

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені
Івана Пулюя**

**Інститут електродинаміки НАН України
Тернопільський обласний фонд ім. Івана Пулюя
Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова**

МАТЕРІАЛИ

VI Міжнародної науково-технічної конференції

"СВІТЛОТЕХНІКА Й ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА: ІСТОРІЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ"



**30 січня - 02 лютого 2018 року
м. Тернопіль – м. Яремче**

Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», 30 січня - 02 лютого 2018 року, Тернопіль, Яремче (УКРАЇНА) – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. – 128 с.

ISBN 978-617-7331-50-5

Даний збірник містить тези пленарних і секційних матеріалів спеціалістів і наукових співробітників, представлених на VI Міжнародній науково-технічній конференції «Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи», яка проведена 30 січня - 02 лютого 2018 року в м. Тернопіль та м. Яремче.

Робочими мовами конференції є українська, російська та англійська

У збірник включені тези за такими напрямками:

1. Історичні аспекти світлотехніки і електроенергетики.
2. Комп'ютерні методи у світлотехніці й електроенергетиці.
3. Впровадження світлодіодних джерел світла.
4. Фізичні аспекти генерування світла та високоефективні джерела випромінювання.
5. Вторинні перетворювачі і нормалізація параметрів електроенергії.
6. Інформаційно-керуючі і силові пристрої та системи.
7. Опромінювальні установки в промисловості, сільському господарстві, медицині.
8. Системи зовнішнього і внутрішнього освітлення.
9. Метрологія, стандартизація й сертифікація у світлотехніці та електроенергетиці.
10. Екологічні проблеми сучасної світлотехніки і електроенергетики.
11. Нетрадиційні джерела енергії та енергоощадність.

ISBN 978-617-7331-50-5

Ministry of Education of Ukraine
Ternopil Ivan Puluj National Technical University
Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences
of Ukraine
Ternopil regional fund of Ivan Puluj
V.E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics

MATERIALS

6th International Scientific Conference

**"LIGHTING AND
POWER ENGINEERING:
HISTORY, PROBLEMS
AND PERSPECTIVES"**



January 30 - February 02, 2018
Ternopil – Yaremche

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Ясній П.В.	голова програмного комітету (Україна, Тернопіль)
Мусілек Л.	співголова програмного комітету (Чехія)
Сорокін В.М.	співголова програмного комітету (Україна, Київ)
Лупенко А.М. Тернопіль)	заступник голови програмного комітету (Україна,
Айзенберг Ю.Б.	(Росія, Москва)
Говоров П.П.	(Україна, Харків)
Кияк Б.Р.	(Україна, Київ)
Кожушко Г.М.	(Україна, Полтава)
Кравс Іво	(Чехія, Прага)
Курітник І.-П.П.	(Польща)
Липківський К.О.	(Україна, Київ)
Назаренко Л.А.	(Україна, Харків)
Неежмаков П.І.	(Україна, Харків)
Сичов М.М.	(Росія, Санкт-Петербург)
Смірнов О.Г.	(Білорусія, Мінськ)
Стахів П.Г.	(Україна, Львів)
Тарасенко М.Г.	(Україна, Тернопіль)
Харченко В.Ф.	(Україна, Харків)
Шабашкевич Б.Г.	(Україна, Чернівці)
Шендеровський В.А.	(Україна, Київ)
Щиренко В.В.	(Україна, Тернопіль)
Юрченко О.М.	(Україна, Київ)

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Рогатинський Р.М.	голова організаційного комітету
Андрійчук В.А.	заступник голови організаційного комітету
Коваль В.П.	Секретар
Бабюк С.М.	Медвідь В.Р.
Белякова І.В.	Мовчан Л.Т.
Буняк О.А.	Наконечний М.С.
Івасечко Р.Р.	Оробчук Б.Я.
Козак К.М.	Осадца Я.М.
Костик Л.М.	Поталіцин С.Ю.
Котик М.І.	Пилипчук Р.В.
Кудряшова А.В.	Рокіцький О.М.
Куземко Н.А.	Сисак І.М.
Кріль Р.Б.	Хомишин В.Г.
Липовецький М.М.	Чубатий Ю.О.

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

УДК 621.327

Анатолій Лупенко, докт. техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ЕЛЕКТРОННІ ПУСКОРЕГУЛЮВАЛЬНІ АПАРАТИ З УСУНЕННЯМ АКУСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ В РОЗРЯДНИХ ЛАМПАХ ВИСОКОГО ТИСКУ

Розглянуто однокаскадні електронні пускорегулювальні апарати для живлення розрядних ламп високого тиску низькочастотними прямокутними імпульсами струму, які усувають акустичний резонанс та забезпечують високий коефіцієнт потужності.

Ключові слова: однокаскадний електронний пускорегулювальний апарат, розрядна лампа високого тиску, акустичний резонанс, низькочастотне живлення.

Anatoliy Lupenko

ELECTRONIC BALLASTS WITH ELIMINATING OF ACOUSTIC RESONANCE IN HIGH PRESSURE DISCHARGE LAMPS

A single-stage low-frequency square-wave electronic ballasts for high-pressure discharge lamps operation with acoustic resonance eliminating and high power factor are considered.

Key words: single-stage electronic ballast, high-pressure discharge lamp, acoustic resonance, low-frequency operation.

Нашляху створення електронних пускорегулювальних апаратів (ЕПРА) для розрядних ламп високого тиску (РЛВТ) є одна серйозна перешкода, яка ускладнює їх проектування – це явище акустичного резонансу (АР), яке виникає при високочастотному живленні РЛВТ. При роботі лампи на високих частотах (ВЧ) в її розряді можуть виникати стоячі хвилі, які призводять до флуктуацій тиску в розрядній трубці. АР породжує ряд проблем, таких як нестабільність дуги, флуктуації світлового потоку та кольорової температури. Внаслідок змін профілю розряду змінюється напруга на лампі, що може призводити до її погасання. В гірших випадках АР може викликати руйнування розрядної трубки. АР виникає, якщо частота пульсацій потужності, що підводиться до РЛВТ, співпадає з власною частотою лампи та потужність цих пульсацій перевищує пороговий рівень АР, який становить біля 5% від номінальної потужності РЛВТ. Власні частоти лампи залежать від геометричних розмірів лампи, її форми, міжелектродної відстані, складу наповнення лампи, моди коливань та термодинамічних змінних стану розряду (тиск, температура, густина). Частотний діапазон, в якому спостерігається АР у РЛВТ, лежить в межах від 1кГц до 450кГц і навіть вище.

Для усунення шкідливого явища АР застосовуються різноманітні схемні рішення ЕПРА та алгоритми керування їх роботою. Методи усунення акустичного резонансу за допомогою ЕПРА можна поділити на дві групи: 1) методи вибору робочої частоти ЕПРА, яка розташована поза межами частотних смуг АР; 2) методи розподілу потужності, яка підводиться до лампи, по широкому спектру частот таким чином, щоб пульсації потужності на власних частотах лампи не перевищували порогового рівня, за яким виникає АР. Класифікація методів усунення АР за допомогою ЕПРА наведена на рис.1



На базі цього методу пропонуються два варіанти однокаскадних ЕПРА, які не лише усувають АР, а й забезпечують коефіцієнт потужності ЕПРА, близький до одиниці. В цих ЕПРА коректор коефіцієнта потужності (ККП) та вихідний каскад (формувач НЧ імпульсів) використовують спільні транзистори та їх драйвери, що за рахунок їх економії дає змогу зменшити вартісні показники ЕПРА.

До його складу входять ВЧ фільтр Φ , випрямляч, блок керування, розрядна лампа HL , запалювальний пристрій $ЗП$, конденсатор $C2$ та два BIBRED-перетворювачі. Кожний із них складається із спільного вхідного $L1$ і вихідного $L2$ дроселів, транзисторних ключів $T1a$ ($T1b$) та



6

струму мережі обумовлений режимом переривчастого струму ВЧ підвищувального перетворювача постійної напруги. За своєю топологією ВІВРЕД-перетворювач відповідає перетворювачу Кука, в якому послідовно з входним дроселем $L1$ ввімкнено додатковий діод $VD1a$ ($VD1b$), завдяки якому забезпечується режим переривчастого струму в цьому дроселі. Модифікація перетворювачів Кука в даному ЕПРА полягає в тому, що два перетворювачі мають спільний вхідний і вихідний дроселі $L1$, і $L2$ та навантаження; крім того, вони функціонують в режимі стабілізації струму, а не напруги. Недоліком розглянутого ЕПРА є необхідність у додатковому пристрої запалювання.

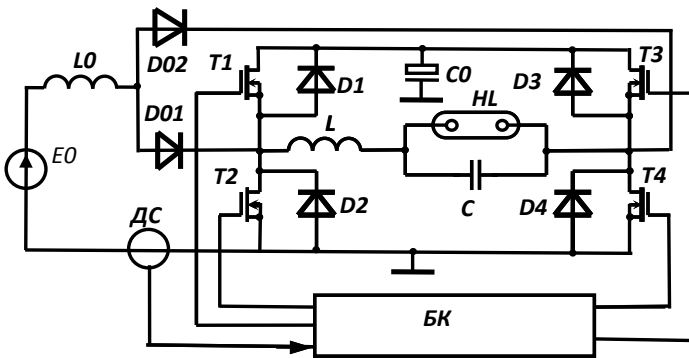


Рис.3. ЕПРА з резонансним запалюванням

чого замість топології мостового інвертора по чергово змінюють одна одну топології „додатного” знижувального перетворювача постійної напруги (Buck-перетворювач) та „від’ємного” Buck-перетворювача. Buck-перетворювачі працюють на ВЧ (близько 50 кГц). Функцію ККП виконують дроселі $L0$, транзистор $T2$ ($T4$), діоди $D01$ ($D02$) та $D1$ ($D3$), а роль накопичувача – конденсатор $C0$. Функцію стабілізації

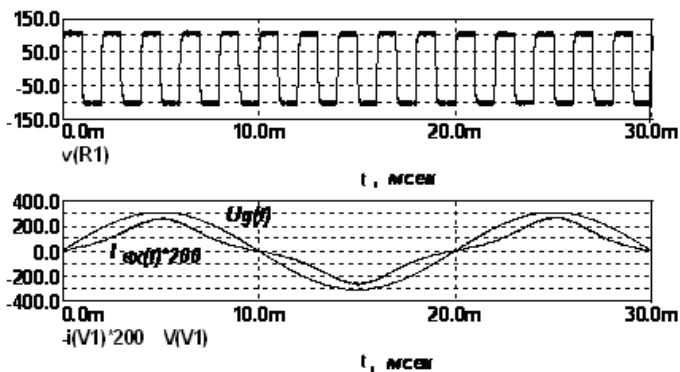


Рис. 4. Результати моделювання ЕПРА

струму, споживаний ЕПРА від мережі, за формою близький до синусоїдної напруги мережі (нижній графік). В спектрі струму мережі присутні третя гармоніка, яка складає біля 25% від основної, та п'ята гармоніка – біля 4%. Це задовільняє вимоги стандарту МЕК 1000-3-2. Коефіцієнт потужності ЕПРА дорівнює 0.97.

Таким чином, пропонувані ЕПРА є ефективними щодо усунення АР в РЛВТ та забезпечення високої якості споживання електроенергії, а також ресурсоекономними.

Для його усунення пропонується підхід, який полягає у реконфігурації топології ЕПРА у залежності від режиму роботи (рис.3). В такому ЕПРА в режимах запалювання і розгорання має місце структура традиційного LC резонансного мостового інвертора. В робочому режимі для формування НЧ прямокутних імпульсів струму керування змінює порядок комутації транзисторів, в результаті

система стабілізації, реалізована за замкненою структурою (ДС – давач струму). Роботою ЕПРА керує блок БК на базі мікроконтролера. Виконано аналіз схеми ЕПРА та її моделювання. Результати моделювання ЕПРА з еквівалентом РЛВТ SON-T 150W засвідчують, що на лампі діє близька до прямокутної НЧ напруга з частотою 500Гц (верхній графік рис.4). Тому ВЧ пульсації потужності лампи не перевищують порогу АР.

УДК 628.9

Леонід Назаренко, професорХарківський національний університет міського господарства імені
О.М. Бекетова, Україна**ЩОДО ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТРИКАХ СВІТЛА ТА
ОСВІТЛЕНOSTI**

Обговорюється змінна $V(\lambda)$ на більш широку функцію світлової ефективності і прийняття ряду функцій ефективності для використання в практиці освітлювання.

Ключові слова: спектральна функція світлової ефективності, світло, освітлення, мезопічна фотометрія.

Leonid Nazarenko, professor

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

ABOUT PROPOSED METRICS OF LIGHT AND LIGHTING

It's discussed replacing $V(\lambda)$ with a broader luminous efficiency function for use in lighting practice.

Key words: spectral function of light efficiency, light, lighting, mesopic photometry.

Since 1924 year and until recently the photopic luminous efficiency function, $V(\lambda)$, has been spectral weighting function for quantifying light or, more formally, for quantifying luminous intensity, in candelas, does not, however, accurately represent what it was intended to do in 1924, namely to characterize the "human eye's visual sensitivity" to electromagnetic radiation. Based upon a subsequent, large body of neuro science research, we now know that $V(\lambda)$ only approximates the spectral sensitivity of just two of the five photoreceptor types in the retina and, thus, does not fully characterize the spectral range at human visual (and non-visual) sensitivity to electromagnetic radiation. For this reason, a much broader universal luminous efficiency function $[U(x)]$ based upon the spectral sensitivity of all five photoreceptors in human retina is proposed to be used for the quantification of light.

To maximize the benefits provided by lighting, it necessary to tune the spectral irradiance distribution of the lighting system to the spectral sensitivity of the neural channel that provides desired benefit (sun brightness perception or off-axis hazard defection).

It's proposed benefit efficiency functions are based upon basic research into the physiological and behavioral responses of the human visual and non-visual systems to electromagnetic radiation incident on the retina.

УДК 621.328

В.Сорокін

член-кореспондент НАН України, професор

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАНУ, Україна

ВПРОВАДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ

Аналізується сучасний стан розвитку світлодіодної освітлювальної техніки в світі і в Україні. Наводиться орієнтовна потреба України в енергоефективних освітлювальних приладах. Надається перелік основних вимог до сучасних світлодіодних світильників для внутрішнього та зовнішнього освітлення, які обов'язково враховуються при проведенні модернізації освітлювальних систем. Розглядаються проблеми підвищення енергоефективності та якості світла та науково-технологічні шляхи вирішення цих проблем.

Демонструються перспективи подальшого розвитку енергоефективної освітлювальної техніки.

Ключові слова: світлодіод, освітлювальна система, індекс передачі кольору, світловіддіча

V. Sorokin

IMPLEMENTATION OF LED LIGHTING SYSTEMS

The present state of development of LED lighting equipment in the world and in Ukraine is analyzed. The indicative need of Ukraine in energy efficient lighting devices is given. A list of the main requirements for modern LED lighting systems for indoor and outdoor application which must be taken into account during the modernization of lighting systems is provided. The problems of increasing energy efficiency and quality of light and scientific and technological ways of solving these problems are considered. The prospects of further development of energy-efficient lighting equipment are demonstrated.

Key words: LED, Light System, CRI, efficacy

Сучасний стан розвитку твердотільних джерел світла дозволяє будувати енергоощадні освітлювальні системи з високою якістю світла. Якщо світловіддача світлодіодних освітлювальних систем сьогодні вже досягла значень 120-140 лм/Вт, то для підвищення якості світла необхідно забезпечувати якомога більший індекс кольоропередачі CRI. Ефективними шляхами підвищення CRI білих світлодіодів і, як слідство, світлодіодних джерел світла є використання спеціальних складних люмінофорів на основі органічних та неорганічних сполук, люмінофорів на основі квантових точок в напівпровідникових матеріалах, перовськітів, багатокристалічних COB-світлодіодних модулів на основі світловипромінюючих кристалів з різними

спектральними діапазонами випромінення і широкосмугових люмінофорів. Іншою важливою проблемою сучасних освітлювальних систем є ефективні системи відводу тепла від потужних світлодіодних модулів. Саме такі системи в основному забезпечують високих строк служби освітлювальної системи в цілому. Пошук нових методів відбору тепла, нових технічних рішень і матеріалів дозволяє реалізувати ефективні системи охолодження з використанням як пасивних радіаторів, так і Пельтьє-елементів та теплових труб різної конструкції. Впровадження ефективних освітлювальних систем у вуличне освітлення та об'єкти ЖКГ, бюджетної сфери, транспорту, промислової сфери потребує чіткого визначення вимог до параметрів і характеристик освітлювальних систем з урахуванням діючих стандартів, регламентів та державних будівельних норм. В першу чергу це стосується енергоефективності, фактору потужності, індексу кольоропередачі, пульсації світлового потоку, фотобіологічної безпечності, показника дискомфорту блискавості, ступенів захисту IP, наявності систем регулювання потужністю світлового потоку та ін. Саме ці параметри забезпечують перспективу впровадження сучасних світлодіодних освітлювальних систем. Що стосується подальшої перспективи, органічні світлодіодні світловипромінюючі структури (OLED) можуть бути реальним конкурентами світлодіодам через 10-15 років.

УДК 620.97; 621.5; 662.611

Валерій Федорейко¹, д. т. н., проф.; Роман Загородній¹, к. т. н., с. н. с.;
Іван Іскерський², к.т.н.

¹Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка,
Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Україна

ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІОТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ШЛЯХОМ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ

Анотація. Визначено шляхи зменшення шкідливих викидів у атмосферу при спалюванні біопалива у теплогенераторах. Наведено результати експериментальних досліджень.

Ключові слова: біотеплогенератор, допустимі викиди, суспендовані тверді частинки.

Valeriy Fedoreyko; Roman Zagorodniy; Ivan Iskerskyi

ENHANCEMENT OF ENVIRONMENTAL PARAMETERS OF BIOETHLENENERATOR BY ORGANIZATION OF ENERGY EFFICIENT MODES OF ITS WORK

Abstract. The ways of reducing harmful emissions to the atmosphere during combustion of biofuels in heat generators are determined. The results of experimental research are presented.

Keywords: bioteplogenerator, allowable emissions, suspended solid particles.

У системах диверсифікації джерел енергії важливе місце займає використання вихрових біотеплогенераторів, що працюють на агропромислових відходах (полова, тирса, лушпиння соняшника, тощо). Це дозволяє в 5 – 7 разів зменшити затрати на процес сушіння зернових на елеваторах, обігрів теплиць та приміщень на об'єктах господарювання.

Для ефективного горіння твердого палива необхідно забезпечити узгоджене керування окремими модулями електротехнологічного комплексу біотеплогенератора, зокрема вирішення задачі регулювання частотою обертання електроприводів вентилятора та шнека, що визначають об'єми дозування компонентів горіння. Тому, актуальним завданням є забезпечення енергоефективності теплогенератора шляхом визначення регульованих режимів дозування біопалива, на основі аналізу відсоткового складу кисню в димових газах.

Проведені дослідження показали, що на ефективність спалювання твердого палива біологічного походження впливає цілий ряд параметрів пов'язаних з його фізичними показниками та вологістними властивостями.

Основними причинами неповного згорання біопалива, і як наслідок – збільшення димових газів, є неповне окислення горючих елементів, що спричинено флуктуаційністю подачі в камеру згорання палива і повітря.

Тому покращення екологічних параметрів біотеплогенератора лежить в площині організації регульованої подачі палива і відповідного об'єму повітря на основі визначення аналізу відсоткового надлишку кисню у димових газах. Моніторинг зазначеного параметру здійснюється газоаналізатором, який визначає вміст шкідливих викидів у димових газах.

