

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

АФАНАСЕНКО АНДРІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 628.92/.97:628.931

**БЕЗПЕКА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ
АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ТА ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ**

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник

доктор технічних наук, професор
Тарасенко Микола Григорович,
завідувач кафедри енергозбереження та
енергетичного менеджменту
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент

кандидат технічних наук,
Костик Любов Миколаївна,
доцент кафедри світлотехніки та
електротехніки
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться "25" лютого 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитись в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою: <http://elartu.tntu.edu.ua/>.

Секретар
екзаменаційної комісії № 38

Коцюрко Р. В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Якість штучного освітлення автомобільних доріг і пішохідних переходів прийнято розглядати з точки зору безпеки руху. При цьому за основу приймають питомі показники дорожньо-транспортних пригод (ДТП) – кількість ДТП, що відноситься до тривалості різних періодів доби (дня, ночі, вечірніх і ранішніх сутінків).

Причини дорожнього травматизму полягають в тому, що темпи автовиробництва, а також швидкості переміщення транспорту з кожним роком зростають, а інстинкт самозбереження в умовах сучасного світу дещо притуплюється. За 2016 рік в Україні трапилось 158776 ДТП, в яких постраждало 26782 людини, з яких 3410 загинуло. Частка, яка припадає на аварії, що трапляються на пішохідних переходах, складає 35 – 55 % від загальної кількості ДТП.

Розглядаючи в цілому завдання безпеки на автошляхах, ми змушені, в першу чергу, звернути увагу на високий рівень ДТП з жертвами саме в темний час доби. Серед недоліків освітлення можна виділити: недостатню освітленість, відсутність світлового контрасту, засліплююче освітлення. В той же час, поряд із недотриманням норм щодо безпеки пішоходів і водіїв, виникає проблема енергозбереження. Вона полягає в тому, що не завжди використовуються економічні джерела світла, і освітлення не відповідає потребам учасників дорожнього руху. Все це вказує на **актуальність** даної роботи.

Мета й задачі дослідження. Метою дипломної роботи магістра є розробка безпечної та енергоефективної системи освітлення автомобільних доріг і пішохідних переходів. Для досягнення мети вирішувалися наступні задачі: 1) впровадження світлодіодного освітлення; 2) використання астрономічних реле для керування освітленням; 3) вимкнення частини освітлення в періоди найменшої інтенсивності руху; 4) збільшення освітленості, яскравості та контрасту на пішохідних переходах; 5) зменшення коефіцієнту засліпленості.

Об'єкт дослідження – процес використання електричної енергії в системі зовнішнього освітлення з позицій енергоекономічних аспектів підвищення рівня енергоефективності та безпеки.

Предмет дослідження – моделі та засоби забезпечення безпеки на автомобільних дорогах та пішохідних переходах та методи визначення потенціалу енергозбереження для них.

Методи дослідження. Поставлені задачі вирішувались на основі: а) математичних розрахунків точкових освітленостей доріг і пішохідних переходів; б) моделювання системи освітлення в середовищі Light-in-Night Road для визначення освітленості, яскравості і коефіцієнта засліпленості; в) планування експериментальних робіт та оброблення отриманих результатів із використанням методів математичної статистики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що для освітлення використовуються світлодіодні джерела світла з управлінням, що дає змогу зменшити час роботи системи. Пішохідні переходи укомплектовані спеціальними світильниками, що дасть можливість не тільки підвищити

енергоефективність, але й знизити число дорожньо-транспортних пригод з участю пішоходів. При цьому одержано такі наукові результати:

1. Для освітлення автомобільних доріг найкраще використовувати світлодіодні джерела світла, які мають найвищий серед існуючих на даний момент, S/P фактор.

2. Запропоновано використовувати світильники з асиметричними кривими сили світла, що направляють світловий потік безпосередньо на освітлювальну поверхню.

3. Для забезпечення економії електроенергії було вирішено вимикати 2/3 кількості всіх світильників в моменти найменшої інтенсивності автотранспорту (від 1:00 до 5:00), що дозволяє до 50 % зменшити споживання електроенергії.

4. Для увімкнення освітлення вибрано астрономічні реле часу, що працюють відповідно до заходу і сходу сонця, по програмі згідно пори року.

