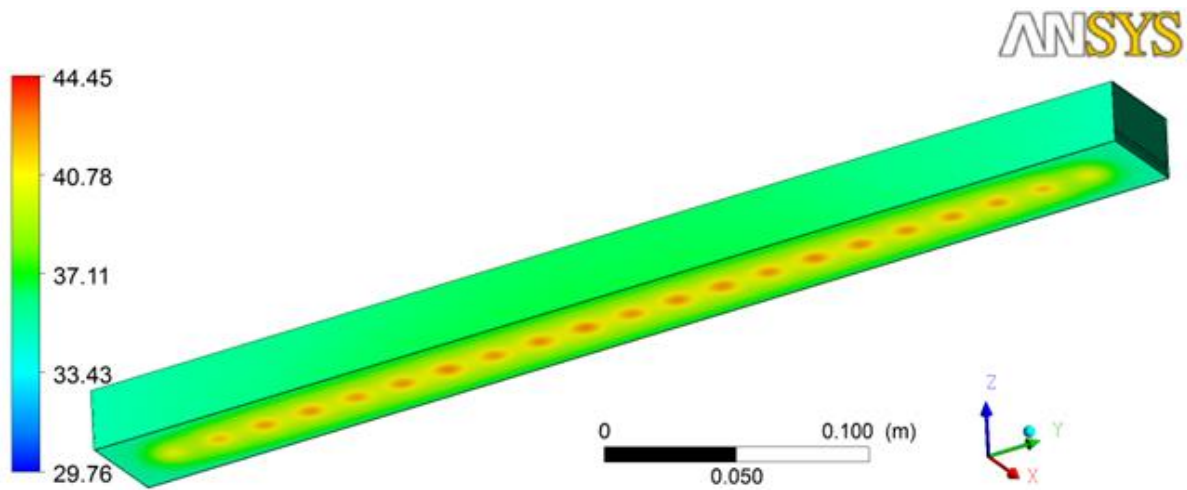


Рисунок 3.20 - Розподіл температури по поверхні корпусу і скла. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 30 °С

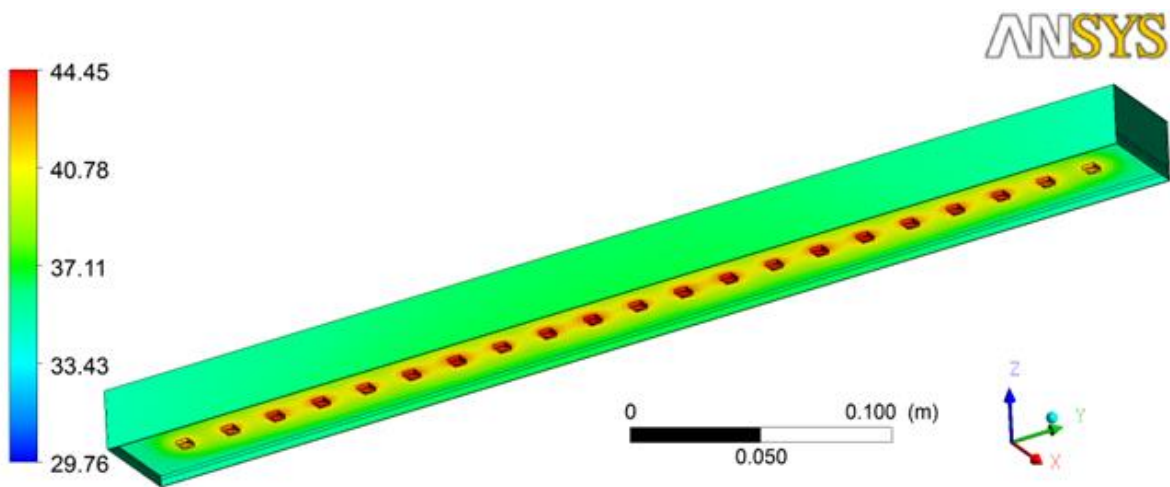


Рисунок 3.21 - Розподіл температури по поверхні корпусу, текстолітової пластині і світлодіодах. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 30 °С

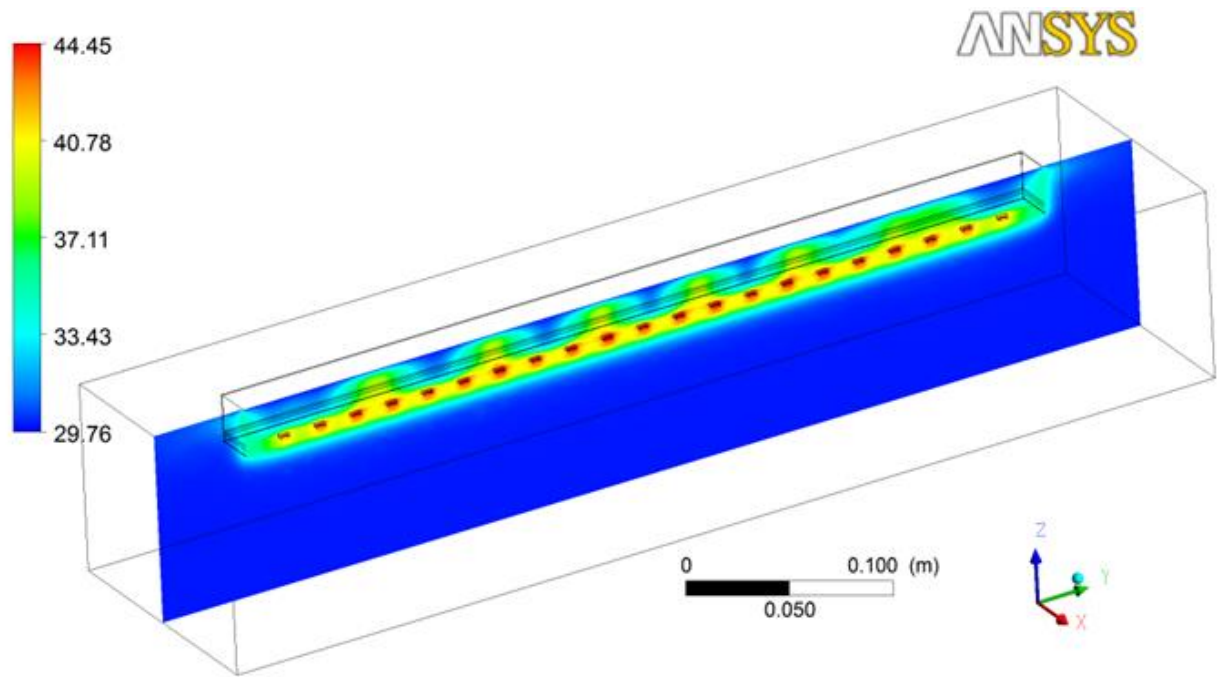


Рисунок 3.22 - Розподіл температури по всій розрахунковій області у вертикальному зрізі посередині світильника. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 30 °C