Виробничі дослідження теплогенератора безперервної дії потужністю 2 МВт в комплексі із зерносушаркою Sukup проводились на елеваторі при спалюванні різних видів біопалива і моніторились за допомогою газоаналізатора Sigma. Змінюючи шляхом регулювання подачі палива і повітря в камеру згорання за допомогою розробленого способу, отримані результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати замірів викидів у твердопаливному теплогенераторі

		Технологічний норматив допустимого викиду, мг / м ³				
		N ₂ O	SO ₂	NO ₂	CO	Технологічний норматив допустимого викиду суспендованих твердих частинок
Лушпиння соняшника	згідно нормативів [2]	300	250	300	2250	600
Деревні пілети	дані вимірів	15	56	95	950	238
Деревна тирса	дані вимірів	27	83	101	1100	375
Відходи елеватора	дані вимірів	46	99	137	1750	420

Фактологічні дослідження та обробка експериментальних даних дозволили значно зменшити шкідливі викиди в атмосферу і продемонструвало можливість повноцінно застосовувати розробку в системах диверсифікаційної генерації теплової енергії.

Отримані в ході досліджень показники на 30 % нижчі нормативних, що дає підстави для оптимізму при впровадженні наших напрацювань в реальне виробництво.

Висновки.

1. Доведено, що зміна основних параметрів продуктів горіння містить випадковий не детермінований характер.

2. Регулювання енергоефективного спалювання твердого біопалива забезпечує високий коефіцієнт корисної дії та зменшує шкідливі викиди з теплогенератора на 30 %.

УДК 621.321

Ярослав Філюк; Володимир Андрійчук, проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТИВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Зроблено аналіз споживання електроенергії системами зовнішнього освітлення в окремих регіонах України за 2016 рік. Проведено техніко-економічний розрахунок вартості автономної енергетичної системи.

Ключові слова: сонячна електростанція; сонячна батарея; акумуляторна батарея; зовнішнє освітлення.

Volodymyr Andriychuk; Yaroslav Filyuk

SYSTEM OF AUTONOMOUS POWER OF OUTDOOR LIGHTING OF POPULATION ITEMS IN THE TERRITORY OF UKRAINE

The analysis of electricity consumption by the systems of outdoor lighting in some regions of Ukraine for 2016 year. The technical and economic calculation of the cost of the autonomous power system have been carried out.

Keywords: solar power station; solar battery; battery; exterior lighting.

Однією з основних завдань і цілей в області збереження екосистеми у системах зовнішнього освітлення, а також підвищення енергетичної ефективності є часткове заміщення традиційних ресурсів на відновлювальні джерела енергії. Це дозволить знизити вартість затрат, а також підвищити стабільність їх роботи та комфорт мешканців населених пунктів, що є актуальним на даний час.

Для характеристики систем зовнішнього освітлення населених пунктів України використано дані з Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Загальна протяжність електромереж зовнішнього освітлення станом на 01.01.2017 року становила 98,8 тис. км. У 2016 році було спожито 517,2 млн. кВт·год електроенергії вартістю 533 млн. гривень. Середня вартість енергоспоживання однієї світлоточки - 255,2 грн. Загальна кількість світлоточок зовнішнього освітлення станом на 01.01.2017 - 2,09 млн. У сфері зовнішнього освітлення використовувалось 260,715 тис. ламп розжарювання, 415,32 тис. люмінесцентних ламп, 279,80 тис. ртутних, 833,97 тис. натрієвих, 46,894 тис. металогалогенних і 252,04 тис. світлодіодних джерел світла.

Для порівняльного аналізу було проведено техніко-економічний розрахунок двох типів сонячних енергоустановок автономного живлення зовнішнього освітлення м. Києва. Як альтернативне джерело енергії було

взято сонячні батареї типу KV 250M, номінальною потужністю 250 W і робочою поверхнею 1,6 м². Для накопичення електроенергії використано акумуляторні батареї типу LP48100ES та систему керування, до складу якої входить контролер заряду - розряду батарей і інвертор для перетворення постійної напруги в змінну 220 V з частотою 50 Hz. Перший тип забезпечує електроенергією зовнішнє освітлення м. Києва в осінньо-зимовий період. Надлишки електроенергії протягом весняно-літніх місяців будуть генеруватися в мережу. Другий тип забезпечує автономне живлення зовнішнього освітлення протягом весняно-літніх місяці, а при нестачі енергії в осінньо-зимовий період вона буде братися з мережі.

З проведених розрахунків було визначено, що для першого типу енергоустановок потрібно 947664 сонячних батарей, 19743 інверторів, 16735 акумуляторів і 7898 монтажних комплектуючих. Для її реалізації необхідно 11238,899 млн. грн.. Для другого типу необхідно 156144 сонячних батарей, 3253 інверторів, 16735 акумуляторів, 1302 монтажних комплектуючих і загальна вартість становить 1984,711 млн. грн.

Легко бачити, що сонячні енергетичні установки, розраховані на основі енергетичних потреб, як окремих областей, так і великих міст вимагають великих затрат і можуть бути впровадженні в далекому майбутньому. Тому було запропоновано систему автономного живлення окремої освітлювальної установки (ОУ). Блок-схема і зовнішній вигляд ОУ з автономним живленням приведена на рис.1-2.

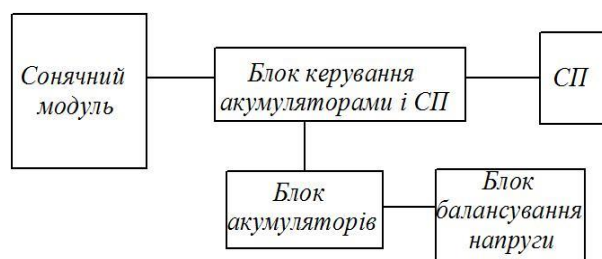


Рис.1. Блок-схема ОУ з автономним живленням



Рис.2. Зовнішній вигляд ОУ з автономним живленням

Вона складається з сонячного модуля ALM-100M, блоку керування акумуляторами і світловим приладом (СП), акумуляторного блоку, блоку балансування напруги на елементах акумуляторного блоку та світлодіодного СП. У зв'язку з тим, що ЕРС сонячної батареї може досягати 22 В, виникла необхідність додатково використати контролер PWM SDN-40W з широтно-імпульсною модуляцією.

СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

СЕКЦІЯ А – ДЖЕРЕЛА СВІТЛА. ОСВІТЛЮВАЛЬНІ ТА ОПРОМІНЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ. СВІТЛОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ. КОМП’ЮТЕРНІ МЕТОДИ У СВІТЛОТЕХНІЦІ

UDK 628.97

Simon .I. Malulu

Seaflower Group of Companies Ltd, Namibia

LED LIGHT SOURCES IN THE WORLD AND NAMIBIA

A review of lighting systems based on LED has been conducted. Perspectives of their use and possibilities of introduction are considered.

Keywords: LED light source, light systems Namibia

About 50% of the world population lives in cities and it is estimated that this number will continue to grow to reach 70% by 2050. Street lighting is a core piece of urban and rural infrastructure where lighting helps to create a safe environment for both pedestrians and drivers. Many streetlights around the world are now being updated to LED lighting, which uses less energy and is more reliable than traditional sodium lamps, significantly reducing the cost of keeping streets illuminated. It is now cost effective to add communications technology to streetlamps at the same time as LED upgrades take place. Mobile operators' Internet of Things (IoT) solutions can provide low cost, ubiquitous coverage across a city, and are designed specifically to connect city services and sensors, including streetlights. This connectivity enables the lights to be remotely monitored and controlled. Moreover, additional sensors can be added to the lighting infrastructure, offering a cost effective way of creating a citywide IoT sensor network and enabling the deployment of more smart services [1]. Namibia is one of the African country investing in crucial project for development by indenting to build its (capital city) Windhoek into a smart city with the use of LED lighting. Light Systems Namibia deploys it's standardised energy saving solutions as an alternative conventional. As a an Engineer in a marine and fishery company Light Emitting Diodes (LEDs) are the most widely used in my work premises and in all marine vessels because semiconductor diodes among all the different types of semiconductor diodes available today. Light emitting diodes emit either visible light or invisible infrared light when forward biased. The LEDs which emit invisible infrared light are used for remote controls.

Today, LED lighting technology has come of age and is able to deliver benefits to cities and citizens alike. It offers more controllable and higher quality light, enhanced visual performance and improves the ambience and safety of urban

environments. Moreover, LED lighting will make our cities ‘greener’ by saving up to 70% of lighting energy and reducing costs compared to existing lighting infrastructures. Procuring and deploying innovative lighting infrastructures at the municipal level also offers the potential to boost local innovation, growth and jobs.

The larger roll-out of intelligent LED lighting systems in cities will be part of the creation of sustainable smart cities: cities where lighting innovation is interlinked to other smart city networks (communications, renewable energy, building or traffic management systems). This is the ideal way to offer dynamically adaptable optimised lighting services to citizens and businesses.

LED based lighting systems have enabled radically new possibilities in the field of artificial lighting. This is due in part to the LED being digitally controllable which means this efficient light source can also be integrated with sensors and smart environments. This has opened up a new world of lighting and lighting interaction opportunities that has been applied in new concepts in many of the indoor lighting domains. The outdoor lighting domain however has focused mostly on the LED’s efficiency and low cost of ownership to save energy and money for local governments. The use of the LED as a potential means for providing interactive city lighting for social good or entertainment is as yet a fairly unexplored area. This is therefore the focus of this workshop to bring together a community of researchers, designers and technologists to explore the potential of interactive city lighting and how it could support or enhance the lives of those living in a city [2].

Literature

1. IERC – Internet of Things, “The Internet of Things 2012 – New Horizons,” 2012, /pdf/IERC Cluster Book 2012 WEB pdf.
http://www.photonics.org/download/PhotonicsStrategicResearchAgenda_aktualisierete_Neuaufilage.pdf

УДК 628.9.041.9

Володимир Андрійчук, проф.; Микола Липовецький; Ярослав Осадца
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ ЖИВЛЕННІ

Анотація. Представлена методика та опис установки для вимірювання енергоефективності напівпровідникових джерел світла при імпульсному живленні. Досліджено вплив параметрів джерел живлення з широтною модуляцією імпульсів на енергетичну ефективність світлодіодів.

Ключові слова: світлодіод, широтно-імпульсна модуляція, світлова віддача, коефіцієнт заповнення імпульсу, світловий потік.

Volodymyr Andriychuk; Mykola Lypovetskiy; Yaroslav Osadtsa

ENERGY EFFICIENCY OF SEMICONDUCTOR LIGHT SOURCES AT PULSE MODE

The methods and description of the device is presented for measuring the energy efficiency of semiconductor light sources at pulse mode. The influence of power sources parameters with pulse width modulation on the energy efficiency of LEDs is investigated.

Keywords: LED, pulse width modulation, luminous efficiency, filling factor, light flux.

Впровадження інтелектуальних світлотехнічних систем дозволяє створювати комфортні умови освітлення, забезпечуючи високий рівень енергоощадності, а також економію енергетичних та матеріальних ресурсів. Провідне місце в них відводиться напівпровідниковим джерелам світла. Їх нелінійні вольт-амперні характеристики вимагають керування за допомогою струмових сигналів, які можуть бути реалізовані в режимах як постійного, так і імпульсного живлення. Перевагами живлення за допомогою широтно-імпульсної модуляції є: керування яскравістю та колірністю свічення світлодіодів (СД), створення найбільш сприятливого температурного режиму, забезпечення необхідних умов захисту від критичних режимів і тим самим збільшення терміну експлуатації. Таким чином актуальним є вивчення умов живлення світлових приладів з напівпровідниковими джерелами світла та пошук найбільш ефективних режимів їх роботи.

В даній роботі проведено вимірювання енергетичного виходу СД з різним спектральним складом свічення та досліджено вплив параметрів імпульсних джерел живлення з широтною модуляцією імпульсів на енергетичну ефективність напівпровідникових джерел світла. Для досліджень було змонтовано установку, блок-схему якої приведено на рис. 1. Досліджуване джерело світла 2 та фотоприймач 3 поміщались в інтегральний фотометр 1 таким чином, що прямий світловий потік від джерела світла не попадав на фотоприймач. Електричний сигнал від фотоприймача передавався

на цифровий осцилограф 4. Режим роботи напівпровідникового джерела світла задавався блоком живлення 5. Керування роботою установки, обробкою та збереженням результатів вимірювань здійснювали за допомогою персонального комп'ютера 6. Блок живлення 5 складався із стабілізованого регульованого джерела постійної напруги SW3010D, генератора сигналів SDG 1050 і комутуючого пристрою. Це дозволяло здійснювати живлення джерела світла як постійним струмом, так і в імпульсному режимі на частоті 100 кГц з різним коефіцієнтом заповнення імпульсів. Контроль струму та напруги живлення, амплітуду й тривалість імпульсів здійснювали за допомогою цифрового осцилографа ISDS220B. В якості фотоприймача використовували фотоелектронний помножувач (ФЕП) ФЕУ-85, який володіє високою чутливістю у видимій області та оптимальним співвідношенням сигнал/шум.

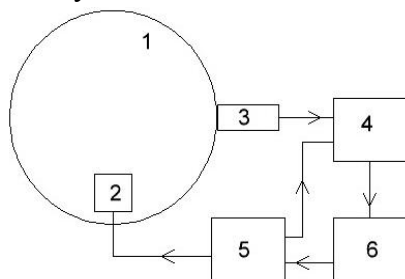


Рис. 3

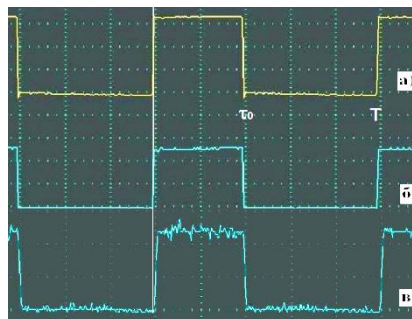


Рис. 2

В якості досліджуваних напівпровідникових джерел світла були вибрані СД білого, синього, червоного та зеленого кольорів свічення. На рис. 2 представлені осцилограми імпульсів напруги, струму та фотоструму білого СД. Амплітуда імпульсу напруги $U = 3,5$ В та коефіцієнт заповнення $D = 40$ %. Із даних осцилограм видно, що імпульси напруги (рис. 2а) й струму (рис. 2б) йдуть синхронно із досить крутими фронтами. Така ж синхронність спостерігається із імпульсами світлового потоку (рис. 2в). Час наростання і спадання імпульсів $\tau \leq 10^{-7}$ с. Також були проведені дослідження електричних властивостей СД. Виявлено, що величина струму СД не залежить від частоти та тривалості імпульсу, а величина амплітуди імпульсу фотоструму зростає як із ростом амплітуди, так і тривалості імпульсів струму, що протікають через СД.

Виходячи із отриманих осцилограм проведено розрахунок світлової віддачі $\eta_e(D)$ залежно від коефіцієнта заповнення імпульсу напруги для СД різних кольорів свічення. По результатах розрахунку встановлено, що починаючи із амплітуди імпульсу напруги, близької до номінальної і вище залежності $\eta_e(D)$ мають максимуми, які зі збільшенням напруги зсуваються в сторону менших значень D . Також були проведені дослідження умов живлення, при яких СД випромінює номінальний світловий потік $\Phi_{\text{ном}}$. Встановлено, що $\Phi_{\text{ном}}$, отриманий як в режимі постійного струму, так і при імпульсному живленні з різним значенням коефіцієнта заповнення можна отримати лише за умови, що амплітуда імпульсу напруги дорівнює або є більшою від номінальної напруги живлення СД.

УДК 628.94

Андрійчук В.А., д.т.н.; Поталіцин С.Ю., к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кумчик О.В.

ТОВ «ОСП Корпорація ВАТРА»

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ ПРОМИСЛОВИХ СВІТЛОДІОДНИХ СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ

У роботі проаналізовано особливості конструкції світлодіодних світильників для промислового освітлення та розглянуто способи забезпечення вибухозахисту світильників із світлодіодними джерелами світла для різних вибухонебезпечних зон.

Ключові слова: світловий прилад, світлодіоди, промислове освітлення, вибухозахист.

V. Andriychuk, S. Potalitsyn, O. Kumchyk

ANALYSIS OF CONSTRUCTION FEATURES OF MODERN INDUSTRIAL LED LIGHTING FIXTURES

In this work the peculiarities of the design of LED lighting fixtures for industrial lighting are analyzed and ways of ensuring explosion protection of fixtures with LED light sources for various explosive zones are considered.

Keywords: lighting fixtures, LED, industrial lighting, explosion protection.

В даний час світлові прилади із світлодіодами активно впроваджуються в промисловому освітленні, дозволяючи ефективно знижувати витрати на електроенергію, більш ефективно використовувати енергетичний ресурс підприємств і підвищувати за рахунок цього рентабельність виробництва, в тому числі і за рахунок збільшеного терміну служби світильників.

Використання пониженої напруги в ланцюгах живлення світлодіодних світильників дозволяє підвищити електро- та пожежобезпечність приміщень, що актуально для специфічних умов експлуатації в промисловості.

Метою роботи є аналіз особливостей будови промислових світлодіодних світлових приладів та забезпечення вибухозахисту світлодіодних світильників в різних вибухонебезпечних зонах.

Промислові світлодіодні світильники повинні розроблятися з урахуванням важких умов експлуатації в технічних приміщеннях і виробничих цехах. Всі промислові світильники повинні мати наступні властивості:

- висока світлова віддача (від 130 лм/Вт і більше);

- стабільна робота в нестандартних температурних умовах;
- ступінь захисту від зовнішніх факторів (пилу, вологи, випарів) IP65-IP67;
- знижена навантаження на електромережу підприємства (відсутність пускових струмів, високий коефіцієнт потужності);
- пристосованість для роботи в пожежонебезпечних зонах (П-I, П-II, П-ПА, П-ПБ, П-III);
- можливість підключення до автоматичних систем управління освітленням.

Залежно від необхідного рівня освітленості, обумовленого специфікою технологічного процесу виробництва, конструктивне виконання світлових приладів може бути різне. Найбільш поширеним промисловим світильником для загального освітлення приміщень є світильник підвісного типу. В загальному він складається із монтажного вузла, електроблоку та блоку джерел світла (рис. 1а).

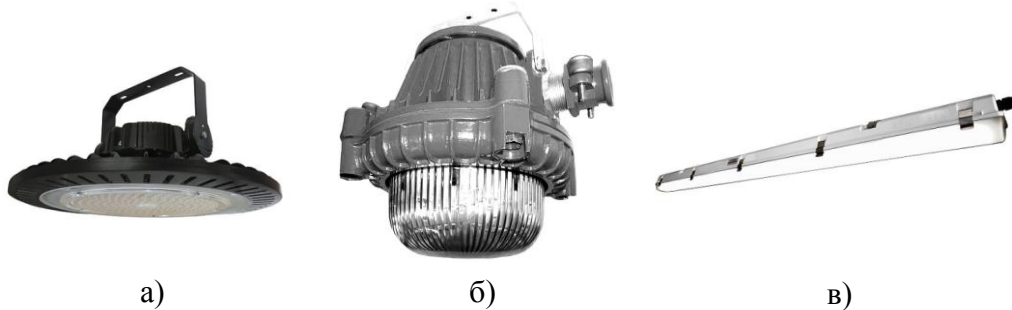


Рис. 1. Світлодіодні світильники виробництва ТОВ «ОСП Корпорація «ВАТРА»: а – ДСП37В (С); б – ДСП19УЕх з вибухозахистом типу «d»; в – ДСП59У2ЕХ з типом вибухозахисту «пА»

Така конструкція світильника дозволяє забезпечити високий рівень освітлення приміщень різної висоти за рахунок можливості вибору оптимального світлорозподілу при потужності 160 – 230 Вт та зниження теплонапруженості конструкції за рахунок ефективної системи охолодження. Сучасний дизайн дає можливість легко вписати світильник в будь-яку інфраструктуру.

