

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

НЕВМЕРЖИЦЬКИЙ ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ

УДК 628.94. 45.51.35; 621.326

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

(тема роботи)

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело _____

(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Соколовський Олег Феліксович

(прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

(науковий ступінь, вчене звання)

АНОТАЦІЯ

Невмержицький В.І. Розробка варіанту системи освітлення тваринницької ферми. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

В даній кваліфікаційній роботі проведений аналіз впливу різних ділянок оптичного діапазону (ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання) на фізіологічні показники та продуктивні якості корів. Обґрунтовано оптимальний рівень освітленості при утриманні корів та розроблений проєкт реконструкції освітлювальної установки молочної ферми, що задовольняє необхідні світлотехнічні параметри на прикладі ПСП «Україна», с. Почуйки, Житомирського району Житомирської області.

Ключові слова: *освітлювальна установка, тваринницька ферма, проєкт, реконструкція.*

ABSTRACT

NEVMERZHYTSKYI V.I. Development of a variant of the lighting system for a farm animals. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 - Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

This qualification work analyzes the influence of different parts of the optical range (ultraviolet, visible and infrared radiation) on the physiological indicators and productive qualities of cows. The optimal level of illumination when keeping cows is substantiated and a project for the reconstruction of the lighting installation of a dairy farm is developed, which satisfies the necessary lighting parameters using the example of PSP "Ukraine", village Pochuyki, Zhytomyr district, Zhytomyr region.

Keywords: lighting installation, farm animals, project, reconstruction.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОБГРУНТУВАННЯ ПИТАННЯ ЩОДО ОСВІТЛЕННЯ ФЕРМИ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ	6
1.1. Світловий режим та його вплив на фізіологічний стан організму тварин	6
1.2. Результати досліджень з освітлення тваринницьких приміщень	8
1.2.1. Ультрафіолетове опромінення тварин	8
1.2.2. Вплив видимої області спектра на тварин	9
1.2.3. Інфрачервоне опромінення тварин	11
1.3. Висновки по розділу	13
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОСВІТЛЕННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ	14
2.1. Технічні засоби та методи освітлення тваринницьких приміщень	14
2.2. Порівняльна характеристика температурних, газорозрядних та світлодіодних джерел освітлення тваринницьких приміщень	16
2.3. Висновки по розділу	20
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ	21
3.1. Аналіз та розрахунок освітлення приміщення на фермі	21
3.2. Управління освітленням на молочній фермі	24
3.3. Техніко-економічне обґрунтування проєкту	26
3.4. Розрахунок амортизаційних відрахувань	27
3.5. Висновки по розділу	27
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29

ВСТУП

Освітлення тваринницьких приміщень – це одна із багаточислених галузей світлотехніки. Розвиток молочної галузі в загальному має виключно важливе значення в забезпеченні населення необхідними продуктами харчування, а також зміцнює продовольчу незалежність країни.

Пріоритетним напрямком розвитку молочної галузі необхідно вважати підвищення продуктивності тварин (збільшення їх надоїв) і зниження витрат на виробництво молока. Для цього необхідно створити умови для утримання тварин, що відповідають сучасним вимогам.

При створенні штучної середовища життя для сільськогосподарських тварин особлива увага приділяється світовому режиму, який найбільше повністю розкриває функціональні можливості організму.

Об'єктом розробки – є ферма ПСП «Україна».

Предметом розробки – освітлювальна установка, оснащена світлодіодними світильниками.

Саме тому *мета даної роботи* – є вивченням впливу різних рівнів та джерел освітлення на фізіологічний стан корів і їх молочну продуктивність.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі *завдання*:

- 1) розглянути роль освітлення для збільшення продуктивності великої рогатої худоби;
- 2) вивчити вплив різних ділянок оптичного діапазону (ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання) на фізіологічні показники та продуктивні якості корів;
- 3) обґрунтувати оптимальний рівень освітленості при утриманні корів;
- 4) розробити проєкт реконструкції освітлювальної установки молочної ферми, що задовольняє необхідні світлотехнічні параметри на прикладі ПСП «Україна», . Почуйки, Житомирського району Житомирської області.
- 5) визначити економічну ефективність проєкту реконструкції.

В результаті дослідження проведено аналіз освітлювальної установки об'єкта розробки, оснащеної світлодіодними світильниками та розрахований економічний ефект.

В процесі дослідження проводились оцінювальні заходи по якості освітлення на фермі ПСПК «Україна», с. Почуйки, Житомирського району.

Був створений проєкт освітлювальної установки зі світлодіодними світильниками і запропонована система управління освітленням на об'єкті.

У майбутньому планується проведення додаткових робіт в напрямку модернізації освітлювальної установки ферми.

Публікації:

Невмержицький В. І., Гужа М.О., Сукманюк О. М. Порівняльна характеристика температурних, газорозрядних та світлодіодних джерел освітлення тваринницьких приміщень. Студентські читання–2024: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 31 жовтня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. Ч. 2. С. 83-87.

Невмержицький В. І. Інфрачервоне опромінення тварин. Студентські наукові читання : збірник тез доповідей науково-практичної конференції за підсумками І-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 23 квітня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С.101-103.

Обсяг та структура роботи. Робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 30 сторінок машинописного тексту, містить 11 рисунків та 10 таблиць, списку використаних джерел з 17 найменувань.

РОЗДІЛ 1.

ОБГРУНТУВАННЯ ПИТАННЯ ЩОДО ОСВІТЛЕННЯ ФЕРМИ ВЕЛИКОЇ РОГАТОЇ ХУДОБИ

1.1. Світловий режим та його вплив на фізіологічний стан організму тварин

Світло – один із необхідних та важливих параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень. Будь-який технологічний процес сільськогосподарського виробництва нерозривно пов'язаний з життєдіяльністю тварин, тому необхідно створити для тварин комфортні умови життя на фермі. Головною проблемою молочних ферм є відсутність достатнього природного висвітлення.

Вирішити дану проблему досить легко, встановлення світильників. Від рівня освітленості, спектрального складу випромінювання, насамперед, залежить розвиток та зростання тварин, їх здоров'я, продуктивність, витрата кормів, а також якість одержуваної продукції. Під дією світла посилюється обмін речовин, здійснюються окислювальні реакції та стимулюються функції ендокринної системи, що підвищує стійкість організму до хвороб.

У сільському господарстві застосовуються досить широкий діапазон оптичного випромінювання – ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне. Енергію у вигляді випромінювання використовують для освітлення тваринницьких приміщень, а за допомогою інфрачервоних ламп обігрівають молодняк віком до 60 днів.

