

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

ПАЛИЦЯ ВОЛОДИМИР АНДРІЙОВИЧ

УДК 621.31; 621.33

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ІНТЕГРАЛЬНОГО
ОСВІТЛЕННЯ ПРИ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НОРМОВАНОГО
СВІТЛОВОГО РЕЖИМУ ПРИМІЩЕННЯ**

141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи магістра 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 кандидат технічних наук, доцент
Коваль Вадим Петрович,
доцент кафедри енергозбереження та
енергетичного менеджменту
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат технічних наук,
Осадца Ярослав Михайлович
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 дослідження. Розвиток людства нерозривно пов'язане зі споживанням світла не менше, ніж зі споживанням металу, нафти, вугілля, електрики. Освітлення є найважливішою частиною фізико біологічного середовища існування людини, що визначає комфортність місця існування, самопочуття, працездатність.

Незважаючи на те, що витрати електричної енергії (ЕЕ) на освітлення окремо взятого приміщення можуть здатися незначними, в масштабі суспільних витрат вони є вельми значні. Наприклад, в Україні на цілі освітлення витрачається приблизно 14 % від загального обсягу виробництва ЕЕ, з них на частку освітлення громадських будівель доводиться від 30 до 45 %.

На стадії проектування або реконструкції систем освітлення існують два основні способи економії ЕЕ:

- а) підвищення енергетичної ефективності, тобто зниження питомої встановленої потужності освітлювальної установки (ОУ);
- б) оптимізація режиму експлуатації ОУ (скорочення часу використання електричного освітлення).

Реалізація першого способу енергозбереження активно ведеться з використанням розробок ОУ на основі енергоефективних джерел світла, в тому числі сучасних – світлодіодних.

Другий спосіб енергозбереження – регулювання часу роботи і потужності установок штучного освітлення автоматичними системами управління за рахунок збільшення частки використання практично необмеженого і повсюдно доступного ресурсу природного світла.

Основним джерелом природного освітлення (ПО) приміщень є світлові прорізи (вікна) різної геометрії, конструкції, розміщення. При цьому, світлопрозорі конструкції, будучи конструктивним елементом передачі природного світла в приміщення, одночасно є каналом значних теплових втрат. І хоча сучасні матеріали дозволяють створювати світлопрозорі конструкції з підвищеним опором теплопередачі, вікна і раніше залишаються основними джерелами теплових втрат будівлями (до 40-45 %).

Друга проблема освітлення через вікна – традиційні вертикальні вікна забезпечують нормований рівень природної освітленості в приміщенні тільки на відстані приблизно 6 м від вікна при асимптотичному зменшенні природної освітленості в міру віддалення від нього. Очевидно, що для підвищення її значень вглибині приміщення буде потрібно значне збільшення розмірів віконного отвору. Це сприяє збільшенню природного освітлення, створення комфортного світлового середовища і економії електричної енергії на штучне освітлення. Однак будь-яке збільшення площі світлових прорізів веде до охолодження і/або нагрівання приміщення, викликаних інфільтрацією і трансмісійними втратами, що зводить до нуля досягнуту економію ЕЕ.

Система ЕО є найбільш ефективною в забезпеченні рівномірності освітлення при взаємодії бічного і верхнього природного світла. Верхні світлові

прорізи, будучи додатковим джерелом світла, є одночасно і каналом відтоку/припливу тепла ззовні.

Таким чином, з позицій оптимізації енергетичного балансу на конструктивне рішення приміщення накладаються певні обмеження в питанні влаштування світлових в огорожувальних конструкціях – при будівництві та реконструкції споруд з метою ефективного використання енергоресурсів параметри світлового прорізу слід вибирати з урахуванням економії електроенергії на штучне освітлення і скорочення витрат енергії на заповнення тепловтрат через світлові прорізи взимку і кондиціонування/вентиляцію для компенсації надлишкового теплопоступлення через них влітку.

Об’єкт дослідження: процес світлового розподілу освітлення у приміщенні.

Предмет дослідження: установка штучного та природного освітлення.