Практично на усіх промислових підприємствах присутні вибухонебезпечні зони. Для їх освітлення необхідними є спеціальні вибухозахищені світильники. Залежно від необхідного рівня вибухозахисту, обумовленого вибухонебезпечною зоною, в якій передбачається експлуатувати світильник, їх конструкція може бути виконана з використанням різних видів вибухозахисту.

На практиці знайшли широке застосування світлодіодні світильники з типом вибухозахисту – вибухонепроникна оболонка «d» [1] (рис. 1б). Цей вибухозахист володіє важливими перевагами в порівнянні з іншими видами, в тому числі:

- а) дозволяє забезпечити більшу потужність світильника;

б) обмежена температура тільки зовнішньої поверхні, а не внутрішніх елементів;

в) не потрібно використання додаткового обладнання;

г) не потрібні додаткові експлуатаційні заходи (контроль рівня масла, передпускове продування і т.д.).

Як наслідок, такий тип вибухозахисту розширює зони застосування світлового приладу та дозволяє використовувати його для загального освітлення вибухонебезпечних зон класів 1, 2 і пожежонебезпечних зон класів П-I, П-II, а також допускається його застосування в зонах 21, 22.

Для вибухонебезпечної зони класу 2 найчастіше використовуються світильники із типом вибухозахисту «пА» («безіскрове електрообладнання»). Дані світильники сконструйовані таким чином, щоб мінімізувати ризик виникнення електричних дуг або іскор, здатних до займання в умовах нормального режиму роботи.

З вибухозахистом «пА» може бути сконструйовано вхідне відділення, але не відділення, в якому знаходяться світлодіоди, оскільки до «пА» пред'являються вимоги щодо обмеження внутрішньої температури, а температурний режим світлодіодів є нестабільний. Проте в сучасних світлових приладах використовуються світлодіоди з врахуванням спеціальних вимог до світлодіодного освітлювального обладнання, що застосовується в вибухонебезпечних зонах (рис. 1в).

В даному світильнику температура будь-яких його складових частин, які розташовані усередині оболонки, до яких може мати доступ вибухонебезпечна газова суміш, відповідає найвищому температурному класу Т6. Це дозволяє використовувати його в приміщеннях де присутні вибухонебезпечні суміші газів із температурою самозапалювання 80 °С.

Висновки:

1. Впровадження світлодіодних світильників у промисловість дозволяє знизити затрати електроенергії, підвищити кількісні та якісні показники освітлювальної установки. Широка зона застосування світлодіодних світлових приладів дає можливість підвищити уніфікацію освітлювальної установки та дає ряд техніко-економічних вигод.

2. Потужні світильники для зони 1, дозволяють досягти необхідної освітленості при виконанні їх конструкції з вибухозахистом «вибухонепроникна оболонка».

4. Для зони 2 запропоновано світильники з вибухозахистом «пА», оскільки дотримання вимог до таких світильників можна забезпечити лише незначно, допрацювавши конструкцію виробів загального призначення.

Література

1. Вибухонебезпечні середовища. Частина 1. Вибухонепроникна оболонка «d»: ДСТУ 7114:2009. – [Підписано до друку 20-09-2012]. – К.: Держспоживстандарт України, 2012. – 60 с.

УДК 661.143

Вадим Бахметьев¹; Виталий Малыгин¹; Мария Кескинова¹; Андрей Долгин¹; Константин Огурцов¹; Наталия Подсыпанина¹; Лев Лебедев¹; Игорь Туркин, доцент¹; Максим Сычев, профессор¹; Елена Зеленина²; Евгений Шешин, профессор³

¹Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Российская Федерация

²АО «Радиовый институт им. В.Г. Хлопина», Российская Федерация

³Московский физико-технический институт (государственный университет), Российская Федерация

ЛЮМИНОФОРЫ ДЛЯ КАТОДО- И РАДИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

Синтезированы катодолуминофоры: «красный» $\text{ZrO}_2\text{:Eu,Ti}$, и «ультрафиолетовые» $\text{LaPO}_4\text{:Pr}^{3+}$ и ZnAl_2O_4 . Исследовано влияние плазмохимической обработки на люминесценцию ZnS:Cd , ZnS:Cd,Al и $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$, и изготовлены радиолуминесцентные источники света с ними.

Ключевые слова: люминофоры, катодолуминесцентные и радиолуминесцентные источники излучения.

Vadim Bakhmetyev; Vitalii Malygin; Mariia Keskinova; Andrey Dolgin; Konstantin Ogurtsov; Nataliya Podsypanina; Lev Lebedev; Igor Turkin; Maxim Sychov; Elena Zelenina; Evgenij Sheshin

PHOSPHORS FOR CATHODOLUMINESCENT AND RADIOLUMINESCENT EMITTERS

Have been synthesized «red» $\text{ZrO}_2\text{:Eu,Ti}$, and UV $\text{LaPO}_4\text{:Pr}^{3+}$ and ZnAl_2O_4 cathodoluminescent phosphors. The effect of plasmachemical treatment on ZnS:Cd , ZnS:Cd,Al и $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ luminescence have been studied with manufacturing the solid-state radioluminescent light sources.

Keywords: phosphors, cathodoluminescent and radioluminescent emitters.

В настоящее время актуальной задачей является создание новых источников излучения, отличающихся повышенной экономичностью и более низкой стоимостью по сравнению с традиционными источниками.

Один из современных типов источников видимого и ультрафиолетового излучения – катодолуминесцентный источник, представляющий собой вакуумную лампу с электронной пушкой и люминесцентным экраном. Другим современным типом источника излучения является твердотельный радиолуминесцентный источник света, основные элементы конструкции которого – твердотельная матрица-носитель,

содержащая радиоизотоп трития в связанной форме и слой люминофора, свечение которого возбуждается β -излучением трития.

Важнейшим компонентом как катодо- так и радиолюминесцентных источников излучения, является катодолуминофор – вещество, преобразующее энергию ускоренных электронов в видимое или ультрафиолетовое излучение. Поэтому актуальными задачами являются как разработка новых катодолуминофоров, так и улучшение характеристик существующих. В данной работе нами были синтезированы катодолуминофоры состава $\text{ZrO}_2\text{:Eu,Ti}$, излучающий в красной области, $\text{LaPO}_4\text{:Pr}^{3+}$ и ZnAl_2O_4 , излучающие в ультрафиолетовой области.

Катодолуминофор $\text{ZrO}_2\text{:Eu,Ti}$ был синтезирован путем соосаждения гидроксидов из смеси нитратов и хлоридов. После отделения от раствора полученный гель высушивался в замороженном виде, а затем прокаливался при 600 °С. Полученный таким способом люминофор подвергался обработке в СВЧ-поле в течение 10 минут. Температура при СВЧ-обработке достигала 1100 °С. Было установлено, что СВЧ-обработка позволяет в несколько раз повысить интенсивность люминесценции.

Синтез катодолуминофоров $\text{LaPO}_4\text{:Pr}^{3+}$ осуществлялся золь-гель методом с последующим отжигом полученного осадка при температуре 1250 °С. Установлено, что увеличение длительности отжига с 2 до 6 часов приводит к повышению интенсивности катодолуминесценции в ультрафиолетовой области, вероятно, за счет перехода от аморфной структуры основы люминофора к кристаллической.

Катодолуминофоры ZnAl_2O_4 получали методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, который заключался в термическом иницировании реакции в смеси нитратов исходных веществ (окислитель) с топливом (глицин или мочевины), в результате чего она воспламенялась, образуя твердую пену, состоящую из мелкодисперсных частиц. Полученную пену отжигали при температуре 800 °С. Показано, что добавление в данный люминофор Li_2CO_3 в количестве 5...10 мольных % позволяет в 25 раз повысить интенсивность катодолуминесценции, предположительно, за счет компенсации заряда дефектов кристаллической решетки люминофора.

Нами также было исследовано влияние модифицирования путем обработки в азотной плазме на интенсивность радиолюминесценции люминофоров ZnS:Cu , ZnS:Cu,Al и $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$. Было установлено, что плазмохимическое модифицирование позволяет повысить интенсивность люминесценции перечисленных люминофоров при возбуждении β -излучением источника активностью 1 Ки. С использованием данных люминофоров были изготовлены радиолюминесцентные источники света на основе трития, связанного с титаном. Наибольшую яркость показал источник на основе модифицированного катодолуминофора $\text{Gd}_2\text{O}_3\text{:Tb}$.

УДК 623.407

Ірина Белякова, к.т.н.; Володимир Медвідь, к.т.н., доц.; Вадим Пісьціо, Олег Шкодзінський, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП У ДЕКОРАТИВНОМУ ОСВІТЛЕННІ ПРИМІЩЕНЬ

У статті розглянуто способи та засоби регулювання освітлення за допомогою поширених світлодіодних ламп, котрі не мають вбудованого контролера яскравості.

Ключові слова: світлодіодна лампа, регулювання світлового потоку, схеми вмикання

I.Belyakova; V.Medvid; V.Piscio; O.Shkodzynsky

USING OF THE LED LAMPS IN DECORATIVE LIGHTING

In the article the regulation of brightness of illumination by lamps with the help of common LED lamps, which do not have built-in brightness controller is considered.

Keywords: regulation of luminous flux, switching circuits, LED lamp.

Для декоративного освітлення приміщень, залів в останні роки широко використовується світлодіодні джерела світла. Широко розповсюджені світлодіодні лампи не мають можливості регулювання яскравості за спеціалізованими чи стандартними інтерфейсами. Крім того лампи такого типу мають порівняно велику вартість. Тому виникає задача запропонувати такі схеми включення типових світлодіодних ламп, що дозволять регулювати їх яскравість.

Схема типової світлодіодної лампи зображена на рис 1. Лампа моделювалась у середовищі MicroCap.

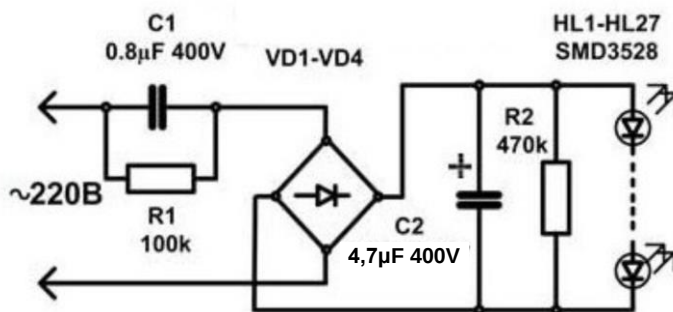


Рис.1. Схема живлення типової світлодіодної лампи

Ємність конденсатора C2 значно більша, ніж ємність C1, а напруга на C2 стала. Струм через резистори R1, R2 та середній струм через світлодіоди

може бути визначений за формулою:

$$I = 4(\sqrt{2}U_n - U_s)C_1 f$$

де U_n - діюче значення напруги живлення, U_s - напруга на світлодіодах, f - частота мережі.

Світловий потік світлодіодної лампи, у досить широкому діапазоні, розраховуємо за формулою:

$$\Phi = K(\sqrt{2}U_n - U_s)C_1 f$$

Як показує математичне моделювання, використання із такими лампами звичайних напівпровідникових регуляторів напруги, зміна напруги у яких відбувається за рахунок зміни кута відкривання симисторів, є неможливим. Це пов'язано із тим, що фактично навантаженням таких регуляторів буде ємність конденсаторів (0,1...1,0 мкФ) світлодіодних ламп. При їх значній кількості (декілька сотень і більше), сумарна ємність складає сотні мкФ (рис. 2).

Для регулювання світлового потоку ламп використано автотрансформатор, що має три-чотири вихідні обмотки, до яких через перемикач під'єднуються світлодіодні лампи, увімкнені паралельно (рис. 2). При цьому регулювання здійснюється ступінчато.

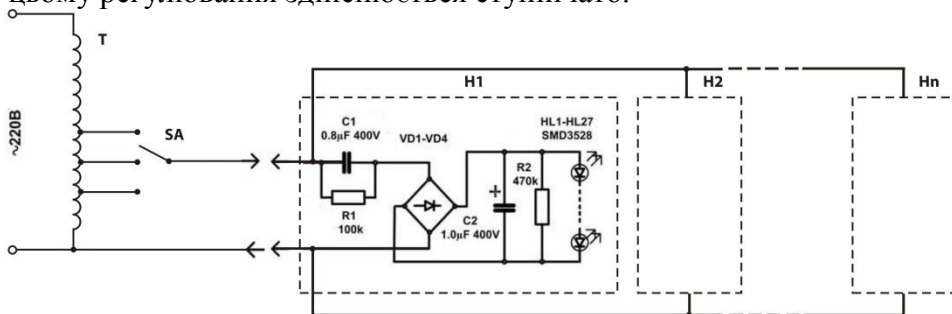


Рис. 2 Схема увімкнення світлодіодних ламп

Як встановлено практикою, паралельне вмикання великої кількості світлодіодних ламп призводить до нестабільності їх горіння при невеликих напругах на лампах, що візуально спостерігається як поперемінне мигання із частотою у одиниці Гц. Для запобігання такого ефекту при живленні від нестабілізованої мережі бажано увімкнути паралельно світлодіодним лампам декілька ламп розжарювання сумарною потужністю 40...60 Вт. Це дає можливість стабілізувати яскравість ламп. На думку авторів, це пов'язано із стабілізацією процесів заряду-розряду конденсаторів (на схемах C1) світлодіодних ламп в процесі їх роботи.

Таким чином, способом регулювання світлового потоку світлодіодних ламп, живлення яких виконано за простою мостовою діодною схемою, є зміна величини напруги на лампі в межах, що не спричиняє погасання світлодіодів, за допомогою, наприклад використання автотрансформатора.

УДК 628.98:628.981

Билык Е.В.; Назаренко Л.А., д.т.н., профессорХарьковский национальный университет городского хозяйства
им. А.Н. Бекетова, Украина**КОЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА LMS**

Аннотация. Представлены функции сложения цветов (ФСЦ) колориметрической системы LMS, а также их преобразование в общепринятую систему XYZ.

Ключевые слова: колориметрическая система LMS, координаты цветности, функции сложения цветов, диаграмма цветности.

O.Bilyk; L.Nazarenko**COLORIMETRIC SYSTEM LMS**

Abstract. The color matching functions (CMF) of the LMS colorimetric system are presented, as well as their transformation into the generally accepted XYZ system.

Key words: colorimetric system LMS, chromaticity coordinates, color matching functions, chromaticity diagram.

Новый подход в колориметрии основан непосредственно на физиологической реакции колбочек, а не на психофизических измерениях. Система LMS – цветовое пространство, представляющее собой отклики трёх типов колбочек. В зависимости от спектральной чувствительности существуют L – длинноволновые (long wavelength), M – средневолновые (middle wavelength) и S – коротковолновые (short wavelength) чувствительности колбочек.

«Cone-fundamental» или базовые чувствительности колбочек учитывают оптические свойства всей зрительной системы. Они зависят от оптической плотности хрусталика, оптической плотности макулярного пигмента и оптической плотности фотопигмента, а также от угла поля зрения и возраста наблюдателя.

Значения спектральных тристимулов на основе чувствительностей колбочек показывают некоторую разницу со стандартным колориметрическим наблюдателем CIE 1964 и заметными отличиями от стандартного колориметрического наблюдателя CIE 1931.

Преобразование базовых чувствительностей колбочек в функции сложения цвета (ФСЦ) важно для колориметрических измерений, для того, чтобы избежать переоснащения средств измерительной техники и модифицирования программного обеспечения, построенных для стандартных колориметрических наблюдателей МКО 1931 или МКО 1964.

Для того, чтобы система LMS имела практическое применение и соответствовала существующим наработкам в области колориметрии, МКО было предложено линейное преобразование этой системы в систему XYZ. Координаты цвета, получены на основе чувствительности колбочек, представлены уравнениями:

$$X_F = k_F \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{x}_F(\lambda) d\lambda \quad Y_F = k_F \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{y}_F(\lambda) d\lambda \quad Z_F = k_F \int_{\lambda} \varphi_{\lambda}(\lambda) \bar{z}_F(\lambda) d\lambda$$

где

$$\begin{aligned} \bar{x}_F(\lambda) &= \alpha_{11} \bar{l}(\lambda) + \alpha_{12} \bar{m}(\lambda) + \alpha_{13} \bar{s}(\lambda) \\ \bar{y}_F(\lambda) &= \alpha_{21} \bar{l}(\lambda) + \alpha_{22} \bar{m}(\lambda) + \alpha_{23} \bar{s}(\lambda) \\ \bar{z}_F(\lambda) &= \alpha_{31} \bar{l}(\lambda) + \alpha_{32} \bar{m}(\lambda) + \alpha_{33} \bar{s}(\lambda) \end{aligned}$$

Диаграмма цветности x_F, y_F позволяет избежать видимых цветовых различий излучения. На рисунке 1 представлены диаграммы цветности МКО 1931 и МКО 2015, на основе чувствительностей колбочек.

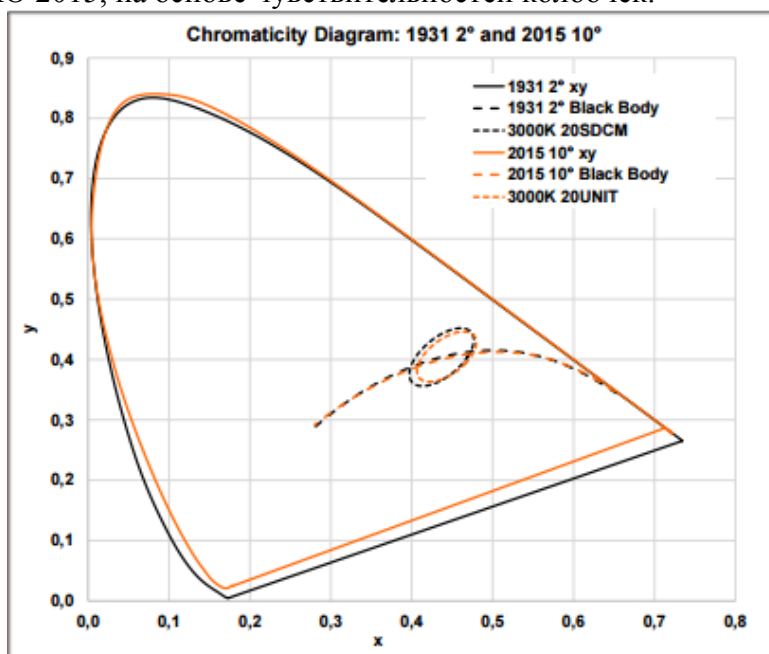


Рис. 1 – Диаграммы цветности МКО 1931 и МКО 2015

В конечном итоге ожидается, что связь между колориметрией и физиологией на основе чувствительности колбочек и зрительной системы в целом улучшит понимание цвета, а также будут представлены решения для улучшения измерений цвета (цветовых характеристик) светодиодных источников.