Видима частина спектру розташовується в межах від 380 до 780 нм і має здатність викликати подразнення зорового апарату. Необхідно зазначити, що око має різну чутливість до різного видимого діапазону.

У процесі пристосування до зовнішніх факторів, чергування світла та темряви (дня та ночі), що впливають на тварин спостерігаються рівномірні зміни процесів життєдіяльності, назва яких фотоперіодизм. Виникнення статевих рефлексів, потреба відтворення потомства, цілорічна зміна вовни, жировиділення, обмін речовин, кількість молока, ендокринна функція здійснюються та регулюються у тварин світловим режимом [1].

Фотоперіодизм є джерелом збільшення маси гіпофіза, підвищує секреторну діяльність базофільних клітин гіпофіза, відсутності чи нестачі світла у приміщенні, а також при постійній освітленості 100 лк і більше має недорозвинення, як гіпофіза, так і епіфіза; знижується їх маса, гормональна активність та загалом слабшає функція ендокринної системи.

Варто приділити особливу увагу ефекту впливу світла на продуктивність тварин. На продуктивність впливають періодичність та тривалість випромінювання, а також головний фактор – спектральний склад випромінювання [2].

Деякі частини спектру випромінювань по-різному впливають на нервову систему тварин. Найбільша збудливість проявляється при освітленні червоними променями, найменша при фіолетовому та синьому і жовта частина видимого спектра не має визначального впливу на поведінку тварин. Через вплив інтенсивного та тривалого освітлення підвищується тонус нервово-м'язового апарату, в результаті збільшується рухова активність, при нестачі світла в приміщенні пригнічується активність, яка веде до скорочення обміну речовин, тварини рухаються менше та відпочивають більше.

Під впливом світла налагоджується обмін речовин в організмі тварин, це є необхідним процесом і, безумовно, обов'язковою умовою правильної функціональності організму.

Відповідно, оптимальне освітлення є необхідним вимогою для профілактики та лікування цілого ряду захворювань сільськогосподарських тварин, тоді як недостатня освітленість створює передумови виникнення анемії, остеомаліції та інших хвороб [2].

Якщо освітлення тривале та інтенсивне, то це є головною стимулюючою дією, що впливає на білковий обмін. Синтез білка порушується, коли тварин утримують в умовах низького освітлення (менше 150 лк) протягом тривалого часу [2].

Корови, що знаходяться при освітленості 100-150 лк, протягом року мали загальну кількість білка у крові на 3-6,6 % більше, ніж корови, що містяться при освітленості 50-100 лк за рахунок збільшення глобулінів [3-5].

Варто зазначити, що газообмін в організмі тварин зазнає зміни в залежності від інтенсивності, тривалості освітлення та спектрального складу світла. При збільшенні штучної освітленості в приміщенні від 15-20 до 100-120 лк, у корів зростає споживання кисню на 11-26%, виділення вуглекислого газу збільшується на 26,2-34,1%, а утворення тепла на 1 кг маси тіла тварини підвищується на 16-22%. При низькому рівні освітленості та короткому світловому дні знижуються обмін кисню та вуглекислого газу, це веде до стрімкого зниження окисних процесів в організмі тварин [2, 5].

1.2. Результати досліджень з освітлення тваринницьких приміщень

Наприкінці ХХ століття, в сільськогосподарському виробництві дуже важливе значення набуває світлове середовище, яке є невід'ємною частиною тваринницьких приміщень. Масштаб застосування штучного освітлення, а також опромінення насамперед характеризуються рівнем витрат електроенергії на дані цілі. У сільському господарстві на освітлення та опромінення витрачається до 20% всього обсягу споживання електроенергії [6]. Вартість у 2025 році становить 686,23 гривень/МВт·год (без ПДВ) у різних регіонах країни. Можна зробити висновок, що сільське господарство є великим споживачем електроенергії для освітлення тваринницьких будівель та споруд. Перед фахівцями стоїть завдання: як раціонально та економічно використовувати електроенергію для освітлювально-опромінних установок? Кожен технологічний процес має бути ефективним, під даним словом розуміється приріст продуктивності або за збереження, або при зниженні рівня витрат. Як і в будь-якій освітлювальній установці, світловий потік відіграє важливу роль. Світловий потік створює необхідну освітленість, як для виконання робіт персоналу, так і для сприятливого мікроклімату тварин.

1.2.1. Ультрафіолетове опромінення тварин

Ультрафіолетові промені мають різну дію на організм тварин. Насамперед вони підвищують імунітет і сприяють організму протистояти різним інфекціям та захворюванням. При дозах у певних кількостях промені надають важливий вплив на обмін речовин: знижується кількість цукру в крові; промені з довжиною хвилі 260 – 280 нм активують провітамін D3 (7-дегідрохолестерин), який має важливе значення в регулюванні мінерального обміну; переводять негативний баланс фосфору та кальцію в позитивний та збільшують на 25 – 28 % відкладення фосфорнокальцієвих солей у кістках; прискорюють жировий обмін тощо. Метою ультрафіолетового опромінення (УФ) є поповнення в осінньо-зимовий період нестачі природного ультрафіолету. Тільки 70% сонячної радіації доходить до поверхні землі, решта затримується у атмосфері. Найменша кількість природного УФ попадає в грудні (близько 1,5 % від загальної сонячної радіації, що дійшла до поверхні землі), максимальна кількість зафіксована у травні (близько 20 % від загальної сонячної радіації, що дійшла до поверхні землі).

Процес опромінення дорослих тварин проходить у боксах (на прив'язі), де вони знаходяться. Телят рекомендується опромінювати у спеціальних

боксах або у телятнику, але добре зафіксованими. При опроміненні дорослих корів променями впливають на вим'я, рідше на шкіру спини.

Тривалість та період опромінення вказані в таблиці 1.1. В якості поширених джерел УФ випромінювання застосовують, наприклад, еритемні люмінесцентні лампи, що пропускають випромінювання з довжиною хвилі в межах 280 – 360 нм, ртутно-кварцові лампи типу АРК-2 та ПРК-2, область спектру випромінювання 250 - 313 нм та ін.

