

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

КОТОВСЬКИЙ АНДРІЙ ІГОРОВИЧ

УДК 621.327

**МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА  
ОСВІТЛЕННЯ СПОРТИВНИХ МАЙДАНЧИКІВ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ  
ШКІЛ**

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**Автореферат**  
дипломної роботи магістра

Тернопіль  
2018

Роботу виконано на кафедрі світлотехніки та електротехніки  
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя  
Міністерства освіти і науки України

**Керівник роботи:** старший викладач кафедри світлотехніки та  
електротехніки  
**Чубатий Юрій Олегович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

**Консультант:** доктор технічних наук, професор кафедри світлотехніки  
та електротехніки  
**Андрійчук Володимир Андрійович**

**Рецензент:** кандидат технічних наук, доцент кафедри систем  
електроспоживання та комп'ютерних технологій в  
електроенергетиці  
**Буняк Олег Андронікович,**  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

Захист відбудеться 19 лютого 2018 р. о 9<sup>30</sup> годині на засіданні  
екзаменаційної комісії № 39 у Тернопільському національному технічному  
університеті імені Івана Пулюя за адресою: м. Тернопіль, вул. Микулинецька,  
26а, корпус №7, к. 504.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність роботи.** Посилення інтересу до спортивних змагань з боку широкої маси людей зумовили підвищення вимог до всіх інженерних систем спортивних споруд, у тому числі до систем освітлення.

Забезпеченню нормальних умов освітлення спортивних майданчиків загальноосвітніх шкіл почали приділяти увагу лише в останні 10-15 років. Тому моделювання системи освітлення та її електропостачання є актуальною задачею сьогодення.

Освітлювальні установки спортивних споруд загальноосвітніх шкіл повинні не тільки створювати необхідний рівень освітлення спортивного майданчика, але й забезпечувати комфортні умови перегляду змагань і для глядачів.

Джерела світла, які використовуються у таких освітлювальних установках, повинні бути достатньо економними, дозволяти відтворювати природні кольори.

Розрахунок проводився з допомогою сучасних програм (DIALux, MathCAD та ін.), які враховують реальні геометричні розміри освітлюваного об'єкта, мають засоби для детального моделювання простору. Дозволяють моделювати фотометричні властивості матеріалів, які використовуються у тривимірній сцені, що в цілому дає можливість програмі використовувати метод трасування променів для створення фотореалістичних зображень спроектованої освітлювальної установки.

**Мета роботи** полягає у моделюванні систем освітлення та електропостачання для типових спортивних майданчиків, порівнянні запропонованих у роботі моделей із діючими.

**Об'єктом дослідження** є сучасні системи електропостачання та освітлення майданчиків з використанням енергоекономних світлодіодних джерела світла.

**Предметом дослідження** є сучасні моделі та системи освітлення й електропостачання спортивних майданчиків шкіл.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

- Побудовано математичну модель освітлювальної установки для спортивного майданчика школи, яка детально враховує основні світлотехнічні параметри світлових приладів (просторовий розподіл сили світла), реальні геометричні розміри освітлювального об'єкта, висоту встановлення світлових приладів.
- Розраховано реальні рівні освітленості горизонтальної та вертикальних площин спортивного майданчика.
- Запропоновано використовувати систему розташування прожекторних батарей на 8-и щоглах для досягнення кращої рівномірності освітлення.
- Сформульовано рекомендації по якості електропостачання для світлодіодних джерел світла, які використовуються в установці.

### **Практична цінність результатів дослідження.**

- Запропоновано використовувати для освітлення спортивного майданчика сучасні енергоекономні світлодіодні світлові прилади.
- Моделювання системи освітлення проведено у пакетах прикладних програм «DIALux, MathCAD».
- Запропоновано систему розташування світлодіодних прожекторів на 8 щоглах, для досягнення кращої рівномірності освітлення.
- Представлені результати порівняння роботи енергоощадної світлодіодної освітлювальної установки з традиційними, що використовують металогалогенні джерела світла.

**Апробація.** Окремі результати роботи доповідались на VI Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, ТНТУ, 16 – 17 листопада 2017 р.