УДК 656.71.057(045)

Квач Ю.М., к.т.н., доцент

Національний авіаційний університет, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІЗУАЛЬНОГО ПОШУКУ НЕ ТОЧКОВИХ СТАТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB

Представлення інтерфейсу MATLAB щодо визначення ймовірності спостереження не точкових (подовжених) статичних об'єктів в залежності від прозорості атмосфери для зручного використання інструментарію в роботі по визначенню візуального пошуку подовжених статичних об'єктів на аеродромах цивільної авіації виходячи з порогового значення контрасту, що прийнято нормативними документами ICAO

Ключові слова: не точкові об'єкти, візуальний пошук, ймовірність спостереження

Yu. Kvach

SIMULATION THE EFFICIENCY OF VISUAL SEARCH OF NOT-POINT STATIC OBJECTS IN MATHLAB

Representation of the MATLAB interface to determine the probability of observation of non-point (elongated) static objects, depending on the transparency of the atmosphere for convenient use of the instrumentation in the work to determine the visual search for elongated static objects at civil aviation aerodromes based on the threshold contrast value adopted by the ICAO regulatory documents

Key words: not a point object, visual search, probability probability

Визначення ефективності візуального пошуку подовжених статичних об'єктів в складних метеоумовах під час заходу на посадку має велике значення. Ймовірність знаходження подовженого статичного об'єкту впливає на формування візуальної картини, яку можна визначити за допомогою моделювання в середовищі MatLab.

В сьогоднішні більше уваги приділяється оцінці ефективності візуального пошуку з використанням засобів моделювання зі зменшенням натурного експерименту. Для скорочення фінансових затрат пропонується використовувати моделювання під час оцінювання візуальної картини, що створюється статичними не точковими об'єктами на аеродромах цивільної авіації.

Для забезпечення безпеки посадки і зльоту повітряного корабля пілота необхідно визначити положення у просторі по відношенню до ЗПС (злітно-посадкової смуги). За звичай безпека польотів досягається візуальним спостереженням ЗПС та підходів до неї та характеризується терміном «видимість» (видимість в атмосфері). Видимість об'єктів залежить від багатьох факторів, основним з яких є контраст між об'єктом та оточуючим його фоном, послаблення світла атмосферою і кутовим розміром об'єкту. Чим більше контраст об'єкту фоном, тим видніше об'єкт на цьому фоні.

Вважають, що зорова система надає людині до 90% усієї інформації, що сприймається. Отримання інформації про навколишній світ за допомогою зору завжди можна розглядати як послідовне або одночасне розв'язання задач. Задачі можуть бути пов'язані з пошуком і знаходженням об'єкту. За певних умов око не може розлічити об'єкт. В такому випадку говорять, що об'єкт перебуває нижче порога зорового сприйняття, ймовірність спостереження дорівнює нулю. При інших умовах око миттєво, досить чітко розпізнає об'єкт – у цьому разі ймовірність спостереження становить 100%. Зрозуміло, що існує область, за якою можна говорити про той чи той ступінь ймовірності правильного рішення зорової задачі.

Тобто, розв'язок зорової задачі візуального пошуку можливо у випадках, коли умови видимості перевищують порогові значення контрасту на зіниці ока спостерігача, в нашому випадку пілота повітряного судну.

В залежності від умов спостереження значення порогового контрасту змінюється від 2 до 8 %. В фізіологічній оптиці прийнято, що об'єкт видно в день, якщо значення порогового контрасту дорівнює 2%, в нормативних документах ІКАО (Міжнародна організація цивільної авіації) значення порогового контрасту прийнято 5%.

Вважається, що на етапі візуального пілотування, для впевненого зорового контакту пілота з візуальною картиною, статичні подовжні об'єкти повинні створювати у площині зіниці ока освітленість не нижчу за порогову. Відстань до об'єктів на початку візуального пілотування залежить від багатьох чинників, але кількість цих значень зводиться до чотирьох у залежності від категорії аеродрому. Вплив факторів прозорості атмосфери враховується значенням питомого коефіцієнта пропускання, що змінюється в межах від 0,9 до 10^{-50} .

Отримана інформація за допомогою зору можна розглядати як розгляд ряду задач пошуку і знаходження об'єкту, розпізнання об'єкту за рядом ознак (формі, кольору, наявності деталей і т.п.), тобто зорових задач.

З використанням інтерфейсу MATLAB створено інструментарій для визначення ефективного пошуку подовжених статичних об'єктів на ЗПС в залежності від прозорості атмосфери (рис.1) з виведенням графічного зображення залежностей кожного окремо:

- імовірність спостереження від метеорологічних умов;
- оцінку контрастності;
- кутовий розмір статичного не точкового об'єкту при спостереженні з різних відстань;
- дальність видимості аеродромного вогню від метеорологічних умов.

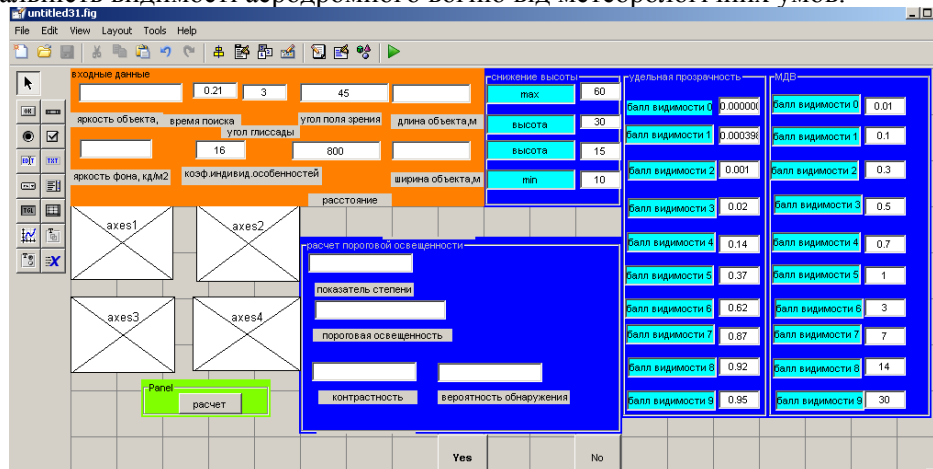


Рис.1 Графічний інтерфейс середовища MATLAB для ефективного візуального пошуку не точкових статичних об'єктів та надання оцінки видимості елемента на ЗПС

Висновок.

Використання створеного інструмента в середовищі MatLab для візуального пошуку не точкових об'єктів на ЗПС з врахуванням метеорологічної дальності видимості, що скоротить час на визначення придатності елементів на поверхні ЗПС в залежності від умов спостереження, одночасно отримується можливість провести оцінку видимості не точкового об'єкту, а також визначити ймовірність спостереження подовженого статичного об'єкту, що допоможе обґрунтувати їх використання на злітно-посадкових смугах аеродромів цивільної авіації.

УДК 628.97

Вадим Коваль, доц.

Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя, Україна

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ДИНАМІЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ДОВГИХ КОРИДОРІВ

Розроблено освітлювальну установку коридору кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту ТНТУ ім. І.Пулюя на основі світлодіодних джерел світла та датчиків руху. Проведено випробування впродовж двох років.

Ключові слова: світлодіодне джерело світла, динамічне освітлення, датчик руху.

Vadim Koval

ENERGY EFFICIENT DYNAMIC LIGHTING OF LONG-TERM CORRIDORS

The lighting installation of the energy saving and energy management department corridor is based on LED light sources and motion sensors. A test has been conducted for two years.

Keywords: LED light source, dynamic lighting, motion sensors.

Як відомо, значна кількість електроенергії у цивільних спорудах витрачається на освітлення. Саме тому одним із першочергових енергозберігаючих заходів кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту стала модернізація системи освітлення. Об'єктом модернізації обрано освітлювальну установку коридору, яка працює весь світлий робочий день, тому що природного освітлення тут немає.

При проведенні енергетичного аудиту освітлювальної установки виявлено, що при питомій встановленій потужності освітлення $5,8 \text{ Вт/м}^2$ (допустиме від 4 до 6 Вт/м^2) рівень освітленості змінювався вздовж усього коридору у межах від 10 до 45 Лк, при мінімальній нормі 50 Лк. Максимум освітленості спостерігався під світильниками, а мінімум між ними (рис. 1, а), що створювало дискомфорт не лише при ознайомленні з інформаційними стендами але і просто при перебуванні у коридорі. Враження від неякісного освітлення підсилювалось низькою стелею висотою лише 2,3 м.

В силу перелічених результатів аудиту було прийнято рішення виконати освітлення коридору на основі світильників із світлодіодної стрічки із нижчою ніж у світлодіодних ламп засліплюючою дією, так як світлові прилади можуть знаходитися на відстані навіть 0,6 м до спостерігача. У зв'язку із низькою стелею у коридорі (2,3 м) та небезпекою ураження струмом при порушенні правил техніки безпеки, живлення освітлювальної установки виконано постійним струмом напругою 12 В, що також дозволяє, при потребі, заживити її від сонячних батарей.

Сама освітлювальна установка складається із 12 світних ліній довжиною по 2 м, рівномірно розподілених вздовж коридору довжиною 30 м (рис. 1, б). Керування вмиканням та вимиканням світильників здійснюється силовими реле у відповідності з сигналом від давачів присутності людей. Останні якраз і забезпечують основну енергоефективність даного проекту. Для технічного обліку спожитої освітлювальною установкою електроенергії у розподільчому щитку встановлено цифровий лічильник електроенергії із телеметричним виходом.



а)



б)

Рис. 1. Зовнішній вигляд коридору кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту до (а) та після (б) модернізації

Освітлювальна установка пройшла тестування впродовж двох років. За цей час вдалося зекономити 57 % електроенергії, які могла би спожити штатна освітлювальна установка. При цьому, найбільша увага зверталася на точність визначення місця розташування людини та комфортність переміщення її вздовж коридору. Для цього встановилася необхідна та мінімальна кількість датчиків руху (присутності) та напрями їх дії.

Висновки: Спроековано та впроваджено освітлювальну установку із динамічним запалюванням світильників. Перевагами даної установки є:

а) менше споживання електроенергії за рахунок використання світлодіодних джерел світла, тижневого реле часу для відключення установки у неробочі дні й години та динамічного відключення частини непотрібного освітлення;

б) комфортне тепле світло, яке плавно вмикається, рівномірно розподілене уздовж усього коридору, яке практично не створює тіней;

в) можливість подальшої модернізації шляхом під'єднання в якості джерела живлення сонячних батарей по спрощеній схемі, так як світильники живляться постійною напругою 12 В.

УДК 621.321

Григорій Кожушко¹, д.т.н., професор; Юлія Басова¹, к.т.н, доцент; Людмила Губа¹, к.т.н, доцент; Світлана Кислиця², к.т.н., доцент

¹ВНЗ Укоопспілки Полтавський університет економіки і торгівлі», Україна

²Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка, Україна

ЩОДО СПОЖИВЧИХ ПЕРЕВАГ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Наведені результати порівняльних досліджень параметрів КЛЛ та СВД-ламп, показані споживчі переваги СВД-ламп та обґрунтовується доцільність поступового обмеження використання КЛЛ для побутового освітлення.

Світлодіодна лампа, компактна люмінесцентна лампа, кольоропередача, енергоефективність, безпечність.

Kozhushko Grigory; Basova Yuliya; Guba Ludmila; Kislica Svetlana

ABOUT CONSUMER ADVANTAGES OF LED LAMPS FOR DOMESTIC APPOINTMENT

The results of comparative studies of parameters of CFL and LED lamps are presented. Consumer preferences of LED lamps are shown. The feasibility of a gradual restriction of the use of CFL for household lighting is substantiated.

LED lamp, compact fluorescent lamp, color rendering, energy efficiency, energy efficiency, safety.

Сьогодні СВД-ламп широко використовуються у всіх сферах внутрішнього освітлення. Завдяки більш високій світловій віддачі та строку служби вони поступово витісняють розрядні лампи, в тому числі компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ), які 15–20 років тому вважали найбільш перспективними для заміни ламп розжарювання (ЛР) в житловому секторі.

Важливими перевагами СВД-ламп в порівнянні з КЛЛ для житлового освітлення, крім світлової віддачі та строку служби, є відсутність в них небезпечних речовин (КЛЛ вміщують 3-5 мг ртуті), а також більше функціональних можливостей (витримують велику кількість вмикань, є можливість використання низької напруги та регулювання світлових та колірних параметрів та ін.), вища стабільність світлових та колірних параметрів в процесі строку служби, миттєве запалювання та вихід на номінальний світловий режим, відсутність ультрафіолетового випромінювання та ін. На наш погляд, найбільш суттєвою перевагою СВД ламп перед КЛЛ є їх екологічність.

Впровадженням нової редакції Технічного регламенту обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні [1], який набув чинності 22.09.2017 року внесено суттєві зміни стосовно вимог до обмеження використання ртуті в розрядних лампах. Для України, де не вирішена проблема утилізації відходів ртутних ламп, це стане суттєвим кроком по запобіганню забруднення навколишнього середовища важкими металами, зокрема ртуттю.

З 01.01.2018 вимогами цього регламенту заборонено виробництво і реалізація на території України цілого ряду малоефективних розрядних ламп, які широко використовувались для освітлення житлових та громадських приміщень, медичних, навчальних складів та інших об'єктів. Практично для всіх типів розрядних ламп з 01.01.2018 року допустима кількість ртуті суттєво обмежена. Зокрема для двоцокольних лінійних люмінесцентних ламп з трисмуговими люмінофорами – не більше 3,5 мг на одну лампу (проти 5 мг, що дозволялось до 01.01.2018), у КЛЛ для

загального освітлення потужністю до 30Вт – не більше 3,5 мг, а з 01.07.2018 не більше 2,5 мг.

Мета роботи – порівняльні дослідження споживчих переваг СВД-ламп перед КЛЛ, оцінка відповідності ламп вимогам Технічних регламентів та обґрунтування доцільності поступового обмеження використання розрядних ламп, що містять ртуть в побутовому освітленні.

Досліджували світлові та колірні параметри комерційних зразків КЛЛ та СВД-ламп різних торговельних марок, відповідність їх задекларованим класам енергоефективності, зміну світлових та колірних параметрів в процесі строку служби, залежність світлових та колірних параметрів від напруги живлення, фотобіологічну безпечність, кількість запалювань до відмови ламп та інші функціональні параметри.

При дослідженнях використовувалися стандартні методи вимірювання світлових, колірних та електричних параметрів. Порівняльну оцінку ефективності ламп здійснювали за вартістю світлової енергії, яка генерується джерелом світла протягом усього строку служби. Класи енергоефективності визначали відповідно з [2], а фотобіологічну безпечність згідно з [3].

Отримані наступні результати:

1. Еквівалентні середні значення потужностей сучасних комерційних зразків КЛЛ та СВД ламп для прямої заміни ЛР становлять:

Тип лампи	Потужність, Вт				
ЛР	25	40	60	75	100
КЛЛ	5	9	13	18	23
СВД-лампи	3	5	8	11	15

2. Ціна світлової енергії, яка генерується СВД-лампами при сучасних цінах на лампи та тарифи на електроенергію майже в 9 разів нижча від ціни для ламп розжарювання і в 2 рази нижча від ціни для КЛЛ.

3. СВД лампи за енергоефективністю відносяться переважно до класу А+, а КЛЛ – до класів А та В. Для генерації однакових світлових потоків СВД лампи уже сьогодні споживають електроенергії на 25-35 % менше, ніж КЛЛ. Слід також зазначити, що світлова віддача КЛЛ уже практично досягла свого теоретичного максимуму, а світлова віддача СВД-ламп продовжує зростати. Очікується, що в найближчий час буде досягнуто рівня 110 лм/Вт для комерційних зразків, що буде відповідати найнижчому класу енергоефективності – А++.

4. За фотобіологічною безпечністю СВД-лампи побутового призначення не спрямованого світла (з з світлорозсіюючою колбою) відносяться до групи ГРО – повна відсутність ризику небезпеки «синього» світла. Їх максимальна яскравість не перевищує яскравості ЛР з світлорозсіюючими колбами – приблизно $2 \cdot 10^4$ кд/м². Поверхні лінійних люмінесцентних ламп Т5 (трубка-колба діаметром 16 мм) і КЛЛ без зовнішньої колби мають приблизно таку ж яскравість – $2 \cdot 10^4$ – $3 \cdot 10^4$ кд/м².

5. СВД-лампи не чутливі до кількості вмикань – вони їх витримують десятки і сотні тисяч без зменшення строку служби та світлової ефективності лампи. Строк служби КЛЛ суттєво залежить від кількості вмикань. Для 6 випробовуваних партій КЛЛ на ресурс середня кількість вмикань до відказу ламп складає від 6 до 16 тис., що орієнтовно відповідає середньому строку служби ламп (до виходу з ладу 50 % лампи) від 4 до 11 тис. год.

6. Стабільність світлових та колірних параметрів СВД-ламп в процесі строку служби суттєво перевищує цей параметр для КЛЛ. Коефіцієнти збереження світлового потоку після 6000 год для досліджених СВД-ламп були в межах 99-93 %, а відхилення координат колірності після 6000 год не перевищує 1 ступеня еліпса Мак-Адама відносно початкових значень. Коефіцієнти збереження світлового потоку для КЛЛ після 6000 год. були в межах 77,5-62 %, а зміна координат

колірності для окремих партій перевищує допуск 5-ти степеневого еліпса Мак-Адама.

7. Зміна світлових та колірних параметрів СВД-ламп в значно меншій мірі залежать від зміни напруги живлення ніж у КЛЛ. Так, в інтервалі від 160 до 240 В світловий потік по відношенню до номінальної напруги живлення ламп змінюється не більше як на 2-3 %, а світова віддача – на 4 %. Колірна температура змінилася всього на 10-15 К. Для КЛЛ при зміні напруги живлення в інтервалі 160-240 В світловий потік для різних конструкцій змінюється на 5-20 %, світова віддача на 15-30 %, колірна температура – на 50-500 К. Індекс кольоропередачі як для СВД-ламп, так і для КЛЛ змінюється не суттєво – на 2-3 одиниці.

8. Для СВД-ламп зі зміною одиничної потужності в межах 3-15 Вт світова віддача практично не змінюється. В КЛЛ малопотужні лампи мають суттєво меншу світову віддачу в порівнянні з лампами середньої потужності. Різниця в світловій віддачі, наприклад, для потужності 5 Вт і 23 Вт складає приблизно 40 %.

Впровадження нових технічних регламентів щодо вимог екодизайну, що розробляються на основі Регламенту Комісії (ЄС) №214/2009 від 18.03.2009 та №1194/2012 від 12.12.2012 [4, 5] суттєво підвищать вимоги до надійності, стабільності світлового потоку та колірності ламп в процесі строку служби, встановлять кількість циклів вмикання ламп, які вони повинні витримати під час експлуатації та початковий рівень відказів.

Цими технічними регламентами буде встановлено обов'язковими для виконання іще цілий ряд вимог до функціональних параметрів ламп, зокрема коефіцієнту потужності, загального індексу кольоропередачі, обмеження випромінювання в УФ області спектра, часу вмикання та виходу на номінальний режим.

За всіма цими параметрами СВД-лампи мають переваги перед КЛЛ, тому уже сьогодні є всі підстави директивним шляхом обмежити використовувати КЛЛ для побутового освітлення заборонивши Технічними регламентами виробництво та ввезення на територію України КЛЛ потужністю до 30 Вт.

В доповіді наведені і інші результати досліджень, зроблені висновки та пропозиції.

Література

1. Про затвердження Технічного регламенту обмеження використання деяких небезпечних речовин в електричному та електронному обладнанні: Постанова КМУ від 10.03.2017 № 139 // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. Нормативно- правова база України. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/139-2017-%D0%BF>. – Назва з екрана. – Дата звернення: 16.01.2018.

