

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА  
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**БОБИЛЬОВ СЕРГІЙ ВАЛЕРІЙОВИЧ**

УДК 621.3

**МОДЕЛЮВАННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ТА  
СИСТЕМИ ЇЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ СПОРТИВНИХ ЗАЛІВ  
З ІГРОВИМИ ВИДАМИ СПОРТУ**

141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2019

Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** старший викладач кафедри електричної інженерії  
**Чубатий Юрій Олегович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Консультант:** доктор технічних наук, професор кафедри електричної  
інженерії  
**Андрійчук Володимир Андрійович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

**Рецензент:** кандидат технічних наук, асистент  
кафедри фізики  
**Мочарський Віталій Сергійович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,

Захист відбудеться 23 грудня 2019 р. о 9<sup>00</sup> годині на засіданні  
екзаменаційної комісії № 39 у Тернопільському національному технічному  
університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль,  
вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310.

## ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

**Актуальність теми.** З системами штучного освітлення кожен день доводиться мати справу всім, і з усіх інженерних пристроїв, вони, мабуть, найбільш масові. Їх проектування, розробка та експлуатація потребують великих затрат матеріальних засобів, електроенергії і людської праці, але ці затрати з надлишком окуповуються тим, що забезпечується можливість нормального життя та діяльності людей в умовах відсутності або недостатнього природного освітлення.

Здоровий образ життя, інтерес до тренувального процесу, змагань спортсменів значно розширив вимоги до освітлювальних установок спортивних об'єктів (зокрема спортивних майданчиків загального призначення.), виникла необхідність нормування освітлення в площинах, не лише горизонтальній, а й вертикальних, нахилених під певними кутами до горизонту, як таких, в яких спрямовано найімовірніша лінія поля зору спортсменів, глядачів.

Більш жорсткі обмеження ставлять до рівномірності розподілу освітленості по різних площинах освітлювального об'єкта. Важливу роль в даній проблемі відіграє спектральний склад і кольоровість випромінювання джерел світла, що використовуються, а також їх світлова віддача.

Окрім цього на сучасному етапі проблема енергозбереження має велике народногосподарське значення. В освітлювальних установках (ОУ) витрачається майже 13 % всієї електричної енергії. Разом з тим дослідження показують, що є реальна можливість вдвічі знизити витрату електроенергії без погіршення умов освітлення, а за рахунок вдосконалення засобів і способів освітлення, реконструкції діючих установок і організації їх грамотної експлуатації. Тому однією з найважливіших задач при проектуванні світлотехнічних установок є питання раціонального використання електричної енергії.

### **Мета і завдання дослідження.**

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є надання рекомендацій для розробки та проектування освітлювальної установки для типових приміщень спортивних залів (основне їх призначення – проведення змагань і тренувань з ігрових видів спорту: мініфутболу, баскетболу, волейболу, гандболу тощо), яка б задовольняла усім конструктивним, техніко-експлуатаційним та економічним вимогам.

Для досягнення цієї мети поставлено наступні *задачі дослідження*:

1. Дослідити криві сили світла різних типів світильників, що можуть застосовуватися для освітлення спортивних залів, в основному призначених для ігрових видів спорту.
2. Розробити рекомендації щодо вибору типів світлових приладів, світловий потік яких максимально дифузно попадає на поверхню спортивного майданчика, а технічні характеристики відповідали б визначеним кліматичним умовам.
3. Подати рекомендації по підбору джерел світла, які можливо використовувати у світлових приладах і, які б створювали освітленість згідно наперед заданих норм.
4. Знайти вдаль розташування світильників (визначити висоту і місце розташування, відстані між ними та їх кількість).
5. Створити можливість швидкого розрахунку освітленості в будь-якій точці нормованої площини спортивного об'єкту, з високою точністю та за допомогою ЕОМ.

**Об'єкт дослідження** – системи електропостачання та системи освітлення типових закритих спортивних об'єктів, призначених для ігрових видів спорту.

**Предмет дослідження** – закономірності функціонування систем електропостачання та освітлення спортивних залів, електротехнічні та світлотехнічні характеристики роботи даних систем.