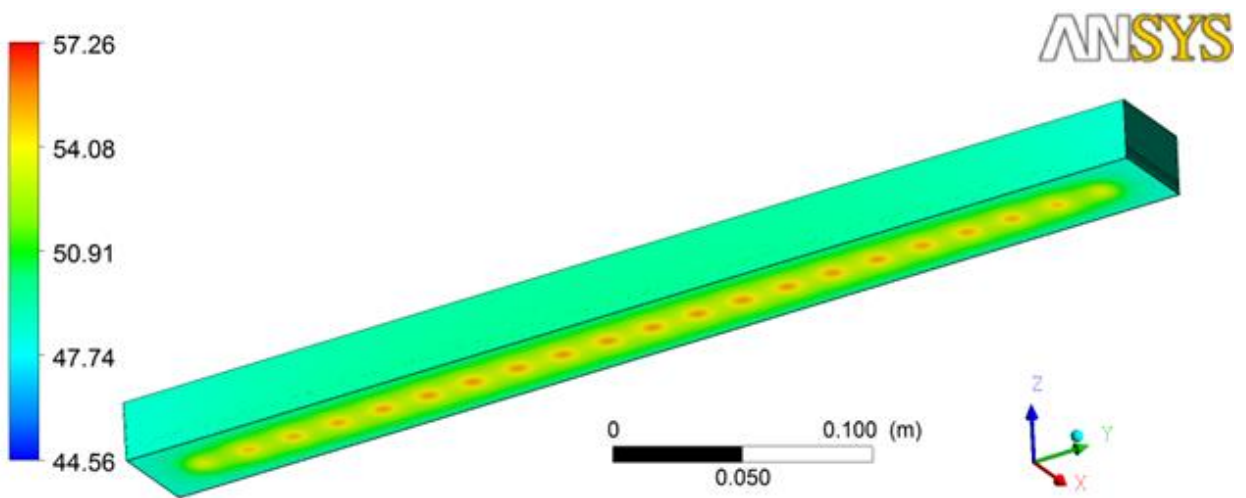


Рисунок 3.23 - Розподіл температури по поверхні корпусу і скла. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 45 °C

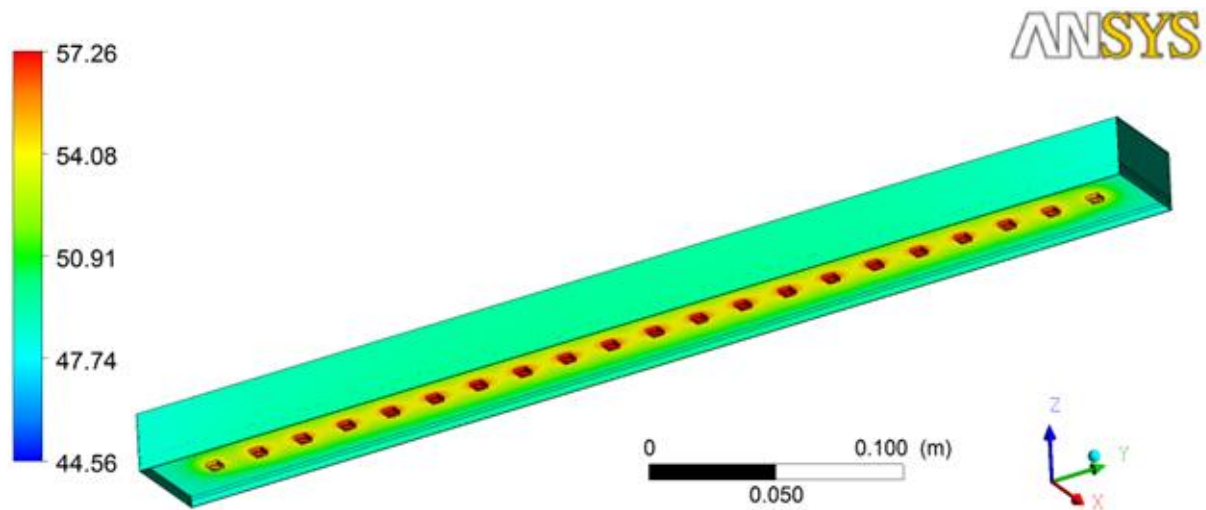


Рисунок 3.24 - Розподіл температури по поверхні корпусу, текстолітової пластині і світлодіодах. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 45 °С