Таблиця 1.1 – Рекомендований час та дози опромінення ВРХ лампою ПРК-2

Тварини	Період опромінення, часи	Відстань від тварин, м	Тривалість опромінення, хв	Доза опромінення, МЕР за год
Корови	04:00-10:00	1-1,5	15-30	210-290
	18:00-22:00			
Телята до 6 міс.	06:00-10:00	0,8-1	15-25	120-140
	18:00-22:00			
Телята старші 6 міс.	05:00-10:00	1-1,5	15-25	160-180
	18:00-22:00			

Продуктивність тваринництва у сучасних комплексах промислового виробництва, де тварини постійно перебувають у приміщеннях, що істотно залежить від цілорічного УФ опромінення, сприяє інтенсифікації біохімічних та обмінних процесів у організмі тварин, що покращує їх клінічний стан, стійкість до захворювань [2, 5].

1.2.2. Вплив видимої області спектра на тварин

Щоб тваринний організм нормально функціонував, необхідна достатня кількість природного та штучного світла. Режим освітлення на тваринницьких фермах формується рядом умов: типом та конструкцією будівлі, а також її розташуванням на місцевості, зовнішній освітленістю, світлопропускними частинами огорож та світильники.

Світло інтенсивністю 150 - 200 лк стимулює вироблення печінкою гормону росту IGF-1 (інсуліноподний стимулятор росту-1). А при недостатньому освітленні (менше 100 лк) активно виробляється гормон мелатотин, що відповідає за регулюванням внутрішнього годинника [5].

Світло, потрапляючи на сітківку ока, скорочує секрецію гормону мелатоніну. Зниження секреції мелатоніну веде до збільшення

продуктивності корови. Як тільки рівень мелатоніну починає знижуватися, гормон росту IGF-1 інтенсивно виробляється печінкою тварини.

Дія цього гормону передбачає, що корови можуть виробляти від 6 до 15% більше молока. Збільшений світловий день до 14 – 16 години сприяє зменшенню виробітку мелатоніну. Для збереження денного та нічного ритму корові необхідно 8 годин темряви. Вирівнювання часу дня та ночі фактично протидіє підвищенню надоїв молока [5].

Необхідно відмітити, що і споживання корму зростає на 6-8%, так-як тварини довше не сплять і тому частіше споживають корм.

З 2005 року основним документом під час проектування освітлення сільськогосподарських будівель та споруд є затверджені будівельні норми (табл. 1.2) [8-10].

Таблиця 1.2 - Норми освітленості тваринницьких приміщень [10]

Приміщення	Робоча поверхня, для якої нормується освітлення	Освітлення, лк		Додаткові вказівки
		газорозрядні лампи	Лампи розжарювання	
Велика рогата худоба молочного напрямку				
Для утримання корів і ремонтного молодняка: зона годовлі; стійки, секції, бокси	підлога, годовниці	75 50	30 20	Під час доїння освітленість вимені не менше 150 лк
Телятники	підлога, годовниці	100	50	

У приміщенні для утримання великої рогатої худоби допускається передбачати суміщене освітлення, при якому у світлий час доби одночасно використовується природне та штучне світло. При цьому недостатнє за умов зорової роботи природне висвітлення доповнюється штучним освітленням.

Відповідно до норм у тваринницьких приміщеннях передбачається два види освітлення: технологічне та чергове.

Технологічне освітлення забезпечує продуктивність тварин, а також виконання виробничих операцій обслуговуючим персоналом, чергове – призначається для спостереження за тваринами у нічний час, при цьому нормована освітленість забезпечується використанням 5% світильників загального освітлення у приміщеннях корівників та 10 % – у пологовому відділенні. Світильники чергового освітлення розподіляються рівномірно по приміщенню над тваринами та по основним проходам [11].

Вибір типу світильників визначається їх світлорозподілом, що забезпечує нормовані рівні освітленості, умовами середовища та будівельними рішеннями приміщень для великої рогатої худоби [10].

Розміщувати світильники на фермах слід рядами, розташованими паралельно світлопройом при цьому світла не повинно екрануватися комунікаціями та будівельними конструкціями. При експлуатації в будівлях для ВРХ світильники та джерела світла забруднюються пилом, внаслідок чого зменшується освітленість. Тому при розрахунку освітлювальної установки значення коефіцієнтів запасу приймаються рівними 1.3 – для газорозрядних ламп та 1.15 – для ламп розжарювання. Крім того, необхідно періодично проводити огляд освітлювальних приладів та виконувати їх технічне обслуговування (огляди – раз на місяць, технічне обслуговування – один раз на 3 місяці) [11].

1.2.3. Інфрачервоне опромінення тварин

Щоб створити необхідний температурний режим у приміщеннях для вирощування молодняку використовують загальну або комбіновану систему обігріву. Найбільш раціональне використання комбінованої системи, вона дозволяє створювати підвищену температуру лише у тій області, де знаходиться молодняк у період вирощування.

Під дією теплового ІЧ випромінювання у тканинах відбувається переповнення кровоносних судин кров'ю, нормалізується обмін речовин.

Діапазон ІЧ випромінювання досить широкий, внаслідок неоднакової глибини проникнення короткохвильового та довгохвильового випромінювання механізм дії різний. Короткохвильове випромінювання (0,74 – 2,0 мкм) проникає в глибину підшкірного шару до 8 см і прогріває глибоко лежачі тканини тварини. Це є надійною перешкодою для проникнення холоду в організм тварини. Довгохвильове випромінювання (понад 2,0 мкм) поглинається поверхневими шарами шкіри і веде до почервоніння та опіків.

Встановлено, що на відміну від інших засобів місцевого обігріву інфрачервоне опромінення не тільки оберігає тварину від переохолодження, але й викликає посилення біологічних процесів, сприяє підвищенню тонусу та природних захисних сил організму [2, 5].

Основне призначення ІЧ опромінювачів та комбінованих опромінювальних установок – створення необхідного теплового режиму для молодняку різних видів сільськогосподарських тварин, забезпечує максимальні показники щодо їх збереження та продуктивності [2, 5].

Використання ІЧ випромінювання у переривчастому режимі роботи та поперемінний вплив високих та низьких температур на молодняк веде до загартовування організму. Інфрачервоне випромінювання не лише оберігає тварин від переохолодження, але й посилює біологічні процеси в них організм, що веде до підвищення захисних сил молодняку.