5. Для вимірювання освітленості безпосередньо на місці проектування розроблено Android додаток, який за допомогою вмонтованого на смартфоні датчика вимірює освітленість в точці, або середню освітленість по площині освітлювальної поверхні.

Практичне значення одержаних результатів. Ґрунтуючись на результатах експериментальних досліджень, теоретичних узагальнень розроблено проект зовнішнього освітлення, який може бути впроваджений в умовах реального життя. Використовуючи таку систему освітлення автомобільних доріг і пішохідних переходів можливо суттєво зменшити кількість ДТП і споживання електроенергії.

Апробація результатів дисертації. Окремі результати роботи доповідались на X Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання», Тернопіль, ТНТУ, 25 – 26 квітня 2017 р.

Структура і обсяг роботи. Дипломна робота магістра складається із вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків. Загальний обсяг роботи становить 118 листів машинописного тексту і 6 креслень оформлених на форматі A1. При розробці було використано 34 формули, побудовано 32 рисунка і 16 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і висвітлює основні тенденції по досліджуваним проблемним питанням.

Було визначено, що при збільшенні інтенсивності руху кількість пригод у темний час доби зростає швидше, ніж у денний. При русі автомобіля освітлення дороги фарами в нормальних умовах забезпечується на відстані 90-100 м попереду рухомого автомобіля. Ця відстань менша за видимість, яка необхідна для сучасних швидкостей руху автомобілів. До цього необхідно додати, що

осліплююче світло фар зустрічних автомобілів знижує безпеку руху, особливо на порівняно вузьких дорогах і на кривих і надзвичайно стомлює водія і пасажирів. Зона пішохідних переходів має підвищену небезпеку.

Для освітлення автомобільних доріг і пішохідних переходів було обґрунтовано вибір світлодіодних джерел світла. Спектр світлодіодних джерел світла має два максимуми в синій (440-460 нм) і жовто-зеленій (550-640 нм) областях і мінімум в області зеленого світла (470-490 нм) (рис. 1).

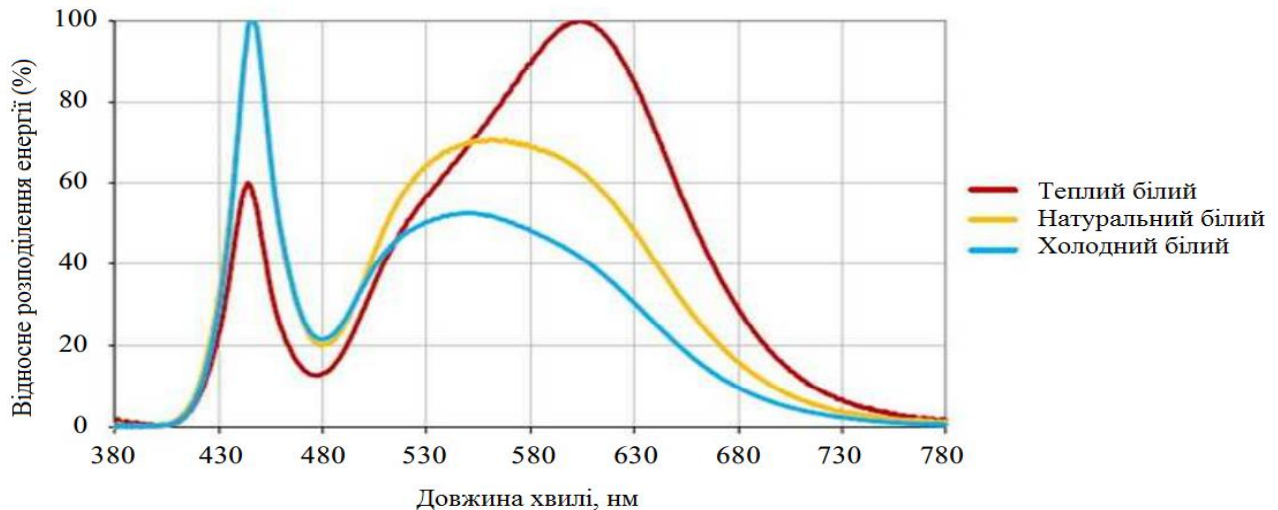


Рис. 1. Відносне спектральне розподілення білих світлодіодів

Максимуми знаходяться в тих же діапазонах, що і криві світлочутливості ока для нічного і денного зору, що дозволяє охарактеризувати світлодіодні джерела світла як найбільш підходящі джерела для застосування в установках освітлення вулиць в умовах сутінкової фотометрії.