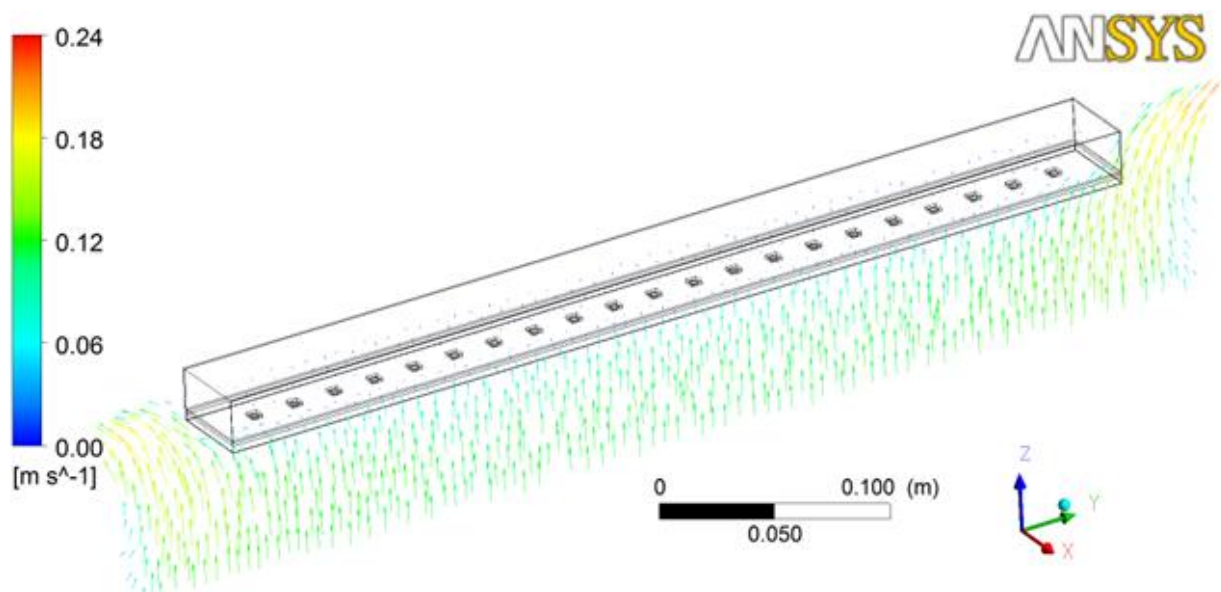


Рисунок 3.25 - Поле швидкостей по всій розрахунковій області у вертикальному зрізі посередині світильника. Матеріал корпусу - алюміній, температура навколишнього повітря – 45 °С

На рис. 3.26 наведені графіки залежності максимальної температури світлодіодів від температури навколишнього повітря для двох розглянутих випадків - пластикового і алюмінієвого корпусів, побудовані за результатами

проведеної серії розрахунків. З наведених залежностей видно, що температура р-п переходів в світильнику досягає значення в 50 °С при температурі навколишнього повітря 33 °С в разі, якщо корпус виготовлений із пластику й 37 °С - якщо був використаний алюміній.

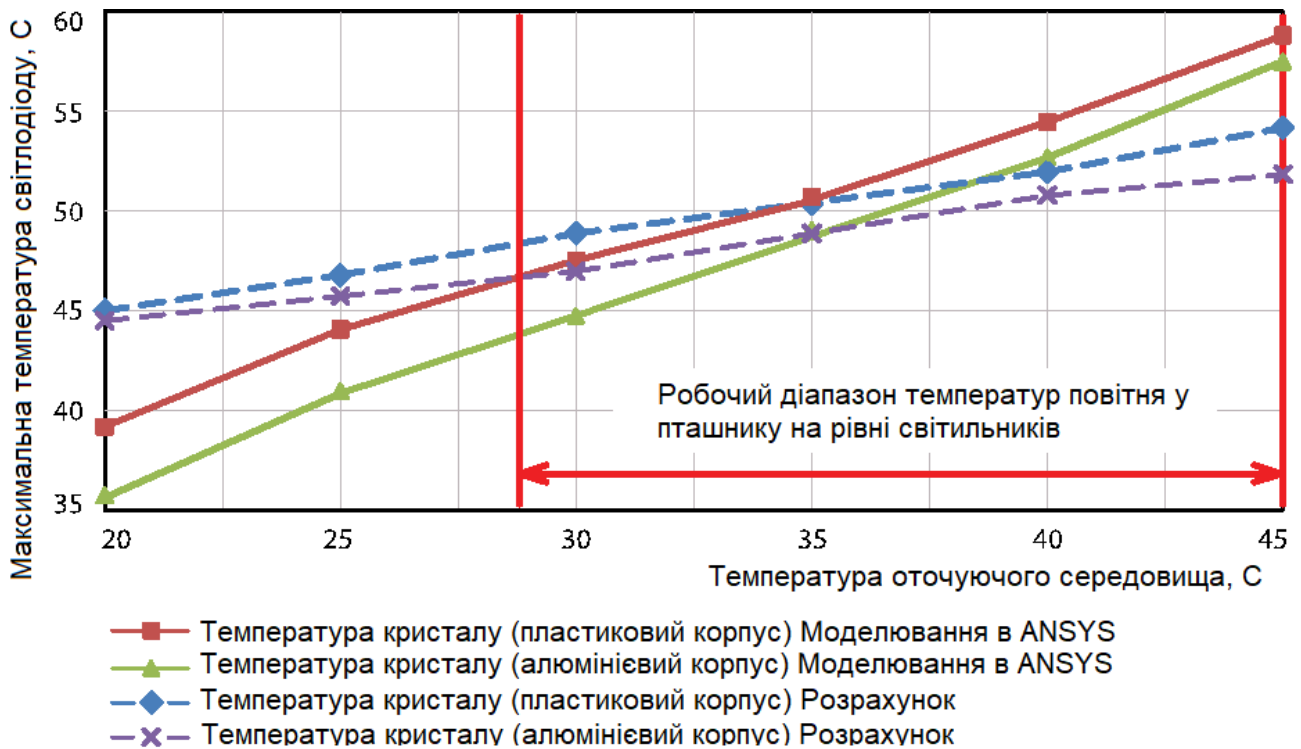


Рисунок 3.26 - Залежність температури світлодіодів від температури навколишнього повітря для двох варіантів корпусів

3.3 Розробка конструкції енергозберігаючих світильників на основі світлодіодів

Методи розрахунку освітлення при використанні світлодіодних світильників аналогічні загальноприйнятим розрахунками [15].

При розрахунку освітлення визначають число і потужність ламп, необхідних для забезпечення необхідної освітленості. При проектуванні освітлення застосовують такі методи розрахунку освітлення:

- метод питомої потужності,
- метод коефіцієнта використання,

- точковий метод,
- метод світних ліній.

Використаний при розрахунку освітлення метод питомої потужності є найпростішим.

Для вибору найбільш ефективного джерела світла були проведені експериментальні порівняння найкращих світлодіодів.

Для цього на їх основі були зібрані світильники потужністю по 8,4 Вт і виміряно рівень освітленості на відстані 207 см.