#### **Наукова новизна роботи.**

Наукова новизна роботи полягає у можливості розробки енергоефективної системи електропостачання та освітлення типових приміщень спортивних залів на основі запропонованої математичної моделі, визначенні спектрального розподілу потоку випромінювання джерел світла, раціонального просторового спрямування світлового потоку по освітлювальному об'єкті, створенні нормованих значень рівнів освітленості на нормованих горизонтальній та вертикальних площинах.

#### **Практична значущість роботи.**

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що на базі проведеного аналізу та моделювання проектів можливо розробляти освітлювальні установки приміщень спортивних залів, систем електропостачання для систем освітлення. На базі отриманих математичних моделей розроблені комп'ютерні програми розрахунків електротехнічних та світлотехнічних характеристик таких систем. Це в цілому дозволить підвищити експлуатаційну надійність використання освітлювальних установок та їх енергоощадність.

#### **Апробація.**

Основні положення роботи і її результати доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 27–28 листопада 2019 р. (Тернопіль 2019 р.)

### **Структура роботи.**

Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (32 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 113 сторінок, 3 таблиці, 20 рисунків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність, мету і завдання роботи, об'єкт та предмет дослідження, описану наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

У **першому розділі «Аналітична частина»** розглянуто особливості можливого розташування світлових приладів у приміщеннях спортивних залів, призначених для ігрових видів спорту.

Встановлено, що найбільш вдалим по рівномірності освітлення, мінімізації засліплюючої дії джерел світла є система верхнього світла, система верхнього бічного світла. Системи розсіяного та відбитого світла при однакових параметрах освітлювальної установки споживають більшу потужність електромережі в 1,5-1,7 разів по відношенню до попередніх.

Виконано порівняльний аналіз електротехнічних та світлотехнічних характеристик джерел світла. Вказано на переваги та недоліки кожного типу.

Розглянуто найбільш характерні типи світильників прожекторного типу та прожекторів, що можуть використовуватися для освітлення спортивних залів, вітчизняних та закордонних виробників. Використовують три типи для освітлювальних систем, що розглядаються у роботі:

- 1) з параболоїдними відбивачами;
- 2) з параболо-циліндричними відбивачами;
- 3) з несиметричною оптикою.

Проаналізовано криві сили світла кожного з наведених типів.

У **другому розділі «Науково-дослідна частина»** виконано обґрунтування вибору методів розрахунку рівнів освітлення різних площин освітлювального об'єкта в залежності від кількості світлових приладів, що використовуються в освітлювальній установці, можливих місць розташування світильників чи прожекторів.

Для дослідження та розрахунку параметрів світлового середовища приймаються три варіанти:

- 1) розрахунок освітленості за методом використання світлового потоку;
- 2) розрахунок освітленості за методом питомої потужності;
- 3) розрахунок освітленості за точковим методом.

Проведені дослідження показали, що найкращі результати отримуються при використанні для вертикальних площин освітлювального об'єкта точкового методу розрахунку освітленості, а для горизонтальної площини можна застосовувати як точковий метод так і метод використання світлового потоку.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** проаналізовано норми освітлення та електропостачання спортивних залів по специфіці їх призначення до різних видів спорту.

Досліджено конструктивні та технологічні характеристики світильників та прожекторів, у яких використовуються світлодіодні джерела світла. Особливу увагу приділено тим, що підходять по свої світлотехнічних та електротехнічних параметрах для освітлювальних установок спортивних залів для ігрових видів спорту.

Розроблено математичну модель світлового середовища, в основу якої покладений точковий метод розрахунку освітленості із керованим проектантом кроком визначення рівнів освітленості по нормованих поверхнях освітлювального об'єму.

Розглянуто специфіку системи електропостачання саме для освітлювальної установки, що використовує світлодіодні світлові прилади.

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** виконано обґрунтування вибору джерел світла по їх спектральному складу випромінювання, відтворенні найбільш близької до природньої кольоровості при спостереженні за змаганнями чи тренуваннями, що проводяться у спортивних залах за умов їх штучного освітлення.

На основі аналізу паспортних характеристик світлових приладів та джерел світла, що у них використовуються розроблено рекомендації по вибору світлових приладів для освітлення типових спортивних майданчиків закритого типу. Підкреслено, що особливу увагу при такому виборі потрібно приділяти просторовому розподілу світлового потоку світильників прожекторного типу та світлодіодним прожекторам. На конкретних прикладах вказано на переваги і недоліки при використанні прожекторів з різними типами відбивачів та несиметричною оптикою зокрема.