Опромінення відбувається у телятнику, температурні режими вирощування телят наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Температурні режими вирощування молодняку

Вік тварини	Температура повітря в зоні знаходження молодняка	Температура повітря в приміщенні
Телята (до 20 днів)	18-20 °С	14-16 °С
Телята (старше 20 днів)	16-18 °С	14-16 °С

Як джерела ІЧ випромінювання застосовують ряд спеціальних інфрачервоних ламп, технічні характеристики деяких із них наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики джерел ІЧ випромінювання

Тип джерела	Потужність, Вт	Довжина хвилі, нм	Частка ІЧВП, %
ІКЗК	250	750-2500	70
ІКЗС	250	750-2500	66
КГ (кварцова, галогенна)	1000	750-2500	75

Якщо телята знаходяться у спеціальних боксах, то опромінювані встановлюються над кожним боксом, при груповому утриманні телят створюється опромінювальна установка з 1 опромінювача на 4 м².

Рекомендується застосовувати переривчастий режим обігріву телят з вимкненням на 30 хвилин після кожних 1,5 годин роботи. Висота підвісу опромінювачів різної потужності в залежності від температури в приміщенні наведено у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Висота підвісу ІЧ ламп під час обігріву телят

Температура повітря в приміщенні	Висота підвісу опромінювачів над підлогою, см			
	Телята до 3 місяців		Телята старше 3 місяців	
	Лампа на 250 Вт	Лампа на 500 Вт	Лампа на 250 Вт	Лампа на 500 Вт
5-6 °С	120	170	140	190
7-8 °С	130	180	150	210
9-10 °С	140	196	160	225
11-14 °С	150	210	170	240

1.3. Висновки по першому розділу

В даному розділі було визначено як впливає світловий режим та видима область спектра на фізіологічний стан організму тварин.

Встановлено, що вибір світильників визначається їх світлорозподілом, що забезпечує нормовані рівні освітленості, умовами середовища та будівельними рішеннями приміщень для великої рогатої худоби. Наведено використання ІЧ випромінювання, яке не тільки оберігає тварин від переохолодження, але й посилює біологічні процеси в організмах та сприяє підвищенню захисних сил молодняку.

РОЗДІЛ 2.

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОСВІТЛЕННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

2.1. Технічні засоби та методи освітлення тваринницьких приміщень

Сучасний світ не відмовляється від ламп розжарювання, у провідних країнах світу проводяться роботи з удосконалення ламп розжарювання та знайдення нових матеріалів тіла розжарення. Фахівці звертають увагу на збільшення світлової ефективності та підвищення терміну роботи ламп. Головну роль у даному питанні відіграє якість електричної енергії в освітлювальних мережах, стабілізуючи напругу, позбавляючи мережі від стрибків напруги, а також можна досягти більшого терміну експлуатації.

В даний час обсяг використання та виробництва ламп розжарювання знижується. У таблиці 2.1 наведені характеристики ламп розжарювання

Таблиця 2.1 – параметри ламп розжарювання

Технічні характеристики	Лампи розжарювання
Термін служби ламп розжарювання, год	Не більше 1000
Світлова віддача, лм/Вт	Не перевищує 17,5
Виділення тепла при горінні, %	Високе, до 90 °С
Стійкість до перепадів напруги	Низька стійкість
Допустима температура навколишнього середовища, °С	Від мінус 60 до плюса 100
Індекс кольору, Ra	Близький до 100
Пульсація випромінювання	Малопомітна
ККД, %	Не перевищує 15

До другої групи джерел, які використовуються для освітлення в сільському господарстві, відносяться люмінесцентні лампи низького та високого тиску. Основні параметри люмінесцентних ламп наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні параметри люмінесцентних ламп.

Технічні характеристики	Люмінесцентні лампи
Термін служби ламп, год	10000-15000
Світлова віддача, лм/Вт	Досягає 60
Виділення тепла при горінні, %	Низьке, до 10 °С
Стійкість до перепадів напруги	Середня стійкість

Технічні характеристики	Люмінесцентні лампи
Допустима температура навколишнього середовища, °C	Від 5 до 55
Індекс кольору, Ra	60 – 80
Пульсація випромінювання	Висока
ККД, %	Не перевищує 75

Люмінесцентні лампи низького і високого тиску мають переваги перед лампами розжарювання: висока світлова віддача (до 60 лм/Вт), що перевищує термін служби (10000 – 15000 годин), а також виділяють менше тепла у навколишнє середовище. Але і, звичайно ж, є ряд недоліків – складна схема включення, пульсація світлового потоку, залежність ламп від температури довкілля.

Світильники з люмінесцентними лампами низького тиску застосовуються для освітлення всередині приміщень, світильники з лампами високого тиску знайшли застосування освітлення вулиць, майданчиків [6].

Тваринницькі приміщення відносяться до будівель з агресивним середовищем, важкими температурно-вологісними умовами. Освітлювальні установки за умовами експлуатації поділяють на кілька категорій: сухі та вологі; сирі та особливо сирі; особливо сирі з хімічно активним середовищем [7]. Усі сучасні освітлювальні установки повинні відповідати стандартним рівням захищеності за технологією IP та мати мінімальні характеристики IP 54 для подібних будівель і споруд.

Пройшло більше 30 років з моменту нового покоління люмінесцентних ламп, названих компактними люмінесцентними лампами КЛЛ, які поднали у собі переваги ламп розжарювання (малі габарити, включення в електричну мережу без ПРА, відмінна кольоропередача) та люмінесцентних ламп (висока світлова віддача, збільшений термін служби, можливість підбирати потрібні колірну температуру). Появі компактних ламп сприяли розробка та виробництво нових люмінофорів на основі рідкісноземельних металів, що випромінюють світло у трьох вузьких діапазонах спектру – синьому, зеленому та червоному [8]. Конструкції сучасних КЛЛ використовуються пластмасові матеріали. Набагато зменшені розміри компактних ламп у порівнянні зі стандартними люмінесцентними лампами і це дає можливість створювати компактні світлові прилади, економлячи на світлотехнічній арматурі (алюміній, хром, сталь, мідь, пластмаси тощо).

Проблемі енергоекономічності джерел випромінювання та освітлювальним установкам у світі приділяється дедалі більше увагу. Перед провідними країнами ставиться завдання розробити принципово нові

джерела світла, які замінять колишні, такими є світлодіоди. Параметри світлодіодних джерел світла наведено у табл. 2.3.

Таблиця 2.3— основні параметри світлодіодних ламп.