Таблиця 3.2 - Випробування експериментальних світильників

Фірма	Модель	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Світ. віддача лм / Вт	Напруга, В	Струм, мА	Колірна темп	Кут, град	CRI	Тест 20 см	Тест 207 см
Cree	MX3	1,2	100	83	3,4	350	7000	120	80	108-110	49 лк
Cree	MX3	1,2	100	83	3,4	350	4000	120	75	113-118	48 лк
Cree	CLP6B-WKW	0,55	35-44	63-80	3,6			120	72	100	45 лк
Cree	CLP6B-MKW	0,55	31-35	56-63	3,6	150	4000	120	75	87-91	40 лк
Cree	CLP6B-MKW	0,55	30	55	3,6	150	2700	120	80	80-84	
Cree	CLN6A-WKW	1,1	80-86	73-78	3,8	300 (350)	7000	115	72	92-105	35 лк
Cree	CLN6A-MKW	1,1	65-72	59-65	3,7	300 (350)	3000	115	80	73-80	
Samsung	SPMWHT5206N2BAC	0,2	20-22	100-110		60 (90)	5000	120		115-117	61 лк
Samsung	SPMWHT5206N2BAD	0,2	20-23	100-115	3,1	60 (90)	4200	120		108-109	63 лк
Samsung	SPMWHT5206N2BAE	0,2	19	95	3,1	60 (90)	3400	120			60 лк

Для виготовлення остаточного варіанта світильників були обрані світлодіоди SAMSUNG SPMWHT5206N2B з наступними характеристиками:

- світловіддача - 95 ... 115 лм / Вт.
- голірна температура 3400 ... 5000 К,
- кут світіння - 120 градусів,
- номінальна потужність світлодіода - 0,2 Вт,
- максимальна потужність світлодіода - до 0,3 Вт.

З урахуванням коефіцієнта пропускання скла, і запиленості світильника світловіддача світильника становить 80 лм / Вт

Для освітлення робочої площі птахоферми розміром 70 х 5 метрів вибираємо 44 світильника встановлених в 2 ряди

Потужність ламп для освітлення птахоферми:

$$P = \frac{E \times S}{F \times n} \times K_z = \frac{50 \times 350}{80 \times 44} \times 1,3 = 6,5 \text{ Вт}$$

де E - освітленість,
F - світловіддача світильників,
S - площа приміщення,
n - кількість світильників,
Kz - коефіцієнт запасу

$$S = 70 \times 5 \text{ м} = 350 \text{ м}^2$$

При цьому сумарна потужність світильників робочої системи освітлення складе:

$$P_{\text{сумм}} = n \times P = 44 \times 6,5 = 286 \text{ Вт}$$

Для перевірки розрахункового рівня освітленості було проведено моделювання в програмному комплексі CalcuLux (рис.3.27 – 3.29)

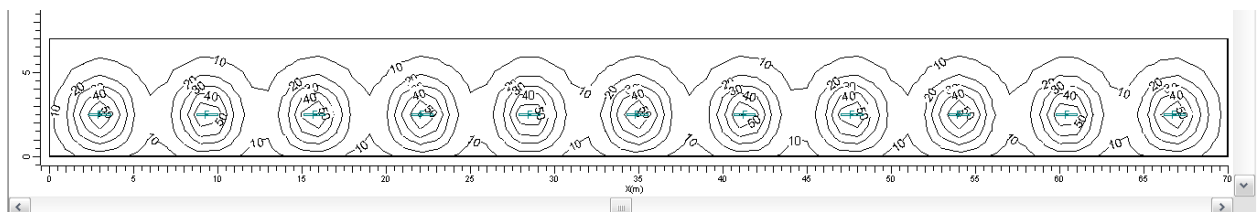


Рисунок 3.27 - Освітленість діючої системи освітлення.

Люмінесцентні лампи 40 Вт 2200 лм, 1 шт. на клітку

18.9 лк середня освітленість, споживання 980 Вт

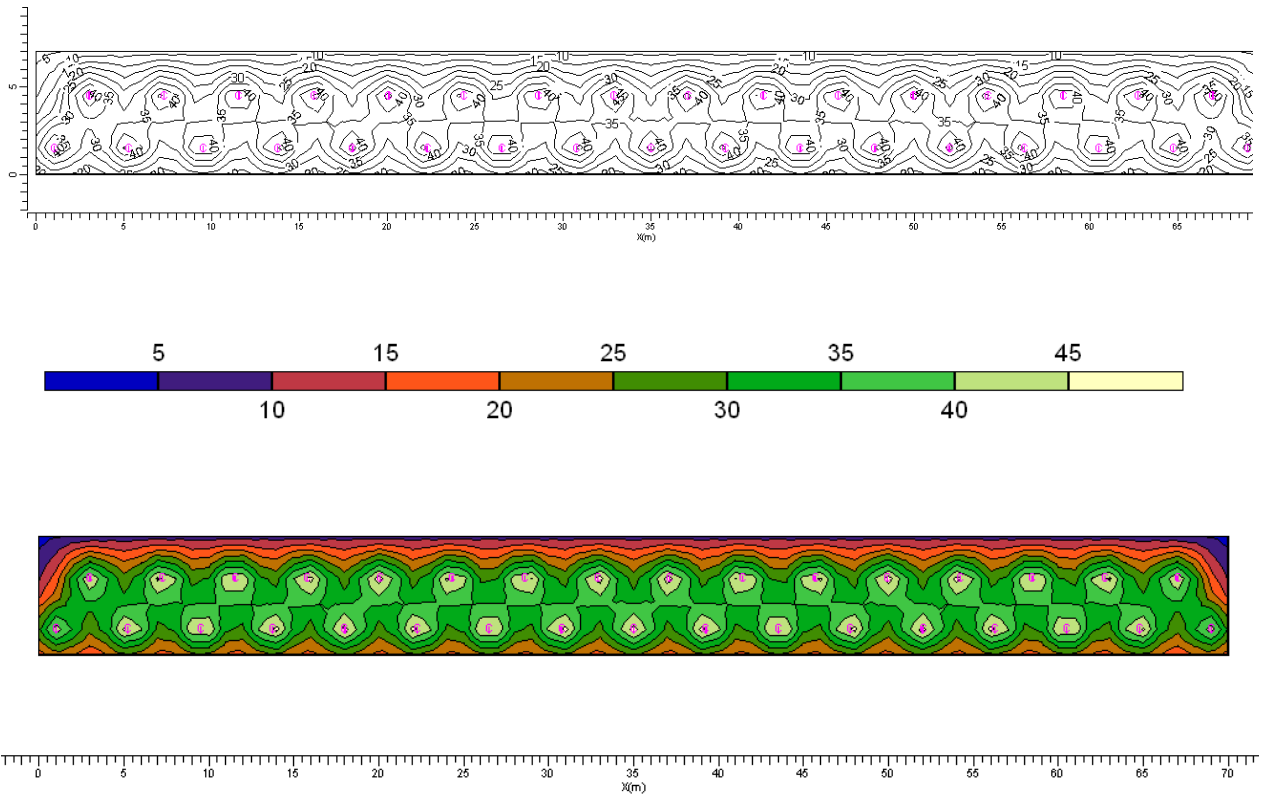


Рисунок 3.28 - Освітленість нової системи освітлення.