Метою роботи є дослідження системи інтегрального (суміщеного) освітлення, як складової енергетичної структури будівлі, виявлення способів зниження питомого енергоспоживання з врахуванням теплового балансу.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються наступні задачі:

1. Провести аналіз світової і вітчизняної практики вирішення проблеми енергоефективного освітлення приміщень.
2. Провести дослідження світлотехнічних і теплотехнічних характеристик систем природного освітлення.
3. Провести порівняльний аналіз сучасних систем природного освітлення. Провести розрахунок тепловтрат та теплонадходжень, які спричиняють системи природного освітлення.
4. Здійснити оцінку енергозберігаючого ефекту від впровадження порожнистих трубчастих світловодів (ПТС) спільно з системою автоматичного регулювання штучного освітлення.
5. Запропонувати конструкцію гібридного світильника із природним та штучним джерелами світла.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі задач використані методи математичного моделювання, обчислювальні експерименти, методи обробки інформації за допомогою програмного пакету Origin Pro, Microsoft Office Excel. Розрахунок КПО проводився відповідно до ДБН В.2.5-28-2006. В якості теоретичної бази для дослідження використані наукові праці з розрахунку природного освітлення і теплопередачі в огорожувальних конструкціях.

Наукова новизна одержаних результатів.

Запропонований метод визначення енергоефективного рішення верхнього природного освітлення (на основі ПТС) приміщень з позиції дотримання енергетичного балансу приміщення в річному циклі його експлуатації та максимальної економії електроенергії на штучне освітлення при використанні системи автоматичного управління;

Отримані графічні й аналітичні залежності для розрахунку ефективності застосування світловодів в світло-кліматичних умовах західної України (на прикладі м. Тернополя) як додаткового джерела природного світла з метою

вирішення проблеми «вирівнювання» освітленості на розрахунковій поверхні і створення комфортного світлового середовища.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблений метод визначення оптимальних розмірів верхнього природного освітлення на основі розрахунку коефіцієнта пропорційності (K_e), який являє собою мінімальний витрата енергії на забезпечення суміщеного освітлення при певному коефіцієнті природного освітлення (КПО);

Розроблена модель для теоретичних і експериментальних досліджень світлотехнічної ефективності приладового комплексу поєднаного освітлення як єдиного джерела природного і штучного світла, що забезпечує світловий комфорт та енергозбереження приміщень будівель.

Результати дослідження можуть використовуватися в навчальному процесі з дисциплін, що читаються на кафедрі енергозбереження та енергетичного менеджменту, а саме: «ВДЕ» та «Енергозбереження»

Апробація результатів роботи.

Результати роботи були апробовані на X Всеукраїнській студентській науково-технічній конференції ТНТУ імені Івана Пулюя “ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ” [1].

Структура і обсяг роботи.

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи 120 сторінок, 7 таблиць і 35 рисунків; список літератури з 61 найменувань на 7 сторінках

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

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

Перший розділ «Літературний огляд» носить оглядово-аналітичний характер і висвітлює основні тенденції у світі щодо тематики дипломної роботи. Висвітлено результати аналізу ролі природного освітлення в забезпеченні світового комфорту. Розглянуто потенціал енергозбереження в системах штучного освітлення і способи його реалізації.

В результаті аналізу сучасного стану та здобутків науковців за темою роботи виявлено, що:

- з метою підвищення світлової віддачі джерел світла, на сьогоднішній день застосовують світлодіодні ламп і світильники, які є потенційно енергоефективним рішенням;
- збільшення частки природного світла чинить позитивний вплив на світлові умови середовища, дотримання правил і рекомендацій виробничої санітарії і гігієни, комплексне поліпшення трудового мікроклімату;
- тепловий режим приміщення залежить від рівня сонячної радіації, рівня природної освітленості, географо-кліматичних умов території. При

розрахунку теплового балансу та проектуванні будинку ці фактори потрібно враховувати;

– природне освітлення як компонент комфортного світлового середовища і ефективний ресурс енергозбереження в освітленні є важливою складовою енергетичного балансу приміщення.

У другому розділі «Основна частина» наведено основні результати дипломної роботи. Представлено результати розрахунків, їх аналіз. Описано запропоновану конструкцію інтегрального світильника у якому основним джерелом світла є природне, а якщо його недостатньо для забезпечення нормованої освітленості на робочій поверхні, вмикається та плавно регулюється штучне світлодіодне джерело світла.

Для забезпечення природним світлом приміщень, проведено аналіз способів його транспортування. Встановлено, що недоліком вікон, які традиційно використовують для природного освітлення є нерівномірність освітлення в напрямку від вікон до глибини приміщення, велика площа та складність у керуванні світловим потоком. Цих недоліків позбавлені порожнисті світловоди (ПТС) (рис.1). Вони можуть здійснювати забір світла із даху чи із фасаду.