2. Про затвердження Технічного регламенту енергетичного маркування електричних ламп та світильників [Електронний ресурс] : Постанова КМУ від 27.05.2015 № 340 // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. Нормативно-правова база України. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/340-2015-%D0%BF>. – Назва з екрана. – Дата звернення: 16.01.2018.

3. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна : ДСТУ ІЕС 62471:2009 (ІЕС 62471:2006, ІДТ) . – [Чинний від 01-01-2016]. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2009. – 32 с. – (Національний стандарт України).

4. Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps [Electronic resource] : COMMISSION REGULATION (EC) No 244/2009 of 18 March 2009. – Available at: \www/URL: <http://gisee.ru/upload/244-2009.pdf> – 16.01.2018

5. Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for directional lamps, light emitting diode lamps and related equipment. COMMISSION REGULATION (EC) № 1194/2012 of 12 December 2012. – Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32012R1194>. – 16.01.2018.

UDC 628.9

Kateryna Kozak; Viktor Homyshyn

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

SMART STREET LIGHTING SYSTEM IN A MODERN CITY

Annotation. Street and public area lighting is a key service provided by local and municipal governments. Good smart street lighting at night in a modern city is essential for road safety, personal safety, and urban ambience, and it indirectly prevents crime and provides security of properties. Well-lit streets also boost economic opportunities by expanding the hours of commercial activity after dark.

Keywords: smart, street lighting, city lighting, energy saving.

УДК 628.9

Катерина Козак; Віктор Хомишин

СИСТЕМИ РОЗУМНОГО ВУЛИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ В СУЧАСНОМУ МІСТІ

Анотація. Освітлення вулиць та громадських приміщень є ключовим завданням місцевих і муніципальних органів влади. Розумне вуличне освітлення вночі в сучасному місті має важливе значення для безпеки дорожнього руху, особистої безпеки та міської атмосфери, а ще це запобігає злочинності та забезпечує безпеку приватної власності. Добре освітлені вулиці також покращують економічні можливості, збільшуючи години комерційної діяльності після темноти.

Ключові слова: розумне, вуличне освітлення, міське освітлення, енергозбереження.

About 50% of the world population lives in cities and it is estimated that this number will continue to grow to reach 70% by 2050 [1]. The resources demanded by citizens – energy, water, land, and so forth – will also grow at least linearly with the population size, however, it is difficult to see how the supply could follow the same growth curve. This fact imposes severe requirements to managing the basic resources efficiently and sustainably. New technologies have a tremendous potential to monitor and analyze resource-consuming processes and to bring added value to the services that a city provides. The infrastructure of the smart city – composed of millions of object instances and heterogeneous devices – must act as the pervasive technology which, managed appropriately, can increase the knowledge that citizens, public organizations, and businesses have of their environment and can help making smart decisions with the involvement of the community [2].

City lighting [3] has always been a major concern, a city represents 10% to 20% of the electricity use in most countries—sometimes more in developing

countries. One of the measures that are most favored by city councils involves the replacement of the emission devices with new ones based on LED technology. But even without investing into replacing less efficient devices, a significant amount of energy can be saved by a more intelligent control of the lighting system. This is a trend towards highly sustainable systems that are quickly gaining ground.

With the development of economy and urbanization, the smart street lighting system has become one of the crucial concerns of people. However, in street lighting system, the efficient management and energy-saving control of lighting system is very important. A well-designed, street lighting system should permit users to travel at night with good visibility, in safety and comfort, while reducing many malfunctions occurs during night and enhancing the appearance of the neighborhood. Conversely, poorly designed lighting systems can lead to poor visibility which may not be helpful for any pedestrian and who are passing by that street.

Quite often, street lighting is poorly designed and inadequately maintained (e.g., there are large numbers of burned-out lamps), and uses obsolete lighting technology, thus consuming large amounts of energy and financial resources [1].

Providing smart street and public lighting in a modern city is one of the most expensive responsibilities of a municipality and can account for up to 38% of energy consumption and greenhouse gas emissions in some cities. New energy-efficient technologies and design can cut street lighting costs dramatically (up to 60%) and reduce greenhouse gas emissions by the same amount. These savings can reduce the need for new generating plants and redeploy scarce capital to delivering energy access to populations in remote areas. The savings also allow municipalities to expand street lighting coverage to additional areas that include low-income and other underserved areas [4]

In addition to saving money, cities gain enhanced capabilities and functionalities. By using existing brackets and poles, cities and utility providers can cost-effectively add a wide variety of equipment and sensors, smart street lights can help monitor traffic flow, parking, pedestrian crossings, seismic activity, or atmospheric changes. They can be equipped with speakers to alert people to dangerous situations or conditions, or with cameras to help police solve crimes or to verify trash collection and other activities. With these capabilities, cities can improve operational efficiency, increase citizen satisfaction, and decrease costs.

Furthermore, smart street lights can also open new revenue opportunities, such as leasing poles for digital signs and other services. Smart street lights offer a wide range of capabilities that benefit cities, utility providers, and citizens. Understanding these benefits helps determine which solutions are best. But deciding what to implement can be difficult because of today's challenges: • *technology*: there are multiple applications and technology platforms from which to choose, and it can be difficult to discern which ones meet specific needs. There is also a lack of common standards across networks, and selecting one may have future implications that are presently unknown; • *security*: when adding cameras and other capabilities that transmit data, it is important to understand security and

privacy issues before implementation. There are many security, control, and management options available, but these, too, often use proprietary systems that could have future implications; • *ownership*: street lights are owned and maintained by different entities in different locations. There may be liability concerns around how street lights are modified, such as dimming and turning off, that have not been fully tested; • *cost*: street lighting is an expensive budget item, in many cases up to 40 percent of a city’s total energy cost. And these costs are increasing worldwide as cities expand in size and population. Converting from halogen to basic LED luminaires can instantly save up to 80 percent; • *regulations*: resource availability and climate concerns, such as carbon emissions, are leading to changes in government regulations that must be taken into consideration.

Converting to smart LED lights can save an additional 10 to 20 percent over and above the cost savings achieved with switching to LEDs because smart lights turn on and off more intelligently, adjusting brightness by taking ambient light into account. But there are many more benefits to switching to smart street lights.

Smart lighting is transforming the way cities and utility providers view street lights. Converting to smart street lights can save energy and cost over simple LEDs. With smart street lights, however, cities can realize significant benefits. They can increase citizen satisfaction because they improve safety and reduce congestion. They reduce energy costs by more efficiently managing electricity. And they increase revenue opportunities with capabilities such as digital signage and Wi-Fi hotspots. Cities and utility providers seeking immediate cost savings or revenue opportunities can now evaluate a wide array of options that address real needs, leading to enormous benefits now and in the future.

Literature

1. IERC—Internet of Things, “The Internet of Things 2012—New Horizons,” 2012, /pdf/IERC Cluster Book 2012 WEBpdf.
2. Soledad Escolar, Jesús Carretero, Maria-Cristina Marinescu, and Stefano Chessa / Estimating Energy Savings in Smart Street Lighting by Using an Adaptive Control System / Hindawi Publishing Corporation International Journal of Distributed Sensor Networks Volume 2014, Article ID 971587, 17 pages
3. Street Light Monitoring and Control System / Abdul Latif Saleem, Raja Sagar R, Sachin Datta N S, Sachin H S, 5 Usha M S / International Journal of Engineering and Techniques - Volume 1 Issue2, Mar – Apr 2015 / p 68-71
4. G. S. Dutt, “Illumination and sustainable development. Part I: technology and economics,” Energy for Sustainable Development, vol.1, no.1, pp.23–35,1994.

УДК 536.12

Анастасія Колесник; Дмитро Усиченко

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ СВІТИЛЬНИКА

Створено дослідний зразок світлодіодного світильника. Розглядається розподіл температурних полів на основі порівняльного аналізу, реального зразка і комп'ютерної симуляції. Пропонується алгоритм чисельного розрахунку профілю світильника. Представлені експериментальні результати розподілу температури в реальному світлотехнічному приладі.

Ключові слова: світлодіодний світильник, профіль, температура нагрівання, тепловідвід.

Anastasia Kolesnyk; Dmytro Usichenko**THE RESULTS OF RESEARCH OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION FIELDS FROM LAMP.**

In this paper the prototype of an LED light has been created. The distribution of temperature fields is considered on the basis of a comparative analysis, a real sample and computer simulation. An algorithm for calculating the profile of a luminaire is proposed. The experimental results of the temperature distribution in real lighting device are presented.

Keywords: LED lamp, profile, heating temperature, heat dissipation

Традиційно розрахунок тепловідводу світильника здійснюється з використанням приблизних формул, отриманих та використаних для розрахунку радіаторів напівпровідникової елементної бази. Однак для кращого представлення розрахунку пропонується комп'ютерне проектування та створення аналогічного дослідницького зразка.

При експлуатації світлодіодних освітлювальних приладів на базі світлодіодних плат з'ясувалося, що в реальних умовах при токах 350 - 700 мА та потужностях 1-3 Вт складно забезпечити оптимальний тепловідвід. У зв'язку з цим запропонована нова конструкція корпусу-радіатора світильника, з урахуванням розрахункових даних та комп'ютерного моделювання. Для вирішення цієї проблеми було проведено аналіз теплових полів потужних СД-матриць за допомогою програмного комплексу Solid Works Flow-Simulation та вимірювання температурних полів тепловізором. Теоретичні результати отримані за допомогою рішення рівняння теплопровідності з граничними умовами.

Виконана обробка розрахунків температури корпусу світильника. Розрахунки показали, що якісний розподіл теплових полів в перетині світильника, в усіх п'яти варіантах були ідентичними. Розрізнялися тільки максимальні значення температур. Проведені вимірювання розподілу температур друкованих плат для різних варіантів робочого струму світлодіодів.

УДК 628.98

О.А.Колєсник; Т. В. Можаровська; Л. А. Назаренко, проф.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

МЕЗОПІЧНА ФОТОМЕТРІЯ

Анотація. Розглянуто систему МКО присмеркової фотометрії. Проаналізовано можливість реалізації рекомендованих систем присмеркової фотометрії у сфері освітлення доріг і вулиць. Запропонована система, яка дозволяє зменшити освітленість, використовуючи систему МКО мезопічної фотометрії, але тільки при використанні ламп $R_a \geq 60$.

Ключові слова: S/P коефіцієнт, мезопічна фотометрія, освітленість, дорожнє освітлення.

A.Koliesnik; T. Mozharovska; L. Nazarenko

MESOPIC PHOTOMETRY

Annotation. Mesopic luminance region lies between the scotopic and photopic. Mesopic lighting applications include road and street lighting, outdoor area lighting and other night-time traffic environments. The existing systems of twilight photometry are considered. A system is proposed that reduces illumination using the CIE system of mesopic photometry, but only when using the $R_a \geq 60$ bulbs.

Key Words: S/P ratio, mesopic photometry, illumination, road lighting.

Мезопічне (присмеркове) бачення відноситься до світлових рівнів між такими, де тільки палички є дієвими (скотопічні умови) і такими, коли тільки колбочки є дієвими (фотопічні умови). Прийнятий в 2010 році документ CIE 191:2010 Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance дав можливість інтегрувати скотопічну і фотопічну функції світлової ефективності через мезопічну область, таким чином зробивши можливість мати стандартний спосіб вимірювати світло будь-якого рівня. Тобто був проведений міст між скотопічною та фотопічною функціями світлової ефективності через мезопічну фотометрію.

Бачення людини є надзвичайно складним процес і спектральний світловий ККД ока знаходиться під впливом великої кількості фактори. Ці фактори включають:

- Розмір і розташування подразника в області зору;

- Рівень навколишнього світла і спектр;
- Подразник контраст і спектр;
- Швидкість відповідь, що вимагається під час виконання завдання.

Зміна будь-якого з цих параметрів змінить ефективність візуальної системи і здатність виконувати завдання.

Запропоновано новий метод специфікації він пропонує наступне:

- Яскравість може бути задовільно передбачена використовуючи CIE-систему мезопічної фотометрії, причому лампи високого співвідношення S / P виглядають яскравіше.

- Прийнятність можна прогнозувати за допомогою CIE загальний CRI, R_a , з лампами вищої R_a що призводить до кращого зовнішнього вигляду.

- Визначення перешкод можна передбачити за допомогою система CIE мезопічної фотометрії, з лампами вище S / P, що збільшується ймовірність виявлення перешкод на тротуарах.

- Розпізнавання обличчя: пропонується вище R_a і вище S / P співвідношення збільшить здатність виявляти інших людей, та визначити їх намір.

Запропоновано метод для обліку ефектів при визначенні проектної освітленості, спочатку вибравши S-клас відповідно до рівня злочинності, екологічної зони та руху транспорту і припускаючи, що лампа еталонна тому це лампа LPS. Пропонована система дозволяє зменшити освітленість, використовуючи систему CIE мезопічної фотометрії, але тільки при використанні ламп $R_a \geq 60$.

УДК 628.974.8 (045)

Г.Ю. Кононенко; Л.А. Назаренко, професор

Харківський національний університет міського господарства
ім. О.М. Бекетова, Україна

ПРО КОНЦЕПЦІЮ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА

Анотація. В роботі проаналізовані проблеми, пов'язані з формуванням світлового середовища сучасного міста. Автори наголошують на необхідності створення концепції світлового середовища, яка потребує комплексного вирішення питань взаємодії усіх видів освітлення, необхідних для застосування в міському просторі.

Ключові слова: концепція світлового середовища, вуличне освітлення, світлотехніка, зорове сприйняття, міський простір.

G.Yu. Kononenko; L.A. Nazarenko

ABOUT THE CONCEPT OF LIGHT ENVIRONMENT OF THE CITY

Abstract. Problems connected with the formation of the light environment of a modern city are analyzed in the paper. Authors emphasize the need to create a light environment concept that requires a comprehensive solution to the issues of interaction between all types of lighting necessary for use in urban space.

Keywords: light environment concept, street lightning, lightning engineering, vision response, urban space.

Життя сучасного міста неможливе без штучного освітлення. Воно склалося в більшості випадків спонтанно в процесі еволюції міського комунального господарства.

При цьому штучне освітлення є об'ємно орієнтованим, в результаті чого виникає зоровий безлад, місто нагадує зібрання зірок.

Ефектні реалізації електричного освітлення важливих об'єктів в багатьох містах світу визивали інтерес до нових можливостей, які формують освітлення.

Ці можливості, стандарти зростають у зв'язку з прогресом в області світлотехніки і підвищенням життєвого рівня.

Модернізація засобів освітлення і заміна одних типів джерел на нові, більш ефективні, в установках вуличного і архітектурного освітлення приводить до очевидного результату: підвищилися рівні освітлення, розширюються освітлювальні площі, змінюється і ускладнюється нічний колорит.

До недавніх пір в більшості міст панувало традиційне функціональне вуличне освітлення, а архітектурне освітлення об'єктів мало скоріше виключний характер.

Практика міського освітлення іде за розвитком світлотехніки, використовуючи її і будучи залежною від неї. Сучасні технологічні досягнення дають великі можливості в цьому напрямку.

Найбільш традиційна гілка в художньому освітленні пов'язана у всьому світі з пам'ятками архітектури та монументального мистецтва, унікальними спорудами, елементами ландшафту.

В дійсності підтверджується прогноз Ле Корбюз'є про те, що освітлення міст перетворюється в цілий напрямок нового мистецтва, де архітектура, живопис і світлотехніка запропонують світу нові шедеври. Використовування новітніх світлотехнічних технологій дають нетрадиційні підходи в освітлюванні міських просторів і нових методів побудови світлових образів об'єктів.

Для складання комплексної системи освітлення міста необхідна концепція освітлення. Визначимо три категорії, які відповідають за благополуччя населення: естетика, орієнтування і ідентифікація. Естетика, або зорове сприйняття міста, є частиною соціальної концепції. Здатність орієнтуватися формує основу придатного життя в місті і забезпечує населення безпечно, вільне і економічне пересування. Ідентифікація має на увазі наближення реального міського середовища до того ідеалу, який хоче бачити населення.

Комплексне планування освітлення дозволяє зробити всю територію міста придатною для життя і діяльності.

Сама теорія комплексного освітлення знаходиться в стадії розвитку. Висока якість освітлення соціально і економічно рентабельна. Воно може бути досягнуте лише комплексним рішенням всіх взаємодіючих в міському просторі систем освітлення. Штучне світло стає все більш ємним і мобільним носієм інформації, без якої неможливий прогрес людської цивілізації в новому сторіччі.

УДК 621.328

В.І. Корнага, Д.О. Калустова, О.С. Олійник

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова, Україна

**МОДЕЛЮВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ
ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКИХ ІНДЕКСІВ
КОЛЬОРОПЕРЕДАЧІ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО СВІТЛА В ДІАПАЗОНІ
КОЛІРНИХ ТЕМПЕРАТУР 3000 К÷7000 К**

Наведено результати моделювання спектрів випромінювання освітлювального пристрою при застосуванні RGBW світлодіодів. Продемонстровано результати обчислень яскравості RGBW світлодіодів за допомогою розробленої математичної моделі для отримання білого світла з заданою колірною температурою та яскравістю. Проведено аналіз отриманих залежностей індексу кольоропередачі від колірної температури в діапазоні 3000 К÷7000 К.

Ключові слова: яскравість, колірна температура, індекс кольоропередачі, світлодіод.

V. Kornaga, D. Kalustova, O. Oliynyk

**MODELING THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF LIGHTING
SYSTEMS TO OBTAIN HIGH CRI OF THE RESULTING LIGHT IN THE
RANGE OF COLOR TEMPERATURES OF 3000 K ÷ 7000 K**

Presented the results of simulation of radiation spectra of a lighting device with the use of RGBW LEDs are given. The results of calculations of the brightness of RGBW LEDs by means of the developed mathematical model for obtaining white light with the given color temperature and brightness are demonstrated. The dependences of the CRI from the color temperature in the range 3000 K ÷ 7000 K was analyzed.

Key words: brightness, color temperature, CRI, LED.

На даний час ефективність серійних освітлювальних пристроїв є доволі високою 120÷160 лм/Вт, тому, все більше звертають увагу на якість світла та функціональні можливості освітлювального пристрою. Так, для освітлення приміщень в яких потрібно проводити роботи з високими вимогами до кольоророзрізнення будівельні норми [1] рекомендують використовувати штучне освітлення з індексом кольоропередачі вище 85 та 90 і коефіцієнтом пульсації світла менше 10% та 15%. Це роблять для того, щоб максимально наблизити параметри штучного світла до природного, в якого індекс кольоропередачі більше 95, а коефіцієнт пульсації рівний нулю. Також необхідно звернути увагу на те, що природне світло змінює свої оптичні параметри, а саме колірну температуру та яскравість світла протягом

добі, чим впливає на організм людини через фоторецептор у сітківці ока, який відповідає за вироблення чи подавлення гормону мелатоніну [2]. Це вказує на доцільність змінювати колірну температуру випромінюючого світла освітлювальним пристроєм протягом доби і забезпечувати індекс кольоропередачі вище 95.

Для того, щоб виконати зміну колірної температури та яскравості світла існує два методи при застосуванні світлодіодів. Перший базується на використанні комбінації потужних білих (W) світлодіодів з різними колірними температурами, другий на використанні RGB світлодіодів. Хоча перевагою систем з двома люмінофорними «білими» світлодіодами з різними колірними температурами являється невисока складність реалізації та відносно невисока вартість, такі системи мають обмеження в можливому діапазоні колірних температур, максимальне та мінімальне значення яких задаються колірними температурами «холодного» та «теплого» світлодіода [3]. Основним недоліком використання RGB світлодіодів є низький індекс кольоропередачі, тому в таку систему додають четвертий білий світлодіод, який призводить до більшого заповнення спектра випромінювання.