Лампи 6,5 Вт, 520 лм - 3 шт. на клітку, 33 шт. на птахоферму;

середня освітленість - 31,2 лк, сумарна потужність - 215 Вт

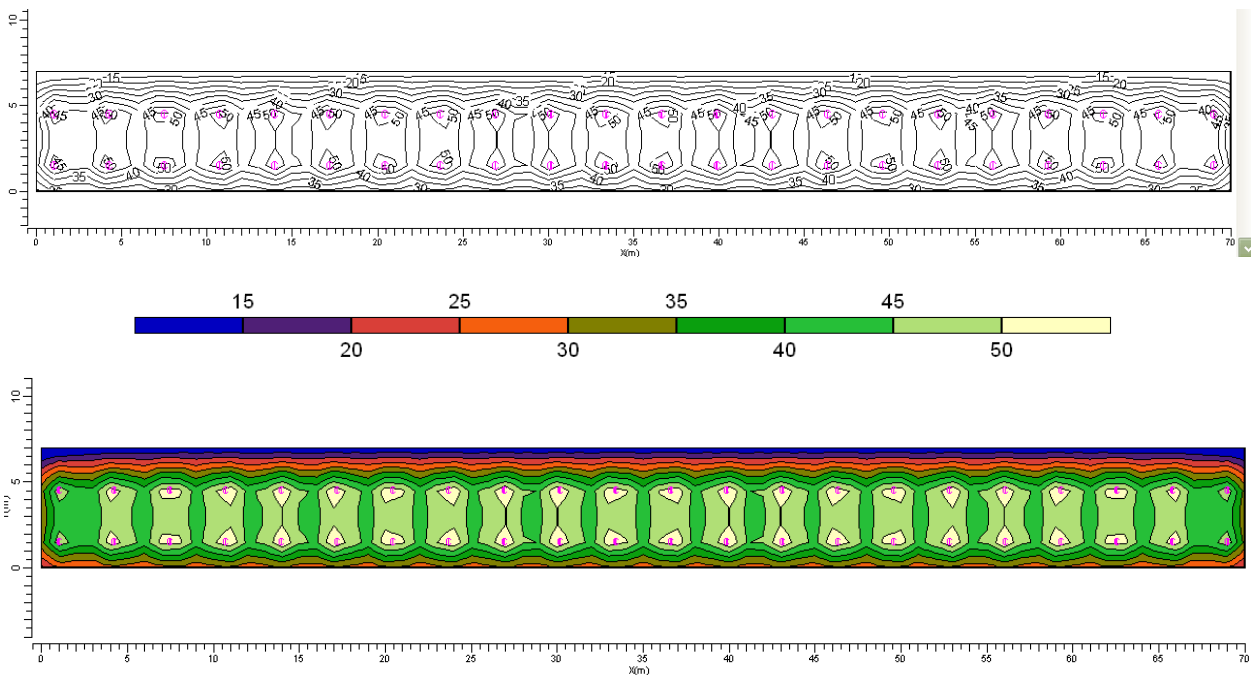


Рисунок 3.29 - Освітленість нової системи освітлення

Лампи 6,5 Вт 520 лм - 4 шт. на клітку, 44 шт. на птахоферму;

середня освітленість - 39,9 лк, сумарна потужність - 286 Вт

На основі теплових розрахунків розроблена конструкція енергозберігаючого світильника на основі світлодіодів. Основна частина світильника - текстолітова пластина розмірами 450 x 40 мм і товщиною 1 мм, що є тепловідвідним елементом, на яку напаяний 21 світлодіод (рис. 3.30), який має розміри 5,2 x 5,2 x 1,5 мм. Така система охолодження світлодіодів забезпечить максимально температуру кристалів світлодіодів менше 70 °С при температурі навколишнього повітря більше 45 °С.

При такій температурі кристала очікуваний термін служби світлодіодів складе 30000 годин при спаді світлового потоку не більше 30 %

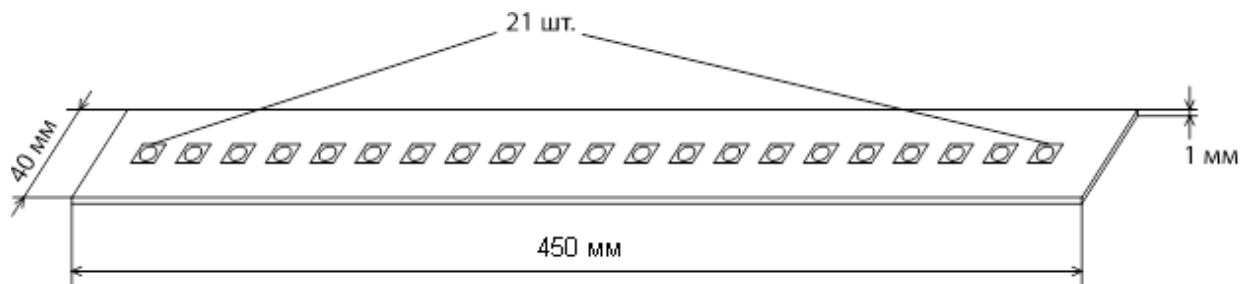


Рисунок 3.30 - Розташування світлодіодів на платі

Світильники складаються з пластикових корпусів, в яких встановлена плата зі світло діодами (рис. 3.30). Передня частина світильників закрита склом і загерметизована компаундом.

Технічна характеристика світильника

- номінальна потужність - 6,5 Вт;
- колірна температура - 4000 К;
- мінімальний світловий потік - 520 лм;
- габаритний розмір - 500 x 40x 25 мм;
- кількість світлодіодів - 21 шт;
- маса - 310 гр.

3.4 Висновки до розділу

1. Теплові розрахунки підтвердилися експериментальними даними. З теплових розрахунків видно, що при максимальній температурі повітря + 45 °С, температура кристала світлодіодів не перевищує + 60 °С, що дозволяє розраховувати на термін служби світлодіодів більш 30000 годин.