Рис. 1. ПТС Solatube Daylighting System

Як приклад розраховано ефективність застосування ПТС в умовах Тернопільського району. За модель приміщення прийнято усереднене офісно-адміністративне приміщення, яке розташовується в глибині будівлі без можливості освітлення бічними світлопрозорими прорізами. Розміри стелі 6х8 м при висоті стелі 3 м. Для простоти розрахунку прийнято, що приміщення розташовується безпосередньо під дахом будівлі і тому не потрібне ускладнення конструкції світлопроводної системи. За основу аналізу прийнято, що для природного освітлення використовуються Solatube ® 330 Daylighting System

довжиною 2,4 м.

За систему штучного освітлення прийнято світильники типу Армстронг з люмінесцентними лампами T8 4x18 Вт, світловий потік лампи дорівнює 1150 лм, ККД світильника – 60 %

В результаті отримано залежність економії електроенергії на штучне освітлення від рівня верхнього природного освітлення (рис.2). Як наслідок ми бачимо, що економія на штучне освітлення може досягати 90 %

Проведено порівняльний аналіз сучасних систем природного освітлення. Розглянуто бічне вікно, трапецеподібний ліхтар та ПТС. Обчислення світлового

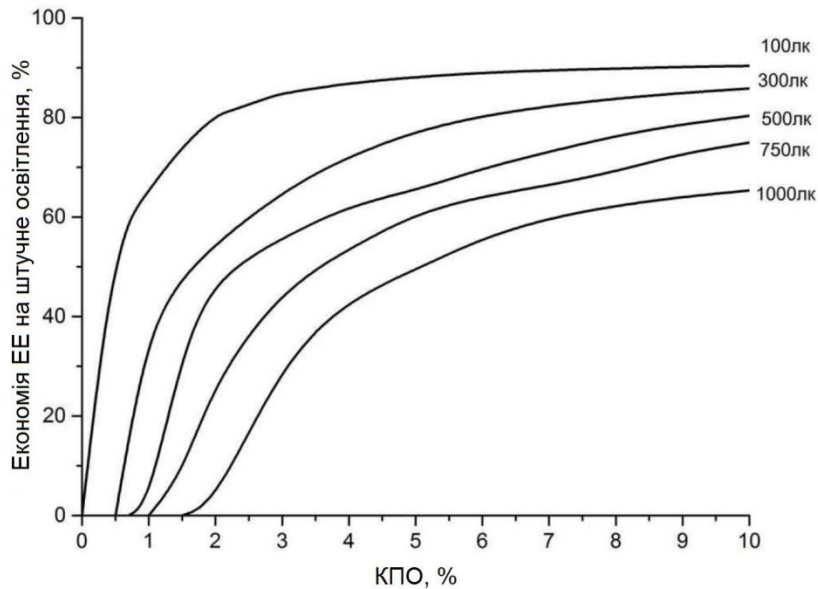


Рис. 2. Економія електроенергії на штучне освітлення в залежності від рівня верхнього природного освітлення

кращі теплофізичні параметри і низькі приведені річні витрати на освітлення завдяки ефективному транспортуванню природного світла і його розподілу по приміщенню.

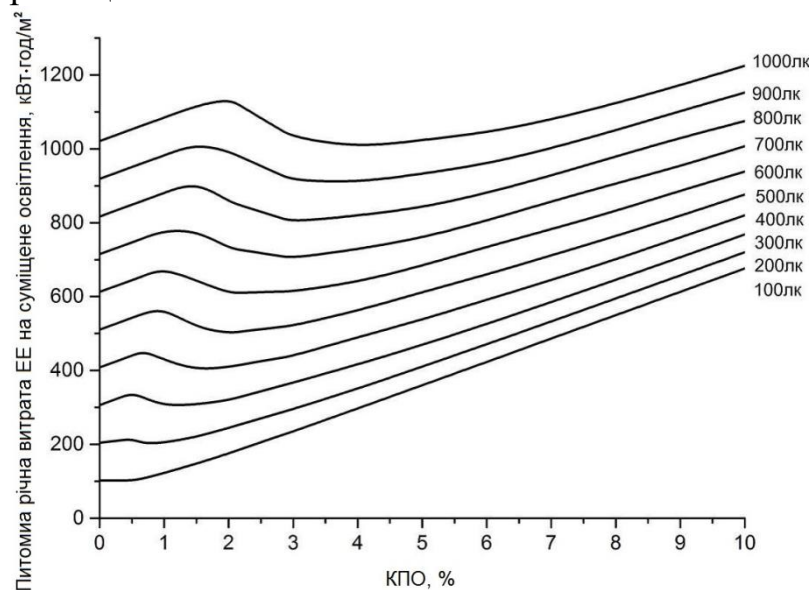


Рис. 3. Сумарна річна питома витрата енергії на суміщене освітлення в м. Тернополі в залежності від КПО, %, кВт год/м²

енерговитрат на опалення, вентиляцію і кондиціонування. Графіки (рис.3) показують, що для будь-якого значення нормованої освітленості має місце мінімальна витрата енергії при певному КПО.