Нами було розроблено математичну модель, яка дозволяє обчислювати яскравість RGBW світлодіодів за допомогою системи рівнянь (1) для отримання білого світла з заданою колірною температурою та яскравістю [2]. Проте існує невизначеність у виборі світлодіодів за формою спектру, корельованою колірною температурою та домінуючою довжиною хвилі. Тому, було проведено дослідження застосування різних за характеристиками світлодіодів у нашій моделі, а за допомогою програми ColorCalculator [4] проведено моделювання спектрів результуючого випромінювання. В результаті отримано залежності індексу кольоропередачі від колірної температури в діапазоні 3000K÷7000K при застосуванні різних RGBW світлодіодів.

$$\begin{bmatrix} r \\ g \\ b \\ w \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b & X_w \\ Y_r & Y_g & Y_b & Y_w \\ Z_r & Z_g & Z_b & Z_w \\ r_w Y_r & g_w Y_g & b_w Y_b & -Y_w \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

1. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28-2006
2. Kornaga V.I. Color mixing models for smart lighting systems based on RGBW and WW LEDs/ V.I. Kornaga, V.M. Sorokin, A.V. Rybalochka, O.S. Oliinyk, N.P. Kornaga // Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics Volume 18 №3– Kiev 2015. – P.302-308.
3. Berson D.M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. / D.M. Berson, F.A. Dunn, Takao Motoharu // Science – February 2002. – №8. – PP.1070-1073.
4. The ColorCalculator developed by OSRAM SYLVANIA Inc. / <https://www.osram.us/cb/tools-and-resources/applications/led-colorcalculator/index.jsp>

УДК 621.327

Марія Котик; Володимир Андрійчук, проф.; Любов Костик, доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ РОСЛИН ПРИ ФОТОІМПУЛЬСНІЙ СТИМУЛЯЦІЇ

На основі аналізу процесів фотосинтезу проводиться експеримент щодо вивчення фотосинтезних та морфометричних параметрів рослини перцю Claudio при дії постійного та імпульсного опромінення.

Ключові слова: флюоресценція, фотосинтезна ефективність, морфометричні показники, імпульсне випромінювання.

Maria Kotyk; Volodymyr Andriychuk; Liubov Kostyk; Maria Kotyk

EFFICIENCY ESTIMATION OF PLANTS PHOTOSYNTHESIS AT PRESENCE OF PHOTOMULTIPLIER STIMULATION

On the basis of analysis of photosynthesis processes an experiment over the study of photosynthetic morphometric parameters of pepper plant Claudio under the effect of permanent and impulsive irradiation is conducted.

Keywords: fluorescence, photosynthesis efficiency, morphometric parameters, impulsive irradiation.

Ефективність систем вирощування рослин в контрольованому середовищі значною мірою залежить від енергозатрат, основна частина яких припадає на освітлення. Спектральний склад, інтенсивність та період опромінення відіграють провідну роль у регулюванні процесів фотосинтезу та визначають морфогенез і продуктивність рослин. Процес фотосинтезу поділяють на дві фази – світлову та темнову. У світловій фазі відбувається поглинання випромінювання пігментами двох фотосинтезних систем з максимумами поглинання 680 нм та 700 нм [1]. Під час темнових реакцій фотосинтезу, в основному, проходять хімічні реакції, які значно повільніші за світлові. Тому використання імпульсного опромінення дозволяє вивчати кінетику процесів темнового перетворення поглинутого випромінювання та відновлення рецепторів до початкового (незбудженого) стану.

Енергія поглинутих рослиною фотонів може приймати участь у фотосинтезі, розсіятися у вигляді тепла або повторно випромінюватися як флюоресценція. Вимірюючи вихід флюоресценції можна оцінити ефективність фотосинтетичних процесів. Із її зростанням інтенсивність фотосинтезу зменшується. Тому по вимірюваннях флюоресценції можна оцінити вплив різних параметрів опромінення на ефективність фотосинтезу листків рослини.

Для створення імпульсного випромінювання найкраще підходять світлодіодні установки, параметри яких легко змінювати. На даний час проводяться багатофакторні експерименти, у яких змінюються спектральний склад, інтенсивність, тривалість імпульсів випромінювання при вирощуванні вищих рослин, водоростей, опромінення насіння. У роботах [2, 3] та інших показано ефективність імпульсного опромінення тепличних культур світлодіодами білого, синього та червоного світіння різної інтенсивності, частоти та наповненості періоду.

Незважаючи на значну кількість інформації про можливість використання опромінення рослин імпульсним світлом, немає систематизованих обґрунтованих рекомендацій щодо тривалості та періодичності імпульсів, спектрального складу випромінювання, які б базувалися на вивченні біологічних та фізичних процесів фотосинтезу. Також недостатньо інформації про взаємозв'язок фотосинтетичних та морфометричних показників рослини.

На даний час в лабораторіях ТНТУ та ТНПУ проводяться дослідження світлоімпульсного стимулювання вирощування рослин на закритому ґрунті та пошук режимів опромінення. В даному випадку для експериментів вибрано перець типу Claudio. Як джерела випромінювання використовуються компактні люмінесцентні лампи Osram (як контроль та постійне опромінення), червоні та сині світлодіодні матриці потужністю 10 Вт для імпульсного опромінення (50% заповненість, період 0,1 с). Такі комбінації джерел випромінювання добре себе зарекомендували при вирощуванні рослин при постійному опроміненні. В експерименті застосовано три режими опромінення: 1) КЛЛ (контроль, постійне випромінювання), рівень опромінення 3 клк; 2) КЛЛ+СД матриця червоного кольору світіння, рівень СД опромінення 2,04 мкмоль/(м²·с); 3) КЛЛ + СД матриця синього кольору світіння, рівень СД опромінення 16,34 мкмоль/(м²·с). Оцінка ефективності фотосинтезу здійснюється по вимірюваннях флюоресценції листка рослини та її морфометричних показників.

Література

1. Harbinson, J. and E. Rosenqvist, 2003. Chapter 1, An introduction to chlorophyll fluorescence. In: DeEll J.R. and P.M.A. Toivonen (Eds.), *Practical Applications of Chlorophyll Fluorescence in Plant Biology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
2. E.Olvera-Gonzalez, D.Alaniz-Lumbreras, etc. Chlorophyll fluorescence emission of tomato plants as a response to pulsed light based LEDs. *Plant Growth Regul*, 2013, no 69, pp.117–123.doi: 10.1007/s10725-012-9753-8.
3. Ki-Ho Son, Yu-Min Jeon, etc. Oh Application of Supplementary White and Pulsed Light-emitting Diodes to Lettuce Grown in a Plant Factory with Artificial Lighting *Hortic. Environ. Biotechnol*, 2016, no 57(6), pp.560-572.

УДК 535.6

Роман Кріль; Ярослав Осадца; Василь Бадищук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

КОЛОРИМЕТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ НЕСАМОСВІТНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОЕЛЕМЕНТНИХ ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Проведено розрахунок координат кольору та кольоровості поверхонь несамосвітніх об'єктів на основі вимірюваних спектрів дифузного відбивання.

Ключові слова: об'єкт, зображення, сигнал, спектр відбивання, координати кольору, координати кольоровості.

Roman Kril; Yaroslav Osadtsa; Vasyl Badyshchuk

COLORIMETRIC MEASUREMENTS OF NON GLOWING OBJECTS BY THE HELP OF MULTIELEMENT PHOTO-CONVERTERS

The calculation of color coordinates of non glowing objects surfaces is carried out on the basis of measured spectra of diffuse reflection.

Keywords: object, image, signal, reflection spectrum, color coordinates, color coordinates.

Широке впровадження у світлотехнічну галузь нових підходів для визначення кольірних характеристик поверхонь досліджуваних об'єктів зумовлює необхідність розробки сучасних високоточних інформаційно-вимірювальних систем з використанням комп'ютерних технологій. На даний час для колориметричних вимірювань виробниками пропонується широка номенклатура різного роду цифрових пристроїв, перевагами яких є оперативність, можливість отримання великої кількості даних одночасно, а також можливість збереження і відтворення інформації. Однак найбільш істотним недоліком таких колориметрів є їх вартість. Тому виникає завдання пошуку більш доступних пристроїв, використання яких дозволило б з достатньою точністю отримувати інформацію про кольірні характеристики об'єктів. Одним з методів вирішення такого завдання є застосування багатеlementних фотоперетворювачів оптичного сигналу і пристроїв на їх основі. До таких пристроїв можна віднести цифрові фотокамери з матричними фотоелементами.

Сигнал на виході фотокамери у вигляді триколірного зображення об'єкта залежить від його спектральних характеристик відбивання або пропускання та спектру випромінювання джерела світла, яке його освітлює, а також від спектральної чутливості матричного фотоперетворювача.

Перехід із системи RGB до стандартної колориметричної системи XYZ здійснюється шляхом множення матриці кольорів RGB на матрицю переходу M :

$$\begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \cdot M = \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \cdot a_{11} + G \cdot a_{12} + B \cdot a_{13} \\ R \cdot a_{21} + G \cdot a_{22} + B \cdot a_{23} \\ R \cdot a_{31} + G \cdot a_{32} + B \cdot a_{33} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де X_3, Y_3, Z_3 – координати кольору зображення поверхні несамосвітнього об'єкта в стандартній колориметричній системі XYZ; $a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{21}, a_{22}, a_{23}, a_{31}, a_{32}, a_{33}$ – елементи матриці переходу M .

У зв'язку з тим що фотокамера, як будь-який технічний пристрій володіє характеристиками які відрізняються від ідеальних моделей, а отримані зображення не відповідають стандартам, кольорові значення яких відрізняються від кольорової системи XYZ рекомендованої системи МКО, то реальні координати кольору X, Y, Z несамосвітнього об'єкта відрізняються від координат кольору X_3, Y_3, Z_3 , визначених з допомогою фотокамери. Зв'язок між ними можна представити рівняннями:

$$X = k_X \cdot X_3, \quad Y = k_Y \cdot Y_3, \quad Z = k_Z \cdot Z_3, \quad (2)$$

де k_X, k_Y, k_Z – коефіцієнти пропорційності між реальними координатами кольору і координатами кольору, отриманими за допомогою фотокамери.

Для отримання даних коефіцієнтів в лабораторіях кафедри світлотехніки та електротехніки ТНТУ ім. Івана Пулюя проведено вимірювання спектральних характеристик випромінювання напівпровідникових джерел світла та відбивання поверхонь несамосвітніх об'єктів. Ці вимірювання здійснювались за допомогою розроблених автоматизованих інформаційно вимірювальних установок на базі спектрофотометрів СФ-46 та СФ-10.

На основі отриманих спектрів відбивання досліджуваних поверхонь та спектральних характеристик випромінювання напівпровідникових джерел світла, проводився розрахунок координат кольору та кольоровості поверхонь досліджуваних несамосвітніх об'єктів. Також на основі зображень цих об'єктів, отриманих з допомогою цифрових фотокамер, за формулами (1) розраховано координати кольору X_3, Y_3, Z_3 . Дані координати співставлялися із координатами X, Y, Z , після чого на основі формул (2) визначалися координати пропорційності k_X, k_Y, k_Z :

$$k_X = X/X_3, \quad k_Y = Y/Y_3, \quad k_Z = Z/Z_3.$$

Таким чином для вимірювання колірних характеристик несамосвітніх об'єктів були визначені відповідні коефіцієнти для камери NikonD7000 при опроміненні білим світлодіодним світлом.

УДК628.932.3 : 621.328

А.Г Литвинов^{1,2} ; С.Н.Литовченко^{1,2} ; д.т.н. Л.А .Назаренко² ;

¹ ООО «Светодиодные Технологии Украина»

² Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова

МЕТОДИКА ВЫБОРА ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

В процессе разработки систем управления светодиодными осветительными системами возникает необходимость определения типов кривых управления. Для этого предлагается методика выбора оптимальной кривой. В результате выбора кривой для разработчика драйвера составляется задание на разработку.

Системы управления, светодиоды, функции управления, драйвер

O. Lytvynov; S. Litovchenko; L. Nazarenko

THE TECHNIQUE OF SELECTING FUNCTIONS CONTROL OF SOLID STATE TECHNOLOGY LAMPS

In the process of developing management systems, SST lighting systems, there is a need to determine the types of control curves. For this proposed methodology for choosing the optimal curve. As a result, the choice of curve to the driver developer is prepared setting.

Control system, SST lighting, functions control, driver

И человеческое восприятие и люмен-амперная характеристика светодиода имеют нелинейный характер. В результате этого кривые управления светодиодом имеют первостепенное значение.

При переходе от одного уровня излучения светового потока к другому идеальным было бы аналоговое управление, либо дискретное с малым шагом приращения тока питания светодиода. Для обеспечения естественного снижения светового потока светодиодный драйвер должен вывести светодиод со светового выхода 100% на нулевой или заданный уровень без каких-либо заметных шагов. Поскольку человеческий глаз не может обнаружить изменение менее 3% на длине волны 550 нм, для естественного уменьшения требуется шаг меньше 3%.

Выбор начинается с изучения вольт-амперных, люмен-амперных характеристик и тепловых характеристик (изменения светового потока в зависимости от температуры окружающей среды, прямого тока светодиода в зависимости от температуры окружающей среды).

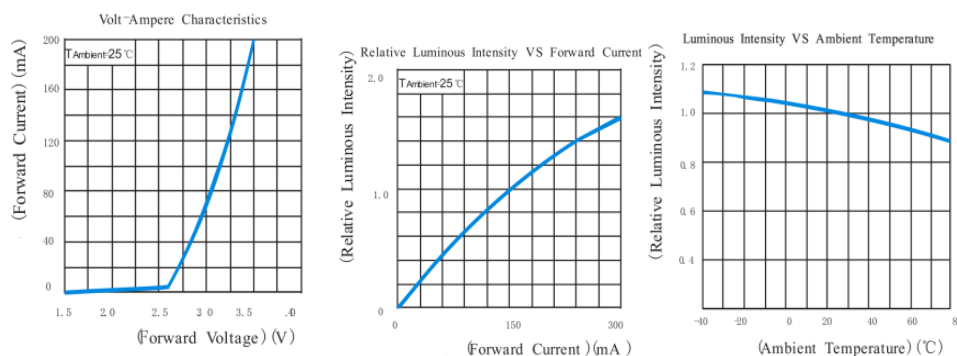
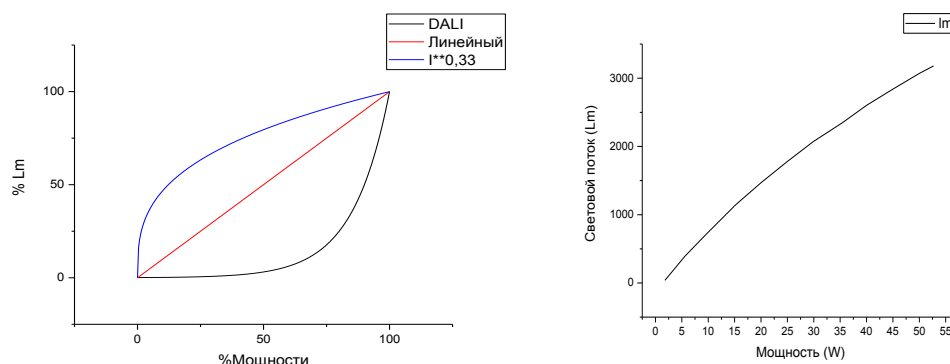


Рис.1 Характеристики светодиода FM-P3528WNS-460W-R80

Определяется динамическое и полное сопротивление в оптимальной точке (отношение полного к динамическому должно лежать в пределах 5-12). Чем ниже отношение тем меньше коэффициент пульсаций по току при питании от сети переменного тока. Далее строится люмен-ватная характеристика в пределах ниже выбранной оптимальной точки ВАХ и до минимального уровня.

Ограничением является выбранный диапазон температур окружающей среды. Далее определяется кривая с минимальным шагом дискретизации, позволяющая реализовать порог < 3%. При использовании 13-bit ЦАП предпочтительней кривая Стивенсона $F(\Phi) = I^{0.33}$, при 8-bit кривая Вебера-Фехнера $F(\Phi) = k \log(I)$.



На текущий момент в стандарт DALI3 2015г. IEC 62386-102 включена линейная и логарифмические функции управления. При этом часть команд зарезервирована на будущее использование.

УДК 621.382+620.3

Гаронин В.П.; Степанов А.А.; Муха Е.В.; Казаркин Б.А.; Смирнов А.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СВЕТОДИОДОВ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSICS

Реализована модель светоизлучающего диода с двойной гетероструктурой в программном пакете Comsol Multiphysics.

Ключевые слова: моделирование, светодиод, двойная гетероструктура, оптоэлектрические характеристики, Comsol Multiphysics.

Garonin Vadim; Stepanov Andrei; Mukha Yauhen; Kazarkin Boris; Smirnov Alexandr

SIMULATION OF HIGH-EFFICIENCY LEDS IN COMSOL MULTIPHYSICS

The model of high-efficiency LEDs with double heterostructure was realized in Comsol Multiphysics.

Keywords: simulation, LED, double heterostructure, optoelectrical characteristics, Comsol Multiphysics.

Анализируются особенности создания модели светоизлучающих диодов с двойной гетероструктурой для программы Comsol Multiphysics: создание геометрии структуры, задание распределения легирующей примеси и величины концентрации, задание ширины запрещенной зоны активной области. При расчете модели учитываются термоэлектронная эмиссия, оптический перенос, Оже-рекомбинация, ловушечная рекомбинация, что позволяет получить характеристики с учетом всех эффектов, наблюдаемых в полупроводниковых светоизлучающих диодах. В результате моделирования можно установить зависимости: вольт-амперную, ватт-амперную, спектральную, зонные диаграммы, внутреннюю квантовую эффективность при различных плотностях тока, полная эмиссия слоя

Литература

1. S. Nakamura, T. Mukia, and M. Senoh, “Candela-class high-brightness InGaN/AlGaIn double-heterostructure blue-light emitting diodes”, Appl. Phys. Lett. 64, 1687 (1994).
2. M. Kisin, R. Brown and H. El-Ghoroury “Software Package for Modeling III-Nitride QW Laser Diodes and Light Emitting Devices” Proceedings of the COMSOL Conference (2009) Boston

УДК 621.321

Мирослав Наконечний; Сергій Поталіцин; Микола Липовецький
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

РЕЕСТРАТОР СПЕКТРУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ИСП-51 НА ОСНОВІ ПРИСТРОЮ ЗАРЯДНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Анотація. Приведено модернізований реєстратор спектру для спектрографа ИСП-51 з використанням ПЗЗ лінійки.

Ключові слова: пристрій зарядного зв'язку, спектр випромінювання, фотоелемент

Myroslav Nakonechniy; Sergiy Potalicyn, Mykola Lipovetsky

REGISTRATOR OF THE SPECTRA OF RADIATION OF LIGHT SOURCE FOR ИСП-51 ON THE BASIS OF A CONTACT IMAGE SENSORS

The work shows the way of modernization registrar range from ИСП-51 spectrograph using CCD line.