Технічні характеристики	Люмінесцентні лампи
Термін служби ламп, год	50000
Світлова віддача, лм/Вт	Досягає 150
Виділення тепла при горінні, %	Низьке, до 5 °С
Стійкість до перепадів напруги	Висока стійкість
Допустима температура навколишнього середовища, °С	Від -40 до +40
Індекс кольору, Ra	80 – 90
Пульсація випромінювання	Не потребує
ККД, %	70-95

За останні 10 років технологія виробництва та впровадження світлодіодів у промислову сферу стала величезним проривом в освітлення. Світлодіодна продукція прийшла на зміну люмінесцентним лампам. Світлодіодні джерела світла мають ряд переваг: неймовірно низьке електроспоживання (в 3 рази нижче, ніж ЛЛ); значно тривалий термін служби (до 50 000 годин); світлодіоди мають найвищу світлову віддачу (від 120 лм/Вт та більше). Світлодіоди в порівнянні з ЛЛ не вимагають спеціальної утилізації, оскільки є виключно екологічно чистими джерелами штучного світла. Застосування світлодіодної продукції можливе як на відкритих майданчиках, так і всередині приміщень. Тому витікає ще одна перевага – зниження витрат за кабельну продукцію. На даний момент існує тільки один недолік світлодіодів – початкова вартість світильників. Але якщо дивитися в майбутнє і прорахувати витрати на електроенергію, то можна вважати, що використання нових джерел світла окупається вже в перший рік експлуатації.

2.2. Порівняльна характеристика температурних, газорозрядних та світлодіодних джерел освітлення тваринницьких приміщень

Світло виконує головну функцію центральної нервової системи, відповідає за стимулюючі процеси, що відбуваються в організм тварин. Світло є свого роду подразником організму тварин, залежно від спектрального складу, від інтенсивності, а також від тривалості

застосовуваного випромінювання змінює обмін жирів, білків, вуглеводів та мінеральних речовин, що безпосередньо впливають на продуктивність тварин [1].

Підбір джерела світла для ферм ВРХ пов'язаний, в першу чергу, з його впливом на організм тварин, а також рівнем робіт, які виконує обслуговуючий персонал ферми. Далеко не останнє місце займають техніко-економічні показники. Всі сучасні джерела світла, що випромінюють видиме оптичне випромінювання, поділяються на температурні, газорозрядні та світлодіодні.

Типовим представником температурних джерел світла є лампи розжарювання (рис. 1). Спектр ламп розжарювання є суцільним, але в спектрі переважають жовті та червоні промені з довжинами хвиль від 565 до 740 нм., а поряд з видимими променями дані джерела випромінювання випромінюють і невидимі теплові промені, що знижує ефективність даного типу ламп на 80 – 90 % [13].



Рисунок 1.1. Лампа розжарювання

Світлова віддача ламп розжарювання коливається не більше 12,6 – 17,5 лм/Вт. Термін служби даного типу ламп не перевищує 1000 годин, а світловий потік у міру старіння лампи зменшується і зсувається у червону область спектра лампи розжарювання. Індекс кольоропередачі R_a більше 90 – одним із небагатьох переваг лампи розжарювання.

До газорозрядних джерел світла, що застосовуються в тваринництві, відносяться люмінесцентні лампи (рис. 2) та розрядні лампи високого тиску (рис. 3). Спектр випромінювання люмінесцентних ламп близький до денного світла, явища обумовлено перетворенням ультрафіолетового випромінювання у видиме світло за рахунок застосування люмінофора. При такій особливості спектра освітленості, деякі типи люмінесцентних ламп створюють позитивну обстановку, ніж лампи розжарювання. Вони також сприятливо впливають на роботу зору, зменшують втомлення очей [14].



Рисунок 2. Люмінісцентні лампи



Рисунок 3. Розрядні лампи високого тиску

Світлові віддача кілька разів перевищує світлову віддачу у ламп розжарювання та складає 50 - 60 лм/Вт. Виходячи з техніко-економічних міркувань люмінесцентні лампи набагато економічніші, тому що споживають менше електроенергії та мають більший термін служби до 10000 годин. Індекс кольори R_a варіюється від 60 до 80, це обумовлено специфікою застосовуваного люмінофора, який наноситься на внутрішню поверхню колби. Ще однією перевагою люмінесцентних ламп є їх мала яскравість, це дозволяє створювати у приміщення рівномірне освітлення.

Велику роль мають теплові характеристики люмінесцентних ламп, горіння лампи супроводжується невеликим виділенням тепла.

Багаторічна практика експлуатації освітлювальних установок показала, що використання люмінесцентного освітлення значно підвищило якість світлового середовища у тваринницьких приміщеннях, сприяло підвищенню продуктивності, покращило умови праці обслуговуючого персоналу. Поряд з цим виявились і недоліки. Сприятлива температура повітря, за якої спостерігається максимальна ефективність складає від 17 до 24 °С.

Зниження температури призводить до зменшення кількості світла, а при температурі нижче 0 °С лампи працюють нестійко і можуть навіть не запалитись. Невисока температура колби включеної люмінесцентної лампи є сприятливою для мух та мікроорганізмів, налипання яких на її поверхні

призводить до зниження світлового потоку в середньому на 35% протягом року експлуатації. Мають місце відмови стартерів та пускорегулюючої апаратури. Обслуговування освітлювальних установок з люмінесцентної лампи є більш трудомісткий [14].

Подальше вдосконалення установок штучного освітлення тваринницьких приміщень пов'язано з використанням дугових натрієвих трубчастих ламп ДНаТ (рис. 4) та дугових ртутних ламп ДРЛ (рис. 5) [15].



Рисунок 4. Дугова натрієва трубчаста лампа



Рисунок 5. Дугова ртутна лампа

Зокрема ДРЛ мають низку переваг у порівнянні із звичайними люмінесцентними лампами: мають більший світловий потік, світлова віддача досягає 95 лм/Вт та вище, меншу залежність від умов довкілля (лампи стійко працюють в температурному режимі від -40 до $+80^{\circ}\text{C}$).



Рисунок 6. Світлодіоди

Світлодіоди – напівпровідникові прилади з електронно-дірковим переходом (рис. 6), що створюють оптичне випромінювання під час пропускання через нього електричний струм. Спектральні характеристики

залежать від хімічного складу використаних у ньому напівпровідників. Основне випромінювання, яке випромінює світлодіод лежить у синій області спектру. Отримати білий світлодіод можна при використанні люмінофора або адитивним змішуванням трьох кольорів: червоного, зеленого та синього. Застосовуючи різні люмінофори, можна отримувати випромінювання різної колірної температури (2500-6000 K). Індекс кольору Ra у світлодіодів становить 80-90.

Дані показники вищі, ніж у люмінесцентних ламп. У процесі експлуатації світлодіод згоріти не може, виходить з ладу лише ПРА. З часом світловий потік світлодіода падає приблизно на 15-20 % за 50000 годин експлуатації. Як матеріал корпусу застосовують алюміній, це забезпечує хороше тепловідведення від світильників.