Проведено дослідження ефективності застосування систем автоматичного регулювання штучного освітлення. Виявлено, що автоматичне управління дозволяє виключити недоліки ручного управління за рахунок ступеневого або

потоків були виконані з використанням програми світлового моделювання Dialux.

Для випадків використання ПТС та вікон із різною орієнтацією проведено розрахунок тепловтрат та теплонадходжень, які спричиняють системи природного світла. Встановлено, що верхні світлові прорізи, що представляють собою порожнисті трубчасті світловоди, незважаючи на високу початкову вартість, мають більш

Для визначення ефективних розмірів верхнього освітлення, представлених ПТС, з позиції дотримання енергетичного балансу приміщення в річному циклі його експлуатації, виконано енергетичну оцінку системи інтегрованого (суміщеного) освітлення (верхнє природне + штучне) за сумарними витратами теплової і електричної енергії, які складаються з

плавного регулювання штучного освітлення при зміні зовнішнього. На рис. 4 представлено залежність річної економії ЕЕ на штучне освітлення при різних значеннях КПО для плавної і дискретної АСУ, нормована освітленість 750 лк.

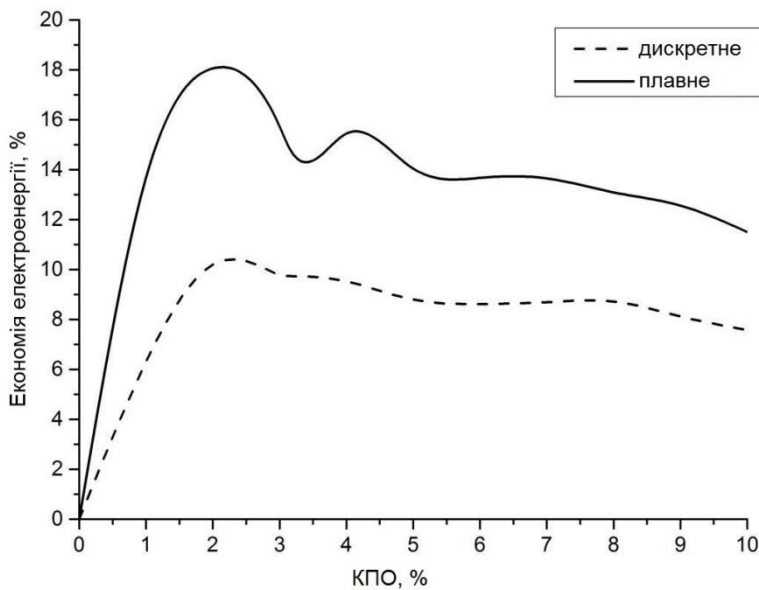


Рис. 4. Залежність річної економії ЕЕ на штучне освітлення при різних значеннях КПО для плавної і дискретної АСУ

Запропоновано конструкцію гібридного світильника, в якому в єдину конструкцію інтегровані три компоненти, що створюють енергозберігаючий ефект і формують комфортне світлове середовище.

Принцип роботи системи це підтримання необхідного рівня освітленості приміщення за допомогою інтегрованого фотодатчика для контролю електричного світла, щоб доповнювати денне світло.

В основу гібридного світильника, що проектується в рамках цієї роботи, були закладені наступні компоненти:

1. Система природного освітлення – світлопровідна система Solatube Daylighting Systems;
2. Система штучного освітлення - блок штучного світла, світлодіодні джерела світла;
3. Система регулювання - блок живлення для світлодіодів, САУ і фотодатчик.

У третьому розділі «Спеціальна частина» представлено опис власного та ліцензійного програмного забезпечення, яке використано для проведення розрахунків та представлення їх результатів.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено техніко-економічного обґрунтування впровадження інтегрального освітлення із застосуванням порожнистих світловодів та світлодіодного освітлення. В результаті розрахунків встановлено, що при переході від системи освітлення на основі ЛР до освітлення з допомогою окупиться за 2 роки. А за 5 років експлуатації можна отримати прибуток в розмірі 47 тис грн..