Keywords: Contact image sensors, radiation spectrum, photocell

Реєстрація спектру випромінювання джерел світла, традиційно пов'язана з використанням фоточутливих елементів. За технічними даними реєстрація спектра на спектрографі ИСП-51 повинна проводитися за допомогою фотоплівки або фотопластины. Такий спосіб є застарілий а також має ряд недоліків: необхідність використання фотореактивів, тривалий час фотометрування та подальша «ручна» обробка результатів. Одним із способів вирішення даних проблем є використання в якості фотодетектора пристроїв зарядного зв'язку (ПЗЗ). Для проведення експериментальних досліджень було змонтовано установку на основі спектрографа ИСП-51 з камерою УФ-90, ПЗЗ лінійки та ПК, що дозволила проводити реєстрацію спектру з подальшою автоматичною обробкою результатів.

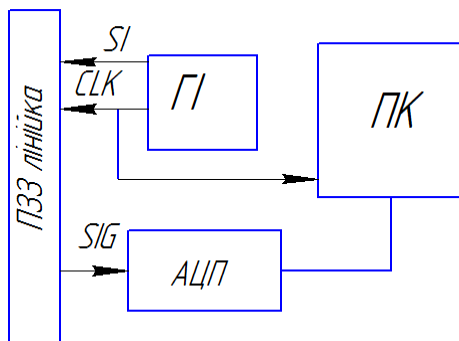


Рис. 1. Блок-схема реєстратора спектру

Блок-схема реєстратора спектру приведена на рис.1. Він складається з монохроматичної ПЗЗ лінійка типу DL100-05AUJK з розміром пікселя 0,125 мм. Для забезпечення нормальної роботи ПЗЗ лінійки використано генератор імпульсів ГІ на базі платформи ArduinoUNO, аналого-цифровим перетворювачем служила приставка-осцилограф Intrustar 6620B. Запис та обробка експериментальних результатів здійснювалися за допомогою ПК. Сформований генератором прямокутних імпульсів сигнал CLK зчитує значення напруги на фотоелементах ПЗЗ лінійки (рис 1). Початок зчитування відбувається після подачі короткотривалого імпульсу SI на цифровий вхід лінійки. Після чого вихідний аналоговий сигнал за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) передається на комп'ютер для подальшої обробки.

Градування ПЗЗ лінійки по довжині хвилі випромінювання здійснювалось з використанням спектрофотометра ИСП-51 з камерою УФ-90 та ртутно-гелієвою лампою ДРГС-12. Зміна частоти генератора імпульсів дозволяє міняти час експозиції ПЗЗ лінійки в межах від 17 до 3 мс. Таким чином можна було проводити реєстрацію спектра випромінювання, як в стаціонарному, так і в імпульсному режимах роботи джерела світла.

На рис. 2 приведена роздільна здатність даного реєструючого пристрою з використанням спектрофотографа ИСП-51 та камери УФ-90, при вхідній щілині 0,4 мм.

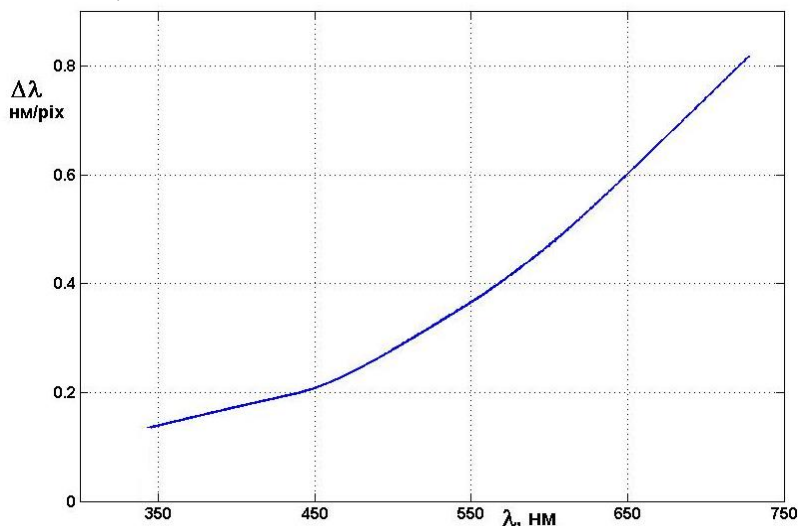


Рис. 2 Залежність роздільної здатності реєстратора спектра від довжини хвилі випромінювання

З рисунка видно, що вона лежить в межах від 0,2 нм/ріх для синьої області спектра, та 1 нм/ріх для червоної області.

УДК 535.241.41.089.68

П.І. Несжмаков, д.т.н, с.н.с.; М.В. Гур'єв, к.т.н

ННЦ „Інститут метрології”, Україна

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ LED ЛАМП

Розглянуто проблеми вимірювання світлового потоку LED ламп та представлено метод вимірювання, який дозволяє вирішити ці проблеми.

Ключові слова: світловий потік, LED лампи, коефіцієнт актинічності, сферичний фотометр

Pavel Nyezhamkov, Mykola Huriev

METHOD OF MEASURING THE LUMINOUS FLUX OF LED LAMPS

The problems of measuring the light flux of LED lamps are considered and a measurement method is presented that allows solving these problems.

Key words: luminous flux, LED lamps, correction factor, spherical photometer

Калібрування світловимірювальних ламп в провідних лабораторіях світу проводяться за допомогою сферичних фотометрів [1– 4]. Як правило вони представляють собою сфери діаметром 1,5 метра і більше. Усередині вони покриті BaSO_4 або спектролоном, які мають близьку до одиниці дифузну відбивну здатність у видимій області спектра і близьку до Ламбертовській індикатрисі розсіювання. Як приклад на рисунку 1 представлена схема відтворення в Державному первинному еталоні світлового потоку ДЕТУ 11-10-13.

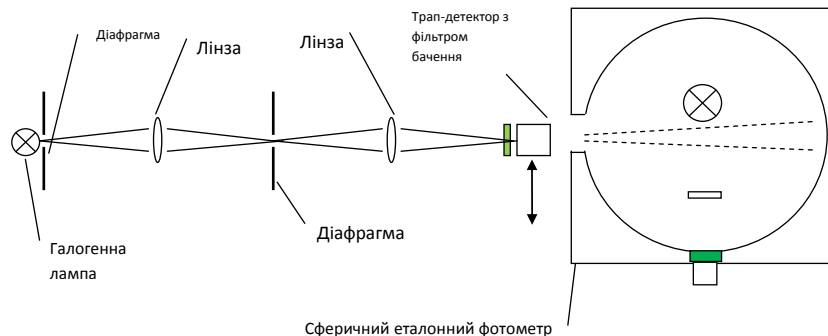


Рисунок 1 . Функціональна схема установки для відтворення та передачі одиниці світлового потоку

Така схема дозволяє з високою точністю проводити вимірювання ламп розжарювання за допомогою сферичного фотометра, так як коефіцієнт актинічності A , коригуючий коефіцієнт, який враховує відміну відносної спектральної чутливості сферичного фотометра $S_{\text{сф.від.}}$ кривої бачення $V(\lambda)$ практично однаковий для спрямованого світлового потоку, який калібрує сферичний фотометр і лампи, яка вимірюється сферичним фотометром.

$$A = \frac{\int_{380}^{780} \Phi(\lambda) \cdot V(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \Phi(\lambda) \cdot S_{\text{сф.від.}}(\lambda) d\lambda} \quad (1)$$

де $\Phi(\lambda)$ - відносна спектральна характеристика світлового потоку.

Однак при вимірюванні світлового потоку від LED ламп відміна в коефіцієнті актинічності (1) може бути істотною, оскільки спектральні характеристики лампи

розжарювання (направлений світловий потік калібрування) та вимірюваної LED лампи істотно різняться.

Тому для зниження різниці в коефіцієнтах активності для ламп розжарювання і LED ламп відносна спектральна чутливість сферичного фотометра повинна бути якомога ближче до $V(\lambda)$ і повинна бути добре відома. Для цього проводиться цілий комплекс експериментально-теоретичних досліджень спектральної чутливості сферичного фотометра. У зв'язку з тим, що процес дослідження є досить складним і вимагає експериментальної перевірки в ННЦ "Інститут метрології" був розроблений метод експериментального дослідження коефіцієнта активності сферичного фотометра. Для реалізації методу на установці (рис. 1) спочатку вимірювалася чутливість сферичного до інтегрального світлового потоку S_Φ від лампи розжарювання (галогенною лампи), потім визначалася чутливість $S_{sf}(546,1)$ на одній довжині хвилі 546.1 нм шляхом установки замість галогенною лампи ртутної лампи фірми NEWPORT з інтерференційним фільтром. Активність сферичного фотометра визначалася з вираження:

$$A = S_{sf}(546,1) / (S_{sf, \text{отн}}(546,1) \times 683 \times S_\Phi) \quad (2)$$

Крім того, був розроблений метод відповідно якому, в якості джерела спрямованого світлового потоку в схемі рисунка 1 пропонується використовувати LED лампу (рисунок 3), яка є аналогічною (за відносним спектру випромінювання) з вимірюваної, або використовувати одну й ту ж саму лампу в обох випадках. Це дозволяє домогтися однакової активності сферичного фотометра для спрямованого світлового потоку і та вимірюваної LED лампи. Це забезпечить необхідну точність вимірювання світлового потоку LED лампи.

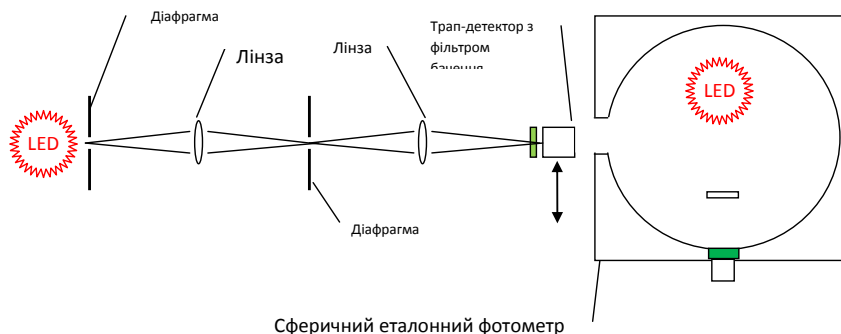


Рисунок 3. Функциональная схема установки для воспроизведения и передачи единицы светового потока LED источникам

Цей метод був представлений на міжнародній конференції по фотометрії і радіометрії NEWRAD 2017, в якій прийняли участь провідні спеціалісти миру. Завдяки цьому методу ННЦ "Інститут метрології" було опубліковано чотири СМС строки в області вимірювань світлового потоку LED ламп.

ДЖЕРЕЛА

- 1 Yoshihiro Ohno. Nist Measurement Services: Photometric Calibrations. NIST Special Publication 250-37.
- 2 Ohno Y. "New Method for Realizing a Total Luminous Flux Scale using an Integrating Sphere with an External Source," *J. IES*, 24-1, 106-115 (1995).
- 3 Ohno, Y., "Realization of NIST Luminous Flux Scale Using an Integrating Sphere with an External Source," *the CIE Proceedings, 23rd Session, New Delhi* (1995).
- 4 Ohno, Y., "Realization of NIST 1995 Luminous Flux Scale using Integrating Sphere Method," *J. IES*, 25-1, 13-22 (1996).

УДК 621.327

Анатолій Семенов, к.ф.-м.н.; Григорій Кожушко, д.т.н.; Тамара Сахно, д.х.н.
Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна

ПРОГНОЗУВАННЯ КОРИСНОГО СТРОКУ СЛУЖБИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ ЛАМП ЗА СТАБІЛЬНІСТЮ ПРОМЕНЕВОГО ПОТОКУ

В роботі представлені результати прогнозування корисного строку служби ультрафіолетових розрядних ламп низького тиску за спадом променевого потоку.

Ключові слова: строк служби, ультрафіолетова лампа, променевий потік.

Anatoliy Semenov; Grigory Kozhushko; Tamara Sakhno

THE PREDICTION OF THE USEFUL LIFETIME OF THE ULTRAVIOLET LAMPS FOR STABILITY THE RADIATION FLUX

The paper presents the results of the prediction of the useful lifetime of ultraviolet discharge lamps at low pressure for reducing the radiation flux.

Key words: service life, ultraviolet lamp, radiation stream

Для проектування опромінювальних установок з використанням УФ-С важливо знати як змінюється променевий потік джерела в процесі строку служби. Сьогодні, як джерела УФ-С випромінювання, широко використовуються ртутні розрядні лампи низького тиску в колбах із кварцевого та увіолевого скла [1, 2]. Відомо, що в процесі строку служби відбувається зниження потоку ультрафіолетового випромінювання через окислення ртуті в лампі і осіданням продуктів реакції на внутрішню поверхню колби, напилення матеріалів електродів на колбу і утворення амальгам, зниження прозорості кварцевого та увіолевого скла під дією УФ-випромінювання та інших факторів [3]. Зниження променевого потоку також може відбуватися через зміну в процесі строку служби електричних параметрів ламп, наприклад через зниження потужності.

Механізм і ступінь впливу, вище вказаних факторів, для різних конструкцій ламп, режимів живлення, а також умов експлуатації не достатньо вивчені, тому дослідження зміни променевого потоку в процесі експлуатації ультрафіолетових ламп та прогнозування їх корисного строку служби є питаннями актуальними.

Метою даної роботи було експериментальне дослідження спаду променевого потоку ртутних розрядних ламп низького тиску в процесі горіння та вибір математичної моделі спаду УФ-С потоку на основі якої можна прогнозувати корисний строк служби.

Корисний строк служби - це час протягом якого променевий потік лампи при певних режимах живлення і умовах експлуатації не зменшується нижче встановленого рівня, наприклад 70% початкового значення.

Математичну модель спаду променевого потоку УФ-С розрядної лампи низького тиску можна побудувати використовуючи метод математичної екстраполяції. Як приклад прогнозування корисного строку служби за спадом світлового потоку можна взяти методики для світлодіодних модулів [4].

Нами була взята за основу методика прогнозування спаду світлового потоку світловипромінюючих діодів, описана в [5, 6]. Методом прогнозування корисного

строку служби за спадом світлового потоку є підбір емпіричної експоненціальної кривої для кожної умови випробувань. Подальша екстраполяція цієї підбраної функції до моменту часу, де світловий потік зменшується до певного прийнятого рівня (наприклад до 80, 70 або 60 % від початкового потоку) дозволяє оцінити величину корисного строку служби. Експоненціальна крива спаду променевого потоку $F(t)$ за час t , яка має загальний вигляд:

$$F(t) = B \exp(-\alpha t), \quad (1)$$

Знаходження величини B - початкової постійної, і α - постійної швидкості спаду променевого потоку здійснюється за методом найменших квадратів. Після розрахунку постійних B та α шукане значення тривалості горіння (строку служби τ_p) протягом якого відбувається зменшення променевого потоку до заданого рівня розраховується із виразу:

$$\tau_p = \frac{\ln\left(100 \cdot \frac{B}{p}\right)}{\alpha} \quad (2)$$

де p – заданий рівень від початкового значення променевого потоку.

При рекомендованому рівні $p = 0,7$ маємо:

$$\tau_{70} = \frac{\ln\left(100 \cdot \frac{B}{0,7}\right)}{\alpha} \quad (3)$$

Взявши логарифм від обох частин (1) маємо

$$\ln F(t) = \ln B \exp(-\alpha t) \quad (4)$$

Позначивши $\ln F(t) = y$, $-\alpha = m$, $b = \ln B$, отримуємо рівняння прямої

$$y = mx + b \quad (5)$$

Для набору n експериментальних точок на графіку (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , ..., (x_n, y_n) метод найменших квадратів для величин m та b дасть відповідно:

$$m = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (6)$$

$$b = \frac{\sum y - m \sum x}{n} \quad (7)$$

де n – загальна кількість усереднених експериментальних точок $x_k = t_k$, $y_k = \ln F_k$, $k = 1, 2, \dots, n$.

Провівши необхідні розрахунки і зворотні перетворення знаходимо $B = \exp b$, $\alpha = -m$.

Нами проведені дослідження зниження променевого потоку УФ-С в процесі горіння розрядних ламп низького тиску потужністю 20 Вт типу ZW20D15W(Y) в схемі з електронним ПРА торгівельної марки «Tridonic». Колби ламп виготовлені із

кварцевого скла. Випробування ламп проводили при напрузі живлення 220В, в режимі 3-х разового вимикання протягом доби на час по 15 хв. Вимірювання потоку випромінювання в діапазоні довжин хвиль УФ-С проводили з використанням радіометра енергетичної освітленості ультрафіолетового діапазону (Тензор-31) згідно з [7] після 100 год., 500 год. і далі через кожні 500 год. до 6000 год.

В роботі наведені результати вимірювання променевого потоку через 500 год. (у відносних одиницях) та розрахунок m , b , α , B для $p=0,8$ та $p=0,7$.

Отриманий прогноз корисного строку служби досліджених УФ-ламп за зниженням променевого потоку до рівня 0,8 початкового значення становить 4,6 тис. год., а рівня 0,7 початкового значення – 8,3 тис. год.

Розрахунки проводили за результатами вимірювання до 3000 год. Для оцінки точності прогнозу випробування продовжили до 6000 год. і оцінили відносну похибку прогнозу від експериментальних даних в точках вимірювання. Похибка не перевищувала $\pm 3\%$.

Висновки:

1. Корисний строк служби УФ-ламп в діапазоні спектру УФ-С можна оцінювати по незавершених випробуваннях після 2500-3000 год. За результатами спаду променевого потоку з точністю до $\pm 3\%$.

2. Корисний строк служби (при зниженні променевого потоку до 70 % початкового) для досліджених ламп складає 8,3 тис. год.

Література:

1. Сарычев, Г. С. Облучательные светотехнические установки / Г. С. Сарычев. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.

2. Вассерман, А. Л. Ультрафиолетовое излучение в профилактике инфекционных заболеваний / А. Л. Вассерман, М. Г. Шандала, В. Г. Юзбашев. - М.: Медицина, 2003. – 208 с.

3. Мещеряков Ю. А. Причины проявления «тусклых» энергоэкономичных люминесцентных ламп и рекомендации по их устранению / Ю.А. Мещеряков, А.С. Федоренко, И. Ф. Голикова, В.И. Уварова, А.А. Прытков // Расчет параметров и конструирование источников света. Труды ВНИИИС. – Саранск, 1989. – Вып. 21. С. 61-72.

4. Модулі світлодіодні загального освітлення - Вимоги щодо характеристик – LEDmodulesforgenerallighting – Performancerequirements [Електронний ресурс] : ІЕС/PAS 62717:2011. - Режим доступу к журн. : webstore.iec.ch/publication/20755. – (оприлюднені технічні умови МЕК).

5. Мальков М. Спад светового потока светодиодных сборок и долгосрочное прогнозирование их срока службы / Михаил Мальков // Lumen&expertunion. – 2012. – 01 июня. – С. 123–136.

6. Кожушко Г.М. Прогнозування строку служби СВД-ламп за спадом світлового потоку / Г.М. Кожушко, Ю.О. Басова, В.І. Давиденко / Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки. – Полтава: ПУЕТ, 2013. – № 1(57). – С. 8-11.

Джерела ультрафіолетового випромінювання. Методика виконання вимірювань параметрів ультрафіолетового випромінювання. МВУ 11-038-2007, від 1 квітня 2007р.

УДК 621.327

Анатолій Семенов, к.ф.-м.н.; Григорій Кожушко, д.т.н.; Тамара Сахно, д.х.н.

Полтавський університет економіки і торгівлі, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ УФ-ОПРОМІНЕННЯМ

В роботі представлені результати можливості мікробіологічного очищення активованого вугілля «Сілкарбон» від плісневих та дріжджових грибів з допомогою УФ-опромінення.

Ключові слова: УФ-опромінення, інактивація, активоване вугілля, мікробіологічна чистота, доза УФ-опромінення.