В результаті аналізу літературних джерел розкрито стан і суть наукової проблеми, виокремлено низку завдань вирішення яких потребує відповідних теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі «Основна частина» на основі математичних розрахунків проведено визначення освітленості і яскравості дорожнього покриття. За допомогою програми Light-in-Night Road була проведена перевірка отриманих результатів, в результаті якої, всі отримані значення відповідають чинним нормам. Завдяки несиметричні КСС світильників для освітлення пішохідних переходів засліплення водіїв виключене.

Для забезпечення економії електроенергії було вирішено вимикати освітлення в моменти найменшої інтенсивності автотранспорту (від 1:00 до 5:00) (рис. 2).

З метою виключення такої ситуації, при якій все освітлення буде вимкнено повністю, що є небезпечним як для автомобілістів так і для пішоходів, було вирішено:

- освітлення пішохідних переходів повинно працювати всю ніч;
- заради економії електроенергії потрібно вимикати 2/3 основного освітлення вулиці (1/3 освітлення працюватиме протягом всієї ночі для забезпечення орієнтації водіїв).

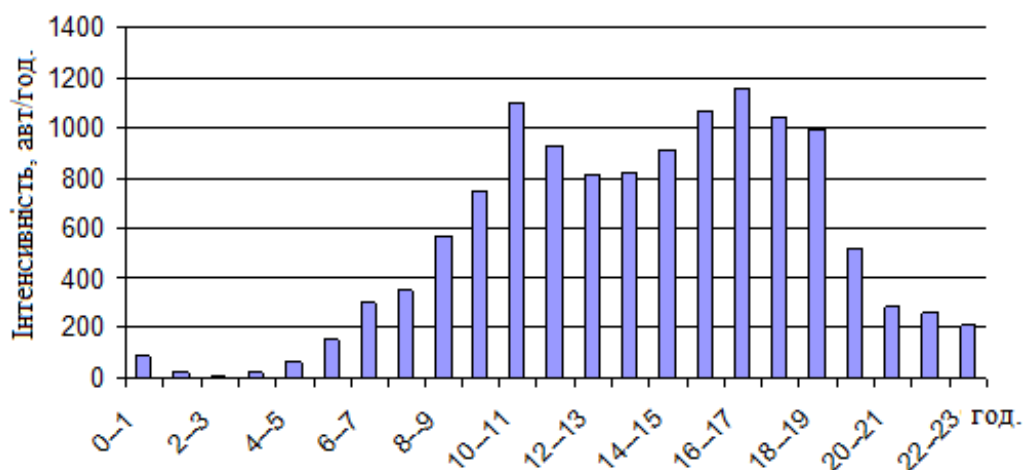


Рис. 2. Інтенсивність руху транспорту залежно від періоду доби

Для керування освітленням запропоновано використання двоканалного астрономічного реле, що дає змогу керувати увімкненням освітленням залежно від заходу і сходу сонця, а також вимикати необхідні ділянки освітлювальної мережі. Використання даного реле дасть змогу зменшити тривалість роботи освітлення на повній потужності з 12 годин до 6 годин на добу.

У третьому розділі «Спеціальна частина» для вимірювання освітленості було розроблено Android додаток, що дає змогу визначити миттєву освітленість в точці, або ж середню освітленість по освітлювальній поверхні. Додаток може бути встановлений на будь-який Android пристрій з датчиком освітленості, що дасть змогу не використовувати люксметр.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» було розраховано ефективність при заміні стандартної системи освітлення, що укомплектована світильниками з лампами ДРЛ, на систему із світлодіодними джерелами світла. Визначено економію при використанні модернізованої системи освітлення, а також розраховано її термін окупності.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуті питання впливу освітленості на зорову функцію людини, охарактеризовано засоби і заходи щодо електробезпеки. Розглянуто дію електричного струму на персонал, що експлуатує об'єкти енергетики, а також перша допомога при електротравмах.