2. Застосування пластикового корпусу підвищує температуру світлодіодів на 5 градусів, щодо алюмінієвого корпусу, то при температурі навколишнього середовища +20 °С, і 1,5 градуса при температурі навколишнього середовища +45 °С. Отже допустимо застосування корпусу з пластика.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Особливості електротравматизму, електричний струм як чинник небезпеки

Електротравми відбуваються при потраплянні людини під напругу в результаті доторкання до елементів електроустановки з різними потенціалами, чи потенціал яких відрізняється від потенціалу землі, в результаті утворення електричної дуги між елементами електроустановки безпосередньо, або між осінніми і людиною, яка має контакт з землею, а також в результаті дії напруги кроку.

Електротравматизм як соціальна категорія характеризується сукупністю електротравм за певний проміжок часу, їх абсолютними і відносними показниками, розподілом за тяжкістю, галузями виробництва тощо.

Як попередньо зазначалось, електротравми в загальному виробничому травматизмі складають біля 1 %, а в смертельному - біля 15-20 %. Останнє свідчить про зміщення виду електротравм у бік тяжких, що є однією з особливостей електротравматизму.

Особливістю електротравматизму є також те, що на електроустановки напругою до 1 кВ припадає до 70-80 % електротравм зі смертельними наслідками, а на електроустановки, паш тою понад 1 кВ, - до 20-30 %.

Приведений розподіл електротравм за величиною напруги електроустановок обумовлюється не тільки більшою розпсвсюдженістю електроустановок напругою до 1 кВ, але, В більшій мірі, ще й тим, що такі установки доступні більшому загалу працівників, які мають недостатньо чіткі уявлення щодо небезпеки електричного струму та вимог безпеки при експлуатації електроустановок.

До установок, напругою понад 1 кВ, має доступ обмежена кількість працівників, які повинні мати достатній рівень підготовки з питань

електробезпеки - відповідну вимогам чинних нормативів групи з електробезпеки [16].

Крім зазначеного, в порівнянні з іншими видами травматизму, електротравматизму характерні такі особливості:

- людина не в змозі дистанційно, без спеціальних приладів, визначити наявність напруги, а тому дія струму, зазвичай, є раптовою, і захисна реакція організму проявляється тільки після потрапляння під напругу;

- струм, що протікає через тіло людини, діє на тканини і органи не тільки в місцях контакту зі струмопровідними частинами і на шляху протікання, але й рефлекторно, як надзвичайно сильний подразник, впливає на весь організм, що може призводити до порушення функціонування життєво важливих систем організму — нервової, серцево-судинної систем, дихання, тощо;

- електротравм можливі без дотику людини до струмопровідних частин — внаслідок утворення електричної дуги при пробі повітряного проміжку між струмопровідними частинами, або між струмопровідними частинами і людиною, чи землею;

- розслідуванню, обліку і аналізу, в основному, доступні тяжкі електротравми та електротравми зі смертельними наслідками, що негативно впливає на профілактику електротравм.

4.2 Можливість виникнення статичної електрики та заходи боротьби з нею

Наслідки спричинені електризацією, свідчать про необхідність здійснення заходів щодо попередження небезпечної і шкідливої дії статичної електрики на організм людини [16].

Статична електрика - це процес утворення і розділення зарядів у просторі при контакті двох матеріалів, якщо хоча б один з них є діелектриком.

Підвищений рівень статичної електрики відноситься до групи фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Суть електризації заключається в тому, що діелектрики за певних умов стають електрично зарядженими. При цьому заряди не виникають і не зникають, а переходять з одного електризованого тіла на інше, накопичуються на поверхнях їх стикання чи переміщуються в межах одного й того ж тіла. Статична електрика може з'являтися на тілах і через індукцію, тобто через взаємодію на відстані. В основному виробництві харчової промисловості це можуть бути процеси помелу зерна, просіювання, транспортування трубопроводах борошна, процеси, пов'язані з приготуванням цукрової пудри, перевезенням чи транспортуванням по трубопроводах спирту, сухих дріжджів, розміщенням і фільтруванням рідин; технологічні процеси, пов'язані із застосуванням плоскопасових передач, транспортерів і т.д.

Статична електрика при розділенні контактів двох тіл особливо добре проявляється в пасових передачах (транспортерах). Електричні заряди протилежних знаків з'являються на пасі і шківі при порушенні поверхні контакту в місці збігання пасу зі шківа. і йому в деяких випадках різниця потенціалів може досягати 80 кВ.

Якщо напруженість електричного поля перевищує електричну міцність середовища (повітря), то відбувається розряд статичної електрики. Основною причиною, що характеризує здатність різних матеріалів проводити струм, а також визначає їх здатність до електризації, є питомий електричний опір. Умовно прийнято, що при питомому електричному опорі речовин і матеріалів порядку менше 10 Ом•м заряди не накопичують і безпеки не являють. Якщо ж опір високий і велика швидкість відриву поверхні, то заряди зберігаються. Величина зарядів визначається природою матеріалу і швидкістю розділення поверхонь, тобто інтенсивністю технологічного процесу.

Розряди статичної електрики являються одними з можливих імпульсів спалахування і вибухів в харчовій промисловості, що зв'язано, в першу чергу, із застосуванням сильно електризуючих речовин і матеріалів (горючі рідини, пил

органічного походження). Електризація рідин приводить до спалахування і вибухів втриє частіше, ніж електризація дрібнодисперсних матеріалів, оскільки мінімальна енергія запалювання пилово-вітряних сумішей з 10...100 раз менше. При протіканні рідин величина заряду залежить від діелектричної сталої, її забрудненості, шорсткості стінок, швидкості протікання і діаметра труб.

Захист від статичної електрики та її небезпечних проявів повинен здійснюватись в двох напрямках: усунення електричних зарядів або зменшення їх до безпечних величин.