Проблема тепловідведення дуже актуальна при виробництві світлодіодних світильників.

На сьогоднішній день у сільському господарстві світлодіодне освітлення мало впроваджено. Це зумовлено великими капітальними витратами. Найбільшою популярністю користуються газорозрядні джерела світла, але й від ламп розжарювання все одно поки що не відмовляються.

В результаті аналізу літературних джерел можна зробити висновок, що дослідники особливу увагу приділяли впливу режиму освітлення та інтенсивності у тваринницьких приміщеннях на загальний фізіологічний стан тварин.

2.3.Висновок по розділу 2

Таким чином, аналізуючи літературні джерела, можна зауважити, що вчені часто наводять різні дані та рекомендації щодо освітленості тваринницьких ферм. На даний момент недостатньо вивчено залишається проблема впливу джерел штучного світла на продуктивні якості корів.

РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

3.1. Аналіз та розрахунок освітлення приміщення на фермі

До сучасного виробничого освітлення, у тому числі освітленню приміщення, пред'являються високі вимоги як гігієнічного, і техніко-економічного характеру. Правильно спроектоване та виконане освітлення забезпечує високий рівень роботоздатності, що знижує навантаження на органи зору, надає позитивний психологічний вплив на працівників та сприяє підвищенню продуктивності праці.

Найкращі умови для повного зорового сприйняття створює сонячне світло (природне освітлення). Воно буває бокове, верхнє і комбіноване. У приміщенні реалізовано одностороннє природне бокове освітлення через один світловий отвір. Однак за допомогою природного бокового освітлення приміщення освітлюється нерівномірно і лише у світлий час доби, тому решту часу необхідно використовувати загальне штучне освітлення. У приміщенні застосовується загальне рівномірне штучне освітлення [10].

Діюча освітлювальна установка на ПСП «Україна» є малоефективною, оскільки освітленість лише на рівні підлоги становить 75 лк. Безумовно, виробничий потенціал молочної худоби можна підвищити. Встановлено, що оптимальне значення освітленості для ферм становить 200 лк.

Розрахунок освітлення в корівнику проводиться методом коефіцієнта використання світлового потоку. Прийнята система загального рівномірного освітлення. Габарити корівника 70х12 м.

Ключовим параметром при проектуванні нової освітлювальної установки було створення освітленості в 200 люкс на фермі.

Щоб виявити переваги та недоліки запропонованої освітлювальної установки необхідно скласти порівняльну таблицю (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Порівняльні параметри освітлювальної установки ферми

Технічні параметри	Параметри старої освітлювальної установки	Параметри нової освітлювальної установки
Тип лампи	Б 215-225-60	Verbatim LED Classic A E27 10W
Потужність, Вт	60	10
Світловий потік, лм	715	820

Технічні параметри	Параметри старої освітлювальної установки	Параметри нової освітлювальної установки
Термін служби лампи, год	1000	30000
Світловіддача, лм/Вт	40	82

Світильник НСП 09-500 (Cobay) (рис. 3.1) загального освітлення виробничих приміщень із підвищеним вмістом пилу та вологи. Світловий пристрій має захист класу IP54. Кліматичне виготовлення УХЛ 4. Світильник має металевий корпус, пофарбований порошковою фарбою. Також світильник оснащений алюмінієвим відбивачем та захисним склом, яке виготовляється із захисного світлотехнічного полікарбонату. Скло кріпиться до відбивача за допомогою трьох металевих фіксаторів і відкидається при заміні лампи [13].

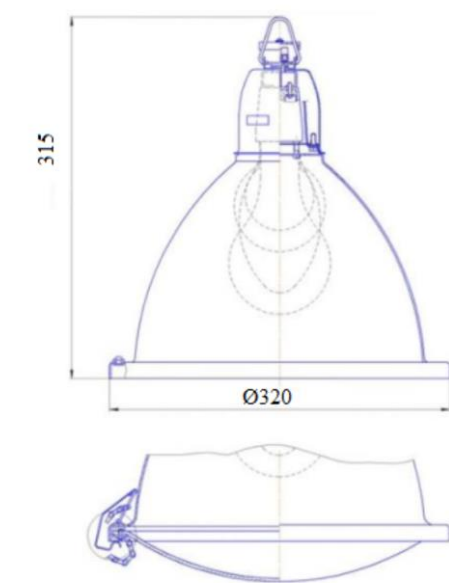


Рисунок 3.1. Світильник НСП 09-500 (Cobay)

Розраховуємо відстань між світильниками L , м

$$L = \lambda \cdot H_p, \text{ м} \quad (3.1)$$

де H_p – розрахункова висота, м; λ – відстань між світильниками.
Величину λ вибирають за умови:

$$\lambda_c \leq \lambda \leq \lambda_e, \quad (3.2)$$

Висота приміщення:

$$H_p = H_{np} - h_p - h_z \quad (3.3)$$

де H_{np} – висота приміщення, м; $H_{np} = 3$ м; h_z – звисання світильників, $h_z = 0,3$ м; h_p – рівень робочої поверхні над підлогою, $h_p = 0,2$ м. $H_p = 3 - 0,3 - 0,2 = 2,5$ м. $L = 1,5 \cdot 2,5 = 3,75$ м.

Визначаємо кількість світильників у ряду n_a (при системі загального рівномірного освітлення):

$$n_a = \frac{A}{L} = \frac{70}{3,75} = 18 \text{ шт.}$$

Приймаємо 18 шт. світильників НСП 09-500 (Cobay).

Герметична LED лампа (рис. 3.2) 1200 мм, (IP65) 18W, 230V, 3600K застосовуються для освітлення боксів, в яких перебувають тварини. Період її служби дуже тривалий. Представлений виріб не зберігає шкідливих для зовнішнього середовища елементів, тому є екологічно нешкідливим. Виготовлено з матового скла. Лампа має однорідне світло та економить електроенергію. На відміну від звичайних газових замінників, дана лампа не потребує спеціальних пристроїв для монтажу. Її нескладно засовують у кріплення традиційних флуоресцентних ламп або можуть використовувати як заміну простим люмінесцентним лампам трубчастого типу з цоколем G13 [15].