У шостому розділі «Екологія» розглянута роль енергозбереження у вирішенні екологічних проблем. Визначена роль науково-технічного прогресу в забезпеченні якісного стану довкілля.

ВИСНОВКИ

1. Доведено, що для освітлення автомобільних доріг і пішохідних переходів найкраще використовувати світлодіодні світильники. Вони мають високу світлову віддачу і завдяки своєму спектру випромінювання найкраще підходять для застосування в умовах сутінкової фотометрії.

2. Для освітлення автомобільних доріг, а особливо пішохідних переходів необхідно використовувати світильники з асиметричними КСС, що дасть змогу уникнути засліплюючої дії для водіїв автотранспорту.

3. Пішохідні переходи необхідно покривати кольоровими покриттями (особливо червоним кольором), що збільшує світловий контраст пішохода на фоні дорожнього полотна.

4. Для забезпечення економії електроенергії було вирішено вимикати 2/3 кількості всіх світильників в моменти найменшої інтенсивності руху автотранспорту (від 1:00 до 5:00). Для забезпечення орієнтації та безпеки водіїв і пішоходів 1/3 загального освітлення і освітлення пішохідних переходів необхідно залишати увімкненим весь темний період доби.

5. Для керування освітленням було обране астрономічного реле, що дає змогу керувати увімкненням освітлення залежно від заходу і сходу сонця, а також вимикати необхідні ділянки освітлювальної мережі.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Афанасенко. А. А. Безпека та енергоефективність освітлення автомобільних доріг та пішохідних переходів / Тарасенко М. Г., Афанасенко А. А. Тези доповіді на X Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». – Тернопіль, ТНТУ, 2017. – С. 163.

АНОТАЦІЯ

Афанасенко А. А. Безпека та енергоефективність освітлення автомобільних доріг та пішохідних переходів. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 8.05070108 – енергетичний менеджмент. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломна робота присвячена розробці безпечної та енергоефективної системи освітлення автомобільних доріг і пішохідних переходів. Доведено, що найбільш вигідним з точки зору безпеки учасників дорожнього руху є використання світлодіодних джерел світла.

Запропоновано використання системи керування на основі астрономічного реле, що дає змогу керувати увімкненням освітлення залежно від заходу і сходу сонця, а також вимикати необхідні ділянки освітлювальної мережі в періоди найменшої інтенсивності руху. З метою збільшення світлового контрасту варто використовувати кольорові покриття дорожнього полотна.

Ключові слова: зовнішнє освітлення, освітленість, яскравість, світлодіодні джерела світла, астрономічне реле, безпека, сліпуча дія, кольорові покриття.

ANNOTATION

Afanasenko A. A. Safety and energy efficiency of illumination on highways and pedestrian crossings – Manuscript.

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 8.05070108 – energy conservation and energy management. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

Thesis is devoted to the development of a safe and energy efficient lighting system for highways and pedestrian crossings. It is proved that the most advantageous in terms of safety of road users is the use of LED light sources. They have a high luminous impact and, due to their spectrum of radiation, are best suited for use in conditions of twilight photometry.

In order to control the lighting, it is proposed to use astronomical relay control systems to control the activation of lighting depending on sunset and sunrise, as well as to switch off the necessary lighting sections during the periods of the smallest traffic intensity. Using this relay will reduce the duration of the operation twice, with the lighting pedestrian crossings should work all night, and part of the main lighting should be switched off during the period of the smallest traffic intensity.

It is proved that pedestrian crossings are best to be covered with colored coatings (especially in red color), which increases the light contrast of the pedestrian on the background of the roadblock. This will allow you to see a pedestrian on a transition from a larger distance in order to retreat to take measures to slow down transport.

On the basis of mathematical calculations the definition of illumination and brightness of a road covering is made. The Light-in-Night Road program tested the results, which resulted in all of the values obtained being in accordance with current standards.

To measure light, an Android application was developed to determine the instantaneous illumination at the point, or the average illumination on the surface. The app can be installed on any Android device with a light sensor, which prevents use from auxiliary gauges.

Keywords: exterior lighting, illumination, brightness, LED light sources, astronomical relay, safety, dazzling effect, color coatings.