**Структура роботи.** Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 9 частин, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 87 арк. формату А4, графічна частина – 10 аркушів формату А4.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** розглянуто актуальність тематики дипломної роботи, визначено основні завдання, які необхідно вирішити при моделюванні освітлення та електропостачання, вказано наукову новизну та практичну цінність результатів роботи.

**В аналітичній частині** проведено аналіз науково-технічних публікацій, встановлено основні принципи для моделювання енергоощадного освітлення та електропостачання світлотехнічних установок, описано основні параметри, які беруться до уваги при проектуванні, моделюванні та експлуатації систем освітлення спортивних майданчиків загальноосвітніх шкіл.

**В науково-дослідній частині** запропоновано методику моделювання, розрахунку рівнів освітленості, економії електроенергії в освітлювальних установках для спортивних майданчиків, встановлено порядок збору та аналізу інформації при експлуатації освітлювальної установки з метою оцінки та підвищення її енергоефективності.

**В технологічній частині** проаналізовано характеристики джерел світла, що застосовуються для освітлення спортивних об'єктів, світлових приладів, у яких такі джерела світла застосовуються, схеми розташування прожекторних батарей (світлових приладів прожекторного типу), систем їх електропостачання.

**В проектно-конструкторській частині** проведено моделювання розрахунку системи освітлення та електропостачання для типового спортивного майданчику загальноосвітньої школи, у якій використовуються енергоекономні світлодіодні джерела світла, виконано порівняння спроектованих світлотехнічних характеристик із аналогічними характеристиками діючої освітлювальної установки, що використовує

дугорозрядні джерела світла.

**В спеціальній частині** розглянуто особливості використання спеціалізованих пакетів прикладних програм для моделювання освітлення та електропостачання освітлювальної установки («DIALux», та інших), проведено порівняння розрахунків параметрів спроектованих освітлювальних установок з результатами, отриманими у програмах, написаних у пакеті «MathCAD».

**В частині «Обґрунтування економічної ефективності»** на основі представленої методики оцінки енергоефективності роботи системи освітлення спортивного майданчика загальноосвітньої школи та її електропостачання розраховано економічний ефект при можливому впровадженні її замість діючої із світильниками, що використовують лампи потужністю 400 Вт. В розрахунку відображені статті витрат: матеріальних ресурсів, енергетичних ресурсів та обслуговування обладнання. Показано, що річна економія електроенергії може орієнтовно скласти 500-600 кВт·год, що становить приблизно 75% у порівнянні з базовою установкою. Термін окупності запропонованої системи освітлення за цією методикою становитиме 4,25 року.

**В частині «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»** розглянуто питання електробезпеки при роботі освітлювальних установок, вплив електричного струму на організм людини, причини електротравматизму на виробництві, забезпечення першої медичної допомоги при електротравмах. Вивчені комплекси заходів, що виключають події, які спричиняють надзвичайні ситуації.

**В частині «Екологія»** проаналізовано негативний вплив шкідливих викидів при виробництві та експлуатації світильників на навколишнє середовище. Показана актуальність проблеми в енергетиці та шляхи її вирішення.

**У загальних висновках до дипломної роботи** описано прийняті в роботі технічні рішення і організаційно-технічні заходи, які забезпечують підвищення енергоефективності освітлювальних установок для спортивних майданчиків, дана узагальнена кількісна оцінка резерву економії електроенергії при використанні сучасних енергоекономних джерел світла та засобів оптимізації освітлювальної установки, режимів та умов її експлуатації.

**У графічній частині** приведено ілюстративний матеріал: Нормовані площини розрахунку освітленості; Системи освітлення; Визначення висоти щогли і кута підйому світильника; Алгоритми розрахунку освітленості точковим методом; Алгоритми розрахунку освітленості методом використання світлового потоку; Світлодіодне джерело світла; Світлові прилади; Розміщення щогли і світильників; Розрахунок освітленості в програмі DIALux.

## ВИСНОВКИ

1. Джерела світла потрібні для забезпечення необхідних рівнів освітленості, повинні бути достатньо економічними, дозволяти відтворювати природні кольори. Для створення високих рівнів освітленості і зменшення різких перепадів рівнів освітленості застосовують лампи різної потужності.

2. Створення універсальної системи керування системою електропостачання, можна розглядати як перший крок до створення інтегрованої автоматизованої системи управління, яка об'єднує безпосереднє керування електропостачанням з управлінням енергогосподарством, технологією виробництва і адміністративно-господарськими питаннями.