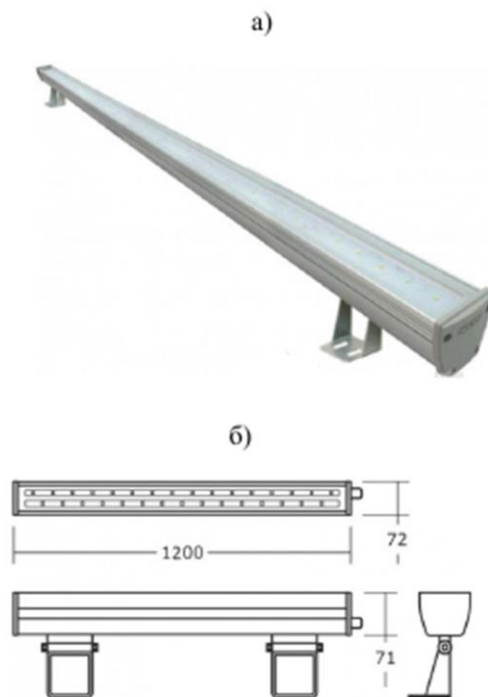


Рисунок 3.2. – LED лампа;
а) герметична лампа; б) габаритні розміри; в) розміщення на фермі

Визначаємо кількість світильників у ряду n_a , кількість рядів n_e , (при системі загального рівномірного освітлення) й загальну кількість N за допомогою формул:

$$n_a = \frac{A}{L} = \frac{70}{3.75} = 18 \text{ шт.}$$

$$n_e = \frac{B}{L} = \frac{12}{3} = 4 \text{ ряди.}$$

$$N = n_a \cdot n_e = 18 \cdot 4 = 72 \text{ шт.}$$

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{H(A+B)} = \frac{70 \times 12}{2.5(70+12)} = 4 \quad (3.4)$$

де A і B – довжина і ширина освітлювального приміщення, м. Значення коефіцієнтів відбиття $\rho_{ст}$, $\rho_{сн}$, і ρ_p при проектуванні освітлення приймають наближено, $\rho_{ст} = 50$, $\rho_{сн} = 30$, і $\rho_p = 10$ та $i=2,5$ коефіцієнт використання світлового потоку рівний: $\eta=0,47$.

Проектні світлотехнічні параметри освітлювальної установки перевершують параметри базової установки, що в першу чергу, відбивається на рівні освітленості та терміну служби ламп. Збільшивши освітленість більш ніж 2,5 рази, споживана потужність зменшилась, що говорить про енергозберігаючий ефект освітлювальної установки.

3.2.Управління освітленням на молочній фермі

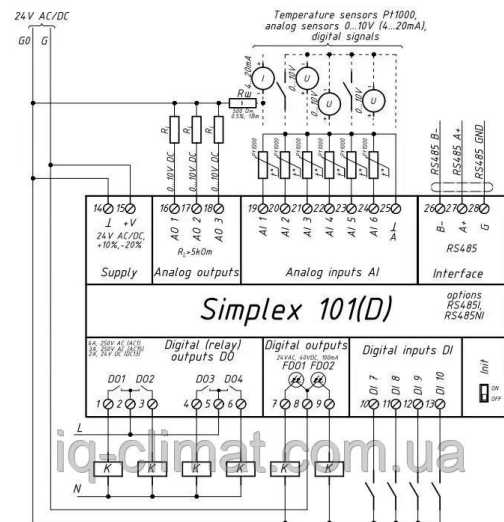
Враховуючи світлокліматичні умови Житомирщини, коли взимку природного світла недостатньо і світловий день триватиме 8-10 годин для тварин важливо сформувати свій власний мікроклімат.

Передбачається, що на фермі буде застосовуватися система, що включає в себе кілька видів освітлення. Повне освітлення – всі світлові прилади працюють на 100%. Часткове освітлення – використовується в денний та вечірній час, коли рівня природного освітлення недостатньо.

Нічне освітлення – застосовуються малопотужні світильники на 10 Вт, джерелом випромінювання є червоний світлодіод. Система управління освітленням може бути побудована на базі контролера Simplex 101D та модулів аналогового управління K2010 (рис. 3.2 а, б) [15-17].



а)



б)

Рисунок 3.2. Система управління освітленням; а – контролер Simplex 101D, б – модуль управління K2010.

Контролер Simplex 101D керує світловим потоком освітлювальної установки за закладеною програмою – доба розділена на 9 тимчасових діапазонів та лампи змінюють яскравість від 5% до 100%.

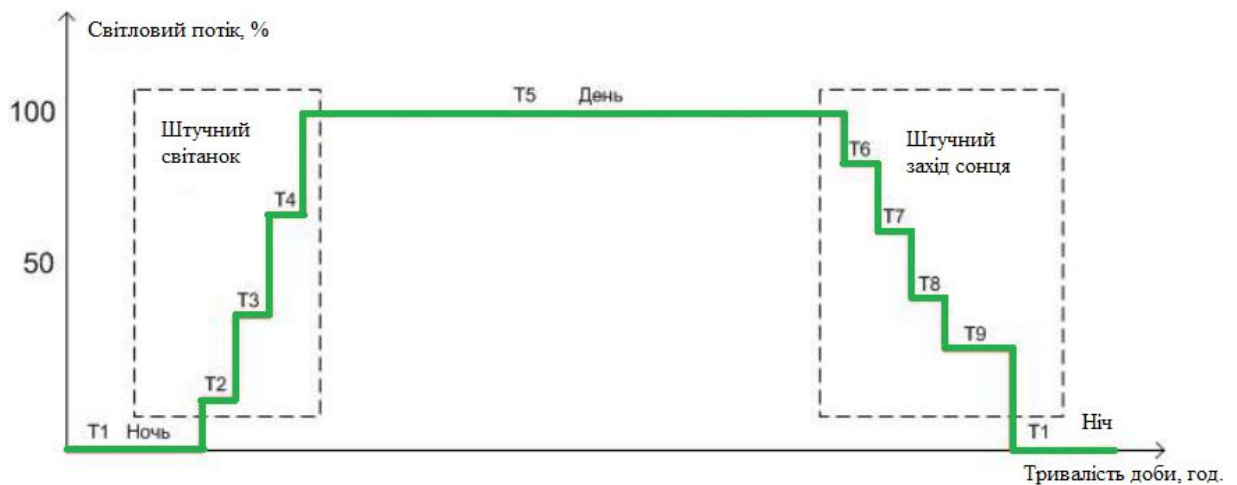


Рисунок – Штучний захід сонця (9 часових зон), рис. з [12]

Вночі освітлення відключається повністю за винятком роздавальної кормової зони. Це дозволяє фермеру входити в корівник і контролювати своїх тварин, не заважаючи їм відпочивати.