У харчовій промисловості статична електрика усувається заміною горючих середовищ негорючими. Для промивання ємкостей, трубопроводів, наприклад замість бензину, гасу слід використовувати пожежобезпечні розчинники (їдкий натр або калі, компоненти із рідкого скла, контакт Петрова, ОП-7 або ОП-10); підтриманням концентрації горючих речовин за межами вибуховості. Проводиться з урахуванням вимог і можливостей технологічного процесу; нанесенням на діелектричне устаткування електропровідних покриттів; відведенням зарядів від людей у виробництвах, де існує небезпека спалаху горючих сумішей розрядом з людини; зволоженням навколишнього середовища, якщо це допускається за умовами технологічного процесу. Якщо це неможливо, то може застосовуватись місцеве зволоження, шляхом направлення розпилюючого струменя на поверхні, з яких необхідно відвести статичні заряди; забезпеченням проявів заряду в тих місцях, де немає горючого і вибухонебезпечного середовища; збільшенням, об'ємної і поверхневої провідності діелектриків, які використовують для транспортування і зберігання рідин; іонізацією повітря індукційними, високовольтними, радіоактивними і комбінованими нейтралізаторами. Вибір кожного типу нейтралізатора проводиться з урахуванням середовища і характеристик іонізаторів; змінням технологічного процесу з метою усунення причин, що сприяють появі електризації; заземлення обладнання. Заземлення обладнання - один з важливих і обов'язкових заходів до захисту від статичної електрики.

Апарати, машини, пристрої, які можуть стати джерелами виникнення зарядів статичної електрики, повинні бути заземлені не менше ніж у двох місцях незалежно від заземлення усього технологічного кола.

Звичайні заземлюючі пристрої для захисту від розрядів статичної електрики об'єднують із заземлюючими пристроями для електрообладнання.

Заземлення повинно бути здійснене тільки паралельним приєднанням захисного обладнання. Допустимий опір заземленого пристрою для захисту від статичної електроенергії у вигляді малих струмів витрат допускається не більше 100 Ом.

Гнучкі трубопроводи для перекачування рідин, які здатні генерувати заряди (спирт, бензин, гас тощо), повинні мати металеве заземлене оплетення, а вихідні штуцери мають бути виконані із кольорових металів і з'єднані із заземленим металевим оплетенням.

Серед інших заходів, направлених на заземлення небезпечних проявів розрядів статичної електрики, слід відмітити такі, як заміна плоских пасів текстурними (клиновими); недопущення розприскування рідин при їх розливанні в ємності шляхом опущення завантажувальних труб на відстань не більше 0,2 м від днища приймальної посудини; зміна швидкості переміщення твердих і рідких матеріалів та ін.

4.3 Підвищення стійкості роботи об'єктів енергетики у воєнний час

На основі всебічного аналізу факторів, що впливають на стійкість роботи об'єктів енергетики, робляться висновки про ймовірність виникнення аварій, стихійних лих, терористичних актів та їх впливу на виробничу діяльність і визначаються основні напрямки (шляхи) підвищення стійкості функціонування об'єктів енергетики в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу [17]:

1. Забезпечення надійного захисту робітників та службовців від впливу вражаючих факторів аварій, катастроф, стихійних лих і засобів ураження

2. Захист основних виробничих фондів від впливу вражаючих факторів аварій, катастроф, стихійних лих та засобів ураження, в тому числі і від вторинних вражаючих факторів;

3. Забезпечення стабільності і безперервності управління виробництвом та ЦЗ;

4. Забезпечення надійності постачання об'єкта енергоносіями.

Для надійного функціонування об'єктів енергетики в надзвичайних ситуаціях завчасно організовуються і проводяться заходи, спрямовані на підвищення стійкості їх роботи. До них відносяться:

1. Інженерно-технічні заходи (ІТЗ).
2. Технологічні заходи.
3. Організаційні заходи.

Інженерно-технічні заходи - заходи, спрямовані на забезпечення підвищення стійкості будівель, споруд, обладнання, енергетичних систем до впливу НС.

Технологічні заходи - заходи, спрямовані на здійснення підвищення стійкості шляхом зміни технологічного режиму, що виключає виникнення вторинних факторів ураження.

Організаційні заходи - заходи, спрямовані на завчасну розробку і планування дій керівного складу, особового складу, штабу ЦЗ, служб, невоєнізованих формувань об'єктів енергетики в умовах надзвичайних ситуацій.

Основними напрямками підвищення стійкості функціонування є наступне:

- забезпечення захисту населення і його життєдіяльності;
- раціональне розміщення виробничих сил та потужностей на території об'єкта енергетики, регіону;
- підготовка до роботи в умовах НС мирного та воєнного часу;
- підготовка до виконання робіт по відновленню об'єктів в умовах НС;
- підготовка системи управління.

Всі ці заходи повинні забезпечити максимально можливе зниження втрат і руйнувань та зменшити можливість виникнення повторних зон зараження при впливі РР, ОР та НХР. Зміст таких заходів, виходячи з галузевих і інших нормативних документів, конкретизується для кожної територіальної ланки..

Ми знаємо, що електропостачання є основою всякого виробництва. Для забезпечення надійного електропостачання в НС при його проектуванні та будівництві повинні бути враховані наступні основні вимоги, що впливають із завдань цивільного захисту:

1. Електропостачання повинно здійснюватися від енергосистем, до складу яких входять електростанції, що працюють на різних видах палива.
2. Великі електростанції слід розміщувати одну від одної і від великих міст на значних відстанях.
3. Районні понижуючі підстанції, диспетчерські пункти енергосистем та лінії електропередач необхідно розміщувати розсереджено і надійно захищати.
4. Постачання електроенергією великих міст слід передбачати від двох незалежних джерел.

Крім того, необхідно створювати автономні резервні джерела електропостачання. Для цього можна використовувати рухливі електростанції на залізничних платформах, малопотужні електростанції, не включені до енергосистеми. Система електропостачання повинна мати грозозахисту систему та захист від впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

Енергетичні споруди та електричні мережі повинні проектуватися з урахуванням забезпечення стійкого електропостачання категорійних міст і об'єктів. Схема електричних мереж енергосистем при необхідності повинна передбачати можливість автоматичного розподілу енергосистеми на збалансовані, незалежно працюючі частини. При проектуванні енергетичних систем і їхнього об'єднання теплові (конденсаційні) електростанції слід розміщати поза зонами можливого катастрофічного затоплення. У категорійних

містах припускається розміщення тільки теплоелектроцентралей незалежно від їхньої встановленої потужності з максимальним віддаленням їх від центрів житлової і промислової забудов. Нові атомні електростанції та атомні теплоелектроцентралі повинні розміщатися з урахуванням їх впливу на навколишнє середовище і радіаційну безпеку населення. На існуючих та на тих, що проектуються і будуються атомних станціях, передбачається створення систем автоматизованого контролю за радіаційною обстановкою на території станції і в зоні спостереження цих станцій, оповіщення та інформаційного забезпечення обслуговуючого персоналу і населення про радіаційну небезпеку, а також захищених пунктів керування протиаварійними діями на території станції і в пристанційних селищах.