Розроблена програма розрахунку рівнів освітленості нормованих горизонтальної та вертикальних площин освітлювального об'єкту з врахуванням конструктивних особливостей приміщення спортивного залу. Приклад такого розрахунку приведений в середовищі пакету прикладних програм «MathCad».

**У п'ятому розділі «Спеціальна частина»** проаналізовано особливості методики загальної послідовності проектування системи освітлення та відповідної їй системи електричного живлення спортивних залів для ігрових видів спорту.

Обґрунтовано і практично вибрано та розраховано кабельно-провідникову частину електричної мережі живлення освітлювальної установки. Виконано електротехнічний розрахунок групових щитків системи електропостачання окремих світлових приладів та їх груп.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** проведено техніко-економічний аналіз, визначено затрати на виготовлення систем освітлення та їх електропостачання для типових приміщень спортивних залів, які, в основному, призначені для ігрових видів спорту. Визначено затрати на експлуатацію згаданих систем.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто організаційні заходи з електробезпеки в електроустановках, питання надання першої медичної допомоги при ураженні електричним струмом та здійснено теоретичну організацію цивільного захисту на досліджуваних об'єктах. Опрацьовано питання пожежної безпека на об'єкті, що проектується.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто основні тенденції розвитку сучасних джерел освітлення, екологічні питання пов'язані з виготовленням та експлуатацією світлових приладів і джерел випромінювання. Вказано на актуальність екології і охорони навколишнього середовища.

## ВИСНОВКИ

На підставі виконаних досліджень в дипломній роботі зроблено наступні висновки:

1. Аналіз систем освітлення спортивних залів для ігрових видів спорту показав, що їх слід використовувати в залежності від призначення майданчика для переважно певного виду спортивних змагань, які плануються проводити на ньому. Найбільш вдалим по рівномірності освітлення, мінімізації засліплюючої дії джерел світла є система верхнього світла та система верхнього бічного світла.

2. Проведено аналітичний огляд світлових приладів по їх світлотехнічних характеристиках. Вказано на необхідність використання світлодіодних джерел світла, як найбільш енергоощадних у порівнянні іншими традиційними джерелами.

3. Сучасний стан цифрової та комп'ютерної техніки дає можливість використання не лише автоматизованих пакетів розрахунку рівнів освітленості (наприклад «Dialux»). Тому розроблено специфічні програми для моделювання заданих рівнів освітленості методами використання світлового потоку та точковим методом, з використанням середовища «MathCad», «Maple».

4. Розроблені програмі визначення спектрального складу випромінювання джерел світла за їх паспортними значеннями та їх аналіз показав, що кольоровість свічення реальних джерел відхиляється від норм в межах відносної похибки від 3 до 7 %, що потрібно враховувати в реальних проектах.

5. Сучасні енергоощадні світлодіодні джерела світла можуть підключатися до менш потужних систем електропостачання, проте ставляться більш жорсткі вимоги до стабільності електротехнічних характеристик таких мереж.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бобильов С. В., Чубатий Ю. О. Моделювання освітлювальної установки та системи її електропостачання для спортивних залів. Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – С. 10.

## АНОТАЦІЯ

**Бобильов С. В. Моделювання освітлювальної установки та системи її електропостачання для спортивних залів з ігровими видами спорту, 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.**

У дипломній роботі приведено результати теоретичних досліджень для вирішення науково-технічного завдання, яке полягає в обґрунтуванні вибору та моделюванні систем електропостачання та освітлення спортивних залів для ігрових видів спорту з метою підвищення їх експлуатаційних показників.

**Ключові слова:** освітлювальна установка, сила світла, мережа живлення, світлодіодний прожектор, освітленість.

## ANNOTATION

**Bobylov Serhii. Modeling of lighting installation and power supply system for gyms with game sports, 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2019.**

In the diploma paper the results of theoretical researches for solving the scientific and technical task, which consists in substantiation of the choice and modeling of power supply systems and lighting sports halls for gaming sports in order to improve their performance.

**Key words:** lighting installation, light power, power supply, LED spotlight, illumination.