3. В системі освітлення спортивного майданчика школи використовуються металогалогенні світильники, світловий потік яких створює не достатню кількість освітленості згідно норм, зазначених в ДБН. Також вони споживають велику кількість електроенергії.

Мною розроблений проект із заміни даної системи освітлення на нову з використанням енергоефективних світлодіодних прожекторів, що дозволить зменшити споживання електроенергії.

4. Для розрахунку системи освітлення шкільного спортивного майданчику використовувався точковий метод. Він застосовується для відкритих просторів, і дозволяє отримати найбільш точні дані, з урахуванням усіх наявних факторів, що у тій або іншій мірі впливають на величину і якість освітлення.

5. Розрахунок проводився з допомогою світлотехнічної програми DIALux, що дозволяє виконувати розрахунок ОУ на основі реальних геометричних розмірів освітлюваного об'єкта, має засоби для детального моделювання інтер'єрного і оточуючого простору. Також містить засоби для моделювання фотометричних властивостей матеріалів, які використовуються у тривимірній сцені, що в цілому дає можливість програмі використовувати метод трасування променів для створення фотореалістичних зображень майбутньої ОУ.

6. В результаті встановлення світлодіодного освітлення рівень освітленості на спортивному майданчику стане відповідати нормативним вимогам (100 лк), також було вирішено проблему виникнення контрастних тіней від силуету гравця.

7. За результатами розрахунків для освітлення футбольного поля майданчику я вибрав вісім прожекторів типу EV-250-01 і вісім світильників типу СДП01Н зі світловим потоком 24000 лм і 13400 лм відповідно.

Виходячи з загальної потужності на освітлення для електропостачання залу я вибрав мідний кабель з січенням 1,7 мм<sup>2</sup>.

8. Завдяки заміні старої системи освітлення на світлодіодну споживана потужність із 5,6 кВт знизиться до 2,86 кВт. Відповідно зменшиться і споживання електроенергії. Річна економія коштів від впровадження такого проекту становила б 7968 грн. (по розрахунках на січень 2018 р.).

9. Виходячи з наведених результатів роботи, можна вважати даний проект доцільним з точки зору екологічної безпеки, а також завдяки

дотриманню всіх вимог щодо освітлення спортивного майданчику і досягненню значної економії коштів.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ**

1. Котовський А.І., Чубатий Ю.О. Аналіз світлових та енергетичних характеристик сучасних світлових приладів для освітлення приміщень загальноосвітніх шкіл // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 16-17 листопада 2017, м.Тернопіль. – С.126.
- 2.

### **АННОТАЦІЯ**

Котовський А.І. Моделювання систем електропостачання та освітлення спортивних майданчиків загальноосвітніх шкіл.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі побудовано математичну модель освітлювальної установки для типового спортивного майданчика загальноосвітньої школи. У ній використовуються сучасні енергоекономні світлодіодні джерела світла. Проведено порівняльний аналіз роботи такої системи освітлення та традиційної, що використовує металогалогенні джерела світла. Сформульовано рекомендації по економії енергоресурсів при використанні запропонованої моделі освітлення спортивного майданчика.

**Ключові слова:** СВІТЛОДІОДНЕ ДЖЕРЕЛО СВІТЛА, ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК, ОСВІТЛЕНІСТЬ, СПЕКТРАЛЬНИЙ СКЛАД ВИПРОМІНЮВАННЯ, КОЛЬОРОВА ТЕМПЕРАТУРА.

### **ABSTRACT**

Kotovskiy A. Modeling of electrical supply and lighting systems for school sports playground.

141 «Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics». – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University. – Ternopil, 2018.

In the thesis the mathematical model of the lighting installation for a typical sports ground of the school is constructed. It uses modern energy-saving light-emitting diode light sources. It uses modern energy-saving light-emitting diode light sources. A comparative analysis of the work of such a lighting system and traditional, using metal halide light sources is conducted. Recommendations on energy saving are formulated with the use of the proposed model of lighting of the sports ground.

**Key words:** LED, ENERGY EFFICIENCY, MATHEMATICAL MODEL, LIGHT FLOW, LIGHTING, SPECTRAL COMPOSITION OF RADIATION, COLOR TEMPERATURE.