При проектуванні схем зовнішнього електропостачання категорійних міст необхідно передбачати їхнє електропостачання від декількох незалежних та територіально рознесених джерел живлення (електростанції і підстанції), частина з яких повинна розташовуватися за межами зон можливих руйнувань. При цьому зазначені джерела і їхні лінії електропередачі повинні, як правило, знаходитися на відстані одне від одного, що виключає можливість їхнього одночасного виходу з ладу. Системи електропостачання категорійних міст повинні враховувати можливість забезпечення транзиту електроенергії в обхід зруйнованих об'єктів за рахунок спорудження коротких перемичок повітряними лініями електропередачі. Нові лінії електропередачі, що живлять особливо важливих споживачів, слід проектувати в кабельному виконанні. Для забезпечення можливості зниження електричного навантаження в категорійних містах системи електропостачання об'єктів, які не відключаються у воєнний час, повинні бути відділені від систем електропостачання інших об'єктів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз сучасних систем освітлення приміщень птахоферм дозволив обґрунтувати актуальність застосування енерго-ресурсозберігаючої системи штучного освітлення на основі світлодіодних джерел світла з резонансною системою живлення з функцією плавного включення-виключення «Схід - Захід».

2. Удосконалено математичну модель, що дозволяє обґрунтувати контрольовані і регульовані параметри теплових режимів роботи світлодіодів в світильниках, на основі якої розрахована конструкція світлодіодних світильників, в якій максимальна температура кристалів становить + 57 °С, при цьому, термін служби світлодіодів складе більше ніж 30000 годин.

3. Розроблено систему освітлення для приміщень птахоферм різного розміру з клітковим і підлоговим вирощуванням птиці, до складу якої входять: світильники потужністю 1, 4,5 та 6,5 Вт; передаючі резонансні перетворювачі потужністю 300, 500 і 1500 Вт; алгоритм роботи і блоки управління з системою «Схід - Захід» з часом плавного включення до 45 сек, виключення до 60 сек, з вбудованим мікропроцесором або зовнішнім управлінням від штатного таймера.

4. Встановлено, що застосування даної системи освітлення скорочує витрати електроенергії на освітлення в 3 рази в порівнянні з системою на основі люмінесцентних ламп. Для освітлення приміщень птахоферм споживана потужність даної системи освітлення становить 0,5 ... 0,8 Вт/м². Так для пташника розміром 7х70 м, з урахуванням ККД передавального перетворювача споживана потужність становить 308 Вт. Застосування енерго-ресурсозберігаючої системи освітлення може підвищити несучість птиці на 4 % через підвищення якості освітлення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пусь В.Б. Підвищення ефективності сонячної фотоелектричної енергоустановки// Ю.М.Величко, О.І.Демчук, В.Б.Пусь, А.Г.Стецюк, С.В.Слободян /Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей X міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 24–25 листоп. 2021.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон.техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: 2021. Т. 2. – 17-18.
2. Lighting programs for replacement pullets. Ralph A. Ernst, Extension Poultry Specialist, Animal Science Department, University of California, Davis CA, 95616.
3. Тарасенко, М. Г. Динаміка коефіцієнта пульсацій світлового потоку теплових і люмінесцентних джерел світла [Текст] / М. Г. Тарасенко, К. М. Козак, В. П. Коваль // Світлотехніка та електроенергетика. — 2015. — № 1 (41). — С. 37–43..
4. Філюк Я.О. Енергоощадні освітлювальні установки з автономним живленням/ В.А. Андрійчук, В.П.Коваль// Матеріали науково-практичного семінару «Міжнародний інвестиційний форум – виставка з енергоефективності та енергоощадності 2015». Тернопіль. 8.10.2015 – С. 103-105.
5. Коваль В., Тарасенко М., Коцюрко Р. Світлотехнічні аспекти заміни ламп розжарення на енергоефективні джерел світла. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2014. № 5 (123). С. 2–8.
6. Стребков Д.С., Некрасов А.И., Юферев Л.Ю., Роцин О. А. Модернизированная резонансная система электрического освещения. Труды Международной научно-технической конференции. ВИЭСХ 2008.
7. Юферев Л.Ю., Стребков Д.С., Роцин О.А. Экспериментальные модели резонансных систем электрической энергии. М.: ВИЭСХ, 2010, 208с.
8. Тарасенко М. Г. Віртуальний вимірювальний комплекс для дослідження перехідних процесів в електричних колах довільної конфігурації.

[Електронний ресурс] / Тарасенко М. Г., Коваль В. П. // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – 2006. – Т.8. – №1. – С. 84-92.

9. М. Браун. Источники питания. Расчет и конструирование. МК-Пресс. Киев. 2007. 279с.

10. Тарасенко М.Г. Особливості перехідних процесів попереднього підігрівання електродів люмінесцентних ламп. / М.Г. Тарасенко, В.П. Коваль //Світлотехніка та електроенергетика. – 2010. – № 2. – С. 12-20.

11. Нелинейная тепловая модель гетеропереходного светодиода. В.А. Сергеев, А.М. Ходаков. Физика и техника полупроводников, 2012, том 46, вып. 5, с 691-694.

12. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие для вузов : в 10 т. Том 6. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под. ред. Л. П. Питаевского. — 6-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 728 с.

13. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. М., «Энергия», 1977. - 344 с.

14. Басов К.А. ANSYS в примерах и задачах. Под общ. ред. Д. Г. Красковского. — М: КомпьютерПресс, 2002. —224 с: ил.

15. IES Approved Method for the Electrical and Photometric Measurements of Solid-State Lighting Products, publication IES LM-79-08. Illuminating Engineering Society: New York, NY, 2008.

16. Гандзюк, М. П. Основи охорони праці [Текст] : підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський ; за ред. М. П. Гандзюка ; МОН України. – 4-е видання. – К. : Каравела, 2008. – 384 с.

17. Шоботов В. М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. — К.: Центр навчальної літератури, 2006. — 438 с.