Так як на фермі ПСП «Україна» є природне освітлення, тому в схему автоматики додаються датчики постійного освітлення, які плавно дозують рівень штучного освітлення залежно від рівня сонячного світла, що проникає у будівлю ферми через вікна.

Мінімальний комплект системи автоматики вибирається наступним чином: контролер Simplex 101D – 1 шт.; модуль K2010 – 1 шт. на кожних 100 світильників.

3.3. Техніко-економічне обґрунтування проєкту

При плануванні бюджету проєкту повинно бути забезпечено повне і достовірне відображення всіх видів планованих витрат, необхідних для його виконання. В процесі формування бюджету, плановані витрати групуються по статтям.

В дану статтю включаються витрати на придбання всіх видів матеріалів, комплектуючих виробів, необхідних для виконання проєкту.

Матеріальні витрати даного проєкту представлені в табл. 3.2.

Транспортні витрати приймаються в межах 15% від вартості матеріалів.

Таблиця 3.2 – Матеріальні затрати

Найменування одиниці	Одиниці вимірювання	Кількість	Ціна за од., грн	Сума, грн
Світильник НСП 09-500 (Cobay)	шт	18	750	13500
Герметична LED лампа	шт	72	832	59904
Контролер Simplex 101D	шт.	1	9100	9100
Модуль K2010	шт	1	570	570
Автоматичний вимикач ЕТІМАТ 6АС х-ка С 63А ЗР 2145522	шт	1	1250	1250
Провід ВВГнг 3×2,5 мм ²	метр	1660	266	441560
Провід ВВГнг 5×4 мм ²	метр	40	232	9280
Щиток освітлення	шт	1	2600	2600
Канат для підвішування світильників	метр	2000	186	372000
Всього				909764 грн
Транспортні витрати	15%			136464,6
Разом	грн			1046228,6

3.4. Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні розрахунки розраховуються на основі норми амортизації:

$$A_{\text{річ}} = K \cdot \frac{H_a}{100}, \quad (3.5)$$

де K – капітальні вкладення в світлотехнічне обладнання;

H_a – відсоток відрахувань на амортизацію.

Відсоток на амортизацію для світильників приймаємо 5%, тоді сума річних відрахувань складає:

$$A_{\text{річ}} = 1046228,6 \cdot \frac{5}{100} = 52311,43 \text{ грн.}$$

3.5. Висновок по розділу 3

В даному розділі проведений аналіз та розрахунок освітлення приміщення на фермі ПСП «Україна». Запропонована освітлювальна установка, яка є більш ефективною, так як освітленість буде становити 200 лк, що підвищить виробничий потенціал молочної худоби. Також запропонований комплект системи автоматики: контролер Simplex 101D та модуль K2010. Наведено техніко-економічне обґрунтування проєкту та розрахунок амортизаційних відрахувань.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі розглянутий вплив різних рівнів освітлення на фізіологічні показники і продуктивність молочних корів. Вибраний оптимальний режим освітленості на рівні 200 люкс при 16-18 годинах світлового дня, це в свою чергу, забезпечує одночасно підвищення продуктивності корів і покращується якість молочної продукції, що має суттєво економічне значення.

Запропонований проєкт з реконструкції освітлювальної установки, зі світлодіодними джерелами світла на фермі ПСП «Україна» с. Почуйки, Житомирського району, Житомирської області.

За розрахунковими даними, збільшиться рівень освітленості до 200 люкс, а власник ферми отримує додаткові 800 тонн літрів молока на рік.

Також в ході роботи запропонована освітлювальна установка, що перевершить параметри базової установки, що в першу чергу, відбивається на рівні освітленості та терміну служби ламп. Збільшивши освітленість більш ніж 2,5 рази, споживана потужність зменшилась, що говорить про енергозберігаючий ефект освітлювальної установки.

В техніко-економічній частині кваліфікаційної роботи відображено всі види планованих витрат, необхідних для виконання заміни запропонованої освітлювальної установки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Демчук М.В., Чорний М.В., Захаренко М.О., Високос М.П. Гігієна тварин: Підручник Харків: Еспада, 2006. 520 с.
2. Демчук М.В., Чорний М.В., Захаренко М.О., Високос М.П. Гігієна тварин: Підручник Харків: Еспада, 2006. 520 с.
3. Лобода В.Б. Енергозберігаючі технології в автоматизації тваринницьких ферм. Наукові записки аграрних наук. 2023. 13(1), 28-41.
4. Науменко О.А. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /О.А. Науменко, І.Г. Бойко, В.І. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; за ред. І.Г. Бойко. Том 2. Харків: Видавництво ЧП Червяк, 2006. 279 с.
5. Основи будівельної зоогігієни: конспект лекцій для студ. факультету будівництва та архітектури за напрямом підготовки: «Будівництво» / С.О. Вовк, Б.Б. Кружель, С.Я. Павлович, М.Я. Іванків; ЛНАУ. Львів, 2013. 48 с.
6. Бурбело, М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
7. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2017. 123 с.
8. Васелега П.О. Електропостачання: Навчальний посібник – Суми: Університетська книга, 2019. – 415 с.
9. Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. Електропостачання агропромислового комплексу. Київ : Аграрна освіта, 2011. 448 с.
10. ВНТП-АПК-01.05 Відомчі норми технологічного проектування. Скотарські підприємства (комплекси, ферми, малі ферми). – К.: Міністерство аграрної політики України, 2005. – 111 с.
11. Електричні системи та мережі : конспект лекцій / укладачі: І. Л. Лебединський, В. І. Романовський, Т. М. Загородня. – Суми : Сумський державний університет, 2018. – 214 с.
12. Поліщук Ю.А. Інформаційні технології в автоматизації тваринництва. Аграрний інженер. 2023. 14(2), 52-65.
13. Таран, П.М. Роботизація технологічних процесів у молочному виробництві. Сільськогосподарська техніка і технології. 2023. 11(4), 37-49.
14. Хомик Н. І., Довбуш А. Д., Олексюк В. П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
15. Правила налаштування електроустановок (ПНЕ). – Харків : Видавництво «Форт», 2014. – 793 с.

16. Романюк Ю. Ф. Електричні системи та мережі / Ю. Ф. Романюк. – Київ : Знання, 2007. – 292 с.

17. Клименко Є.В. Технічна експлуатація і реконструкція будівель та споруд: підручник для студентів вищ. навч. закладів: рек. МОНУ Є.В. Клименко. Київ: Центр навч. літератури, 2004. 304 с.