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано вплив умов освітленості на зорову функцію людини, можливість виникнення статичної електрики та заходи боротьби з нею, проведення планування заходів цивільного захисту на підприємстві електротехнічної та світлотехнічної галузі у випадку надзвичайних ситуацій та причини електротравматизму на виробництві. Вплив електричного струму на організм людини.

У шостому розділі «Екологія» наведено аналіз впливу енергетики на навколишнє середовище та висвітлено екологічні проблеми й енергозбереження.

ВИСНОВКИ

1. Визначено вплив трубчастих порожнистих світловодів як джерела верхнього природного освітлення на тепловий та світловий режим приміщення. Показано, що світловоди мають прийнятні теплофізичні параметри, а також вирішують проблему «вирівнювання» освітленості по розрахунковій поверхні. Світлова ефективність ПТС залежить від співвідношення довжини і діаметру системи, а також коефіцієнта відбивання внутрішнього покриття

2. Досліджено світлотехнічні та теплотехнічні характеристики світлопровідних систем, проведений порівняльний аналіз ПТС з віконними бічними прорізами різної орієнтації за річними приведеними витратами на освітлення на 1 м². Дані дослідження показали, що незважаючи на високу початкову вартість, ПТС мають кращі теплофізичні параметри і більш низькі приведені річні витрати на освітлення завдяки ефективному транспортуванню природного світла і його розподілу по приміщенню.

3. Представлені вимоги до суміщеного освітлення, які ґрунтуються на ефективності використання енергії, самопочутті людей і продуктивності праці, економічній ефективності, а також на динаміці освітлення за рахунок технічних засобів АСУ ТП електричним світлом.

4. Виконано енергетичну оцінку системи інтегрованого (суміщеного) освітлення (верхнє природне + штучне) за сумарними витратами теплової і електричної енергії, які складаються з енерговитрат на опалення, вентиляцію і кондиціювання. Встановлено, що з точки зору економії енергії протягом експлуатації суміщеної системи освітлення можна знизити величину КПО при використанні в якості джерел верхнього світла ПТС, з урахуванням забезпечення на робочій поверхні приміщення необхідної величини природного світла.

5. Проведено дослідження ефективності застосування систем автоматичного регулювання штучного освітлення. Виявлено, що автоматичне управління дозволяє виключити недоліки ручного управління за рахунок ступеневого або плавного регулювання штучного освітлення при зміні зовнішнього

6. Створено фізичну модель освітлювального приладу, що реалізує інтегральну систему освітлення на базі світловодної труби і світлодіодної освітлювальної техніки, який дозволяє підвищити ефективність роботи ОУ в цілому.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

1. Палиця В. Енергоефективність використання одночасно штучного та природного освітлення / Палиця В. // Збірник тез X Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 25-26 квітня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 1. — С.

АНОТАЦІЯ

Палиця В.А. Енергоефективність інтегрального освітлення при забезпеченні нормованого світлового режиму приміщення. – Рукопис.

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Дипломна робота присвячена дослідженню ефективності використання природного освітлення на основі порожнистих трубчастих світловодів в комплексі із енергоефективним світлодіодним освітленням. Проведено порівняльний аналіз сучасних систем природного освітлення та виконано розрахунок тепловтрат та теплонадходжень, які спричиняють системи природного освітлення. Здійснено оцінку енергозберігаючого ефекту від впровадження порожнистих трубчастих світловодів) спільно з системою автоматичного регулювання штучного освітлення. Запропоновано конструкцію гібридного світильника із природним та штучним джерелами світла.

Ключові слова: інтегральне освітлення, штучне освітлення, тепловтрати, теплопоступлення.

ANNOTATION

Palytsia V.A. Energy efficiency of integrated lighting while providing the normalized light mode of premises. - Manuscript.

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

Diploma paper is devoted study of energy efficiency of the use of natural light on the basis of hollow tubular light sources in a complex with energy-efficient LED lighting. A comparative analysis of modern systems of natural light has been carried out and the calculation of heat losses and heat consumption, which cause natural lighting systems, is performed. An estimation of the energy-saving effect from the introduction of hollow tubular light guides is carried out together with the system of automatic regulation of artificial lighting. The design of a hybrid lamp with natural and artificial light sources is proposed.

Key words: hybrid energy systems, renewable energy, charging stations, replace batteries stations.