Anatoliy Semenov; Grigory Kozhushko; Tamara Sakhno

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF MICROBIOLOGICAL CLEANING ACTIVATED CARBON OF UV RADIATION

Key words: UV-irradiated, inactivation, activated carbon, microbiological purity, the dose of UV radiation.

Присутність деяких мікроорганізмів в нестерильних лікарських засобах, в тому числі і в активованому вугіллі, може знижувати терапевтичну дію, або навіть інактувати її, крім того існує можливість негативної дії цих мікроорганізмів на пацієнта.

Критерії прийнятності мікробіологічної чистоти нестерильних лікарських засобів встановлені в [1]. Загальна кількість аеробів, КУО/г, має не перевищувати 10^3 , а загальна кількість грибів, КУО/г не перевищувати 10^2 .

В Україні для виробництва вугілля активованого медичного призначення використовується сировина торгівельної марки «Сілкарбон», окремі партії якої за даними результатів дослідження в державній науково-дослідній лабораторії з контролю якості лікарських засобів інституту гігієни та медичної екології імені О.М. Марзеєва не відповідають вимогам [1] за загальним вмістом дріжджових та плісневих грибів (табл.1). Тому актуальною проблемою є проведення досліджень та розроблення технології зниження вмісту вказаних грибів в активованому вугіллі.

Відомі методи зниження мікробіологічного забруднення в тому числі дріжджових та плісневих грибів, які базуються на застосуванні хімічних дезінфікуючих реагентів (сильних окиснювачів – озон, хлор), радіаційних методів (застосування іонізуючого випромінювання рентгенівського та γ -випромінювання) [2].

Метою даної роботи є дослідження можливості мікробіологічного очищення порошку активованого вугілля від плісневих та дріжджових грибів шляхом УФ-опромінення.

Таблиця 1.

Результати перевірки відповідності вугілля активованого вимогам нормативної документації

Показники	Вимоги НД (МКЯ № UA/11425/01/01), КУО/г	Результати аналізів, КУО/г
Мікробіологічна чистота: - загальне число аеробних мікроорганізмів (ТАМС); - загальне число дріжджових та плісневих грибів (ТУМС)	не більше 10^3 не більше 10^2	500 (відповідає) 2575 (не відповідає)

Відомі методи зниження мікробіологічного забруднення сипучих матеріалів УФ-С опроміненням [3, 4], але інформація про використання цих методів для мікробіологічного очищення порошку вугілля в літературі відсутня.

Для оцінки можливості очищення вугілля активованого торгівельної марки «Сілкарбон» нами проведені наступні дослідження.

Тонкий шар порошку вугілля забрудненого дріжджовими грибами (КУО/г – $7,0 \cdot 10^3$) і плісневими грибами (КУО/г – $1,0 \cdot 10^3$) опромінювали дозами УФ-С 300 Дж/м² та 1000 Дж/м². В якості джерела УФ-випромінення використовували ртутну кварцеву лампу низького тиску потужністю 80 Вт (тип ZW80D19W(Y)) з густиною променевого потоку УФ-С - 240 Вт/см².

Для забезпечення рівномірного опромінення поверхні досліджуваного порошка його здійснювали на алюмінієвій фользі з переміщенням порошку за допомогою вібрації.

Результати аналізу після опромінення порошку дозою 300 Дж/м² для дріжджових грибів КУО/г – $2,6 \cdot 10^3$, для плісневих КУО/г – $8 \cdot 10^2$. При опроміненні дозою 1000 Дж/м² для дріжджових, відповідно КУО/г – $2,2 \cdot 10^3$, і для плісневих КУО/г – $7,2 \cdot 10^2$. Сумарна кількість грибів при дозі 300 Дж/м² складає $34 \cdot 10^2$ КУО/г, а при дозі 1000 Дж/м² – $29,2 \cdot 10^2$, тобто в першому випадку перевищуються в 34 рази, а в другому – в 29 разів.

Нами зроблено припущення, що частина поверхні порошку не отримує необхідної дози і потрібно знаходити шляхи більш ефективного опромінення. Для вирішення цієї задачі був використаний пристрій описаний в [5]. Порошок вугілля опромінювали в камері в процесі його вільного падіння під дією сили гравітації потоком УФ-С густиною приблизно 500 Вт/см² та 2000 Вт/см². Кількість дріжджових грибів після опромінення потоком з густиною

500Вт/см² була $21 \cdot 10^2$ КУО/г, а при опроміненні потоком з густиною приблизно 2000 Вт/см² - $12 \cdot 10^2$ КУО/г. Для плісневих грибів цифри, відповідно, $11 \cdot 10^2$ та $5,5 \cdot 10^2$ КУО/г. Сумарна кількість грибів при опроміненні навіть потоком великої густини (2000 Вт/см²) становить $16,5 \cdot 10^2$ КУО/г. Це дещо кращий результат, ніж для УФ-опромінення тонкого шару, але нормативних показників досягти не вдалося. Можна припустити що гриби знаходяться не тільки на поверхні і при поверхневому шарі, але і в товщі частинок порошку.

Нами були проведені подальші дослідження з опроміненням тонкого шару вугілля забрудненого дріжджовими грибами (КУО/г – $9,5 \cdot 10^3$) і плісневими грибами (КУО/г – $1,0 \cdot 10^3$) в камері з використанням озонних ртутних кварцевих ламп низького тиску потужністю 20 Вт (тип ZW20D15Y). Результати аналізу після опромінення порошку дозою 1200 Дж/м² для дріжджових грибів КУО/г – $0,45 \cdot 10^2$, для плісневих КУО/г – $0,3 \cdot 10^2$. Сумарна кількість грибів при дозі 1200 Дж/м² складає $0,75 \cdot 10^2$ КУО/г, що задовольняє вимогам нормативної документації [1].

Література:

1. Державна фармакопея України. – Режим доступу: <http://laco.eryb.floweracademy.ru/engine/b.php?> (дата звернення: 16.01.2018). – Назва з екрана.
2. Ультрафиолетовые технологии в современном мире: Коллективная монография / Ф. В. Кармазинов, С. В. Костюченко, Н. Н. Кудрявцев, С. В. Храменков (ред.). – Долгопрудный: Из-во Дом «Интеллект». – 2012. – 392 с.
3. Stephen B. Germicidal ultraviolet irradiation. Modern and effective methods to combat pathogenic microorganisms / B. Stephen, Jr. Martin, D. Chuck, James D. Freihaut, William P. Bahnfleth, Josephine Lau, Ana Nedeljkovic-Davidovic // ASHRAE JOURNAL. – 2008 – Vol. 50 (8). – pp. 18–20.
4. Семенов А. А. Ультрафиолетовое излучение для обеззараживания сыпучих пищевых продуктов / А. А. Семенов // Вісник національного технічного університету «ХПІ»: Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 17 (1060) – С. 25–30.
5. Пат. 93489 Україна, МПК A23L 3/26 (2006.01). Спосіб бактерицидного знезараження сипучих харчових продуктів / А. О. Семенов, Г. М. Кожушко, Л. В. Дугніст, Н. В. Семенова; замовник і патентовласник ВНЗ Укоопспілки «Полт. ун-т екон. і торг». – № 201401140; заявк. 06.02.2014; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.

УДК 621.382+620.3

Гаронин В.П.; Степанов А.А.; Муха Е.В.; Казаркин Б.А.; Смирнов А.Г.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОЙ СТРУКТУРЫ СИНЕГО ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ InGaN/GaN В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ COMSOL MULTIPHYSICS

Исследован процесс моделирования светодиодов синего диапазона и корреляция полученных результатов с экспериментом.

Ключевые слова: моделирование, светодиод, материал $A^{III}B^V$, оптоэлектрические характеристики.

Garonin Vadim; Stepanov Andrei; Mukha Yauhen; Kazarkin Boris; Smirnov Alexandr

SIMULATION OF BLUE LIGHT LEDS IN COMSOL MULTIPHYSICS

The process of modeling the LEDs of the blue spectrum of radiation was been investigated, and the correlation of results with experiment.

Keywords: simulation, LED, material $A^{III}B^V$, optoelectrical characteristics.

Продемонстрирована возможность моделирования и оценки параметров полупроводниковой структуры на основе полупроводниковых соединений AlGaIn и InGaIn. Моделирование полупроводниковой структуры, поскольку она является латерально инвариантной, происходит с использованием одномерного отрезка по оси z . Для моделирования структуры светоизлучающего диода используется его активная область, образованная двумя барьерными слоями в 150 нм: n -типа $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ и p -типа $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$, между которыми находится 5 нм излучающий слой $In_{0.06}Ga_{0.94}N$. В данной работе получены корреляции вольт-амперной характеристики, спектральной и мощностной характеристики моделируемого и реального устройства.

Литература

1. S. Nakamura, T. Mukia, and M. Senoh, "Candela-class high-brightness InGaIn/AlGaIn double heterostructure blue light emitting diodes", Appl. Phys. Lett. 64, 1687 (1994).
2. M. Kisin, H. El-Ghoroury "Non-equilibrium QW populations and internal efficiency of polar and nonpolar III-nitride light emitters" Proc. SPIE 8255 (2012)

УДК 006.91

Неєжмаков П.І., д.т.н., доц.; Купко О.Д., д.т.н., пров. наук. співр.;
Терещенко В.В., м.н.с.

Національний науковий центр «Інститут метрології»

СТАНДАРТНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИБЛІДІВ

Анотація. Запропоновано стандартні спектри джерел світла для визначення параметрів світлових вимірювальних приладів в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній ділянках спектру, також запропоновано стандартні джерела світла для світлових вимірювань модульованого за часом світла.

Ключові слова: невизначеність, вимірювання, світлодіод, джерело світла, спектр.

Neyezhnikov P.; Kupko A.; Tereshchenko V.

STANDARD LIGHT SOURCES FOR DETERMINATION THE PARAMETERS LIGHT MEASUREMENT DEVICES

Abstract. The standard spectra of light sources for determination parameters of light measuring devices in the ultraviolet, visible and infrared spectral regions are proposed, as well as standard light sources for light-modulated measurements are proposed.

Keywords: uncertainty, measurement, LED, light source, spectrum.

Визнаною мірою якості вимірювань є невизначеність, яка залежить як від характеристик самого приладу так і від умов, в яких проводяться вимірювання [1]. Складовою невизначеності результату вимірювань світлових величин є відмінність спектрального складу вимірюваної освітленості від спектрального складу випромінювання. Оскільки завжди є деяка відмінність відносної спектральної чутливості люксметра від стандартної функції $V(\lambda)$ (значення відносної спектральної світлової ефективності монохроматичного випромінювання для денного зору), то прилад, який був прокалібрований за допомогою джерела типу А при роботі з випромінюванням іншого спектрального складу надаватиме спотворені показання, тобто характеризуватися деякою невизначеністю типу В. Оцінка невизначеностей для кожного типу спектру u_B^s може робитися з урахуванням коефіцієнта спектрального переходу і може бути записана у вигляді:

$$u_B^s = \left\{ \left[\frac{\int_{\lambda_{\min}}^{780} \varphi_A(\lambda) \times V(\lambda) \times d\lambda \times \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varphi_Z(\lambda) \times s(\lambda) \times d\lambda}{\int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varphi_A(\lambda) \times s(\lambda) \times d\lambda \times \int_{380}^{780} \varphi_Z(\lambda) \times V(\lambda) \times d\lambda} \right] - 1 \right\} \cdot 100\%$$

де $s(\lambda)$ – відносна спектральна чутливість люксметра, нормована на одиницю; $\varphi_1(\lambda)$ – відносний спектральний розподіл енергії випромінювання джерела типу А; $\varphi_2(\lambda)$ – відносний спектральний розподіл енергії випромінювання одного зі стандартних джерел; $V(\lambda)$ – відносна спектральна світлова ефективність монохроматичного випромінювання для денного зору; $\lambda_{\min}$, $\lambda_{\max}$ – межі області довжин хвиль, де $s(\lambda)$ відмінна від 0.

Необхідно серед усієї різноманітності джерел вибрати обмежений набір спектрів, який був би зручний для оцінок можливих невизначеностей вимірювань. Існує загально визнаний набір стандартних спектрів [2]. У зв'язку з широким використанням світлодіодів постає необхідність доповнити перелік стандартних спектрів світлодіодними джерелами.

В ННЦ «Інститут метрології» були проведені дослідження розповсюджених типів люксметрів і світлодіодних джерел, які підтвердили необхідність стандартизації світлодіодних джерел світла. Запропоновано дві додаткові групи стандартних джерел: перша - білі люмінофорні світлодіоди з корельованими колірними температурами 2360...8300 К; друга група може складатися з умовно монохроматичних світлодіодів із смугами випромінювання 380...470 нм і 650...760 нм. Таке доповнення допоможе користувачам визначитись з актуальним питанням – які невизначеності вимірювань можливі під час роботи з фотометром. У рамках використання для оцінок коефіцієнта спектрального переходу досить мати тільки таблиці спектрів стандартних джерел.

Для визначення параметрів спектральної чутливості люксметрів в ІЧ і УФ областях потрібна реально існуюча апаратура, оскільки величини, що використовуються, обчислюються за допомогою порівняння теоретично розрахованих сигналів люксметра з їх експериментально виміряними сигналами.

Для джерел стандартних пульсацій потрібні реальні джерела. Світлодіодні джерела можуть забезпечити різноманітні форми залежності світлових параметрів від часу. Враховуючі характерні частоти пульсацій поширених джерел випромінювання вимоги до довготривалої стабільності для джерел стандартних пульсацій не жорсткі. Оскільки часові характеристики джерел не залежать від спектральних, то можливо використання світлодіодів з будь-яким зручним спектром випромінювання. Очевидно, що співвідношення змінної і постійної складових освітленості може широко варіюватися. Тому стандартизувати необхідно тільки змінну складову. Зазвичай змінна складова випромінювання менша, ніж постійна, тому істотно зменшуються вимоги до діапазону освітленості, що створюється джерелом стандартних пульсацій.

Висновки. Для реалізації стандартних умов визначення параметрів світловимірювальних приладів запропоновано основні типи джерел світла. Користувачі можуть оцінити характерні невизначеності за типом В для широкого спектру стандартизованих умов роботи, що в кінцевому результаті призведе до більш раціонального вибору ЗВТ.

Літ. джерела:

1. CIE 198:2011 Technical Report: Determination of measurement uncertainties in photometry
2. CIE 15-2004: Technical Report: Colorimetry, 3rd edition, BS ISO/CIE 10526:1991 CIE standard colorimetric illuminants.

УДК 681.7

Александр Фомин

Харьковский Национальный Университет Радиоэлектроники, Украина.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЗ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ

В процессе разработки элементов вторичной оптики возникает необходимость проверить соответствие компьютерных моделей с реальными образцами. Для этого предлагается метод координатного сканирования линз. В результате физических измерений можно сопоставить теоретический и практический массив преломленных векторов света.

Моделирование оптики, корректировки, линза, образец.

Aleksandr Fomin

MEASUREMENT OF LENS PARAMETERS DURING MODELING AND PROTOTYPE MANUFACTURING

Mapping parameters lenses during fabrication and comparison of theoretical, computational results with practical indicators.

Lens, optic, vector, refracting.

В процессе разработки элементов вторичной оптики возникает необходимость проверить соответствие компьютерных моделей с реальными образцами. Для этого предлагается метод координатного сканирования линз. В результате физических измерений можно сопоставить теоретический и практический массив лучей света пройденных через линзу.

При этом для определенных типов линз есть возможность определить координаты и нормаль поверхности линзы в точке выхода луча из линзы. После математической обработки это дает возможность восстановить форму поверхности линзы, и/или зафиксировать наличие свилей в объеме материала. На рисунке 1 цифрой «0» обозначена нулевая точка относительной системы координат для линзы. Данная точка находится на оптической оси исследуемого объекта. Точка «А» это точка пересечения двух векторов, входного – заведомо известного и выходного – вычисляемого.

Получаемые координаты точек перехода соответствует координатам поверхности линзы. На рисунке 2 представлена координатная сетка поверхности линзы полученная математически из результатов моделирования.

Для организации сканирующего массива лучей используется двух координатная система перемещения источника лазерного излучения. В качестве источника излучения используется зеленый чип лазер с возможностью TTL управления

Для фиксации круглых линз в системе используется сведение опорных лапок по принципу диафрагмы, это дает возможность центрировать линзы в системе и при установке линз с различным диаметром оптические оси линз будут находиться в одних и тех же координатах относительно системы.

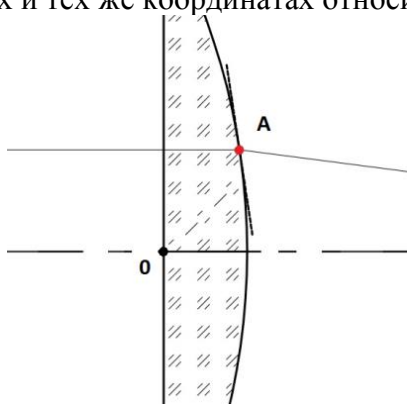


Рисунок 1 Ход луча через тело линзы.

Для подтверждения работоспособности данного метода ведется работа по разработке устройства координатного сканирования образцов, с последующей регистрации координат и направления вектора пройденного луча. Так же при наличии свилей, неоднородностей поверхности, или неравномерность поверхностной структуры происходит искажение, смещение луча лазера.

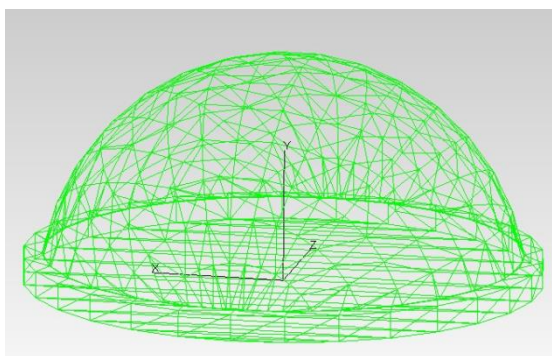


Рисунок 2 Координатная сетка линзы.

Для увеличения точности используется алгоритм определения центра оптической мощности пятна регистрируемого ПЗС матрицей.

В результате данной работы будет реализована «обратная связь» при проектировании и производстве оптических элементов как сферических так и асферических линз. Так же данное устройство может быть применено в общеобразовательных целях для студентов ВУЗов специальностей направление деятельности, которых связано с пониманием принципов формирования вторичной оптики в системах.

УДК 535.373

Д.М.Хміль¹; О.М. Камуз¹; В.М.Сорокін¹; О.Ю. Посудівський²

¹Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН, Україна

²Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН, Україна

ГІБРИДНІ ЛЮМІНОФОРИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ CRI БІЛИХ СВІТЛОДІОДІВ

Запропоновано нові люмінофори на основі перовскитів та органіки для білих світлодіодів. Продемонстровано як можна збільшити індекс кольоропередачі джерел білого світла на основі неорганічних люмінофорів типу YAG:Ce, GAG:Ce та синього світлодіода. Показано, що при використанні нових люмінофорів вдається збільшити індекс кольоропередачі до 97 при корельованій колірній температурі 3200-8000K.

Ключові слова: індекс кольоропередачі, корельовано колірна температура, світлодіод.

D. Khmil'; O. Kamuz; V. Sorokin; O. Posudievskiy

HYBRID PHOSPHORS TO INCREASE THE CRI OF WHITE LEDS

New phosphor on the basis of perovskites and organics for white LEDs is proposed. How possible to increase the color rendering index of white light sources on the basis of inorganic phosphors such as YAG: Ce, GAG: Ce and blue light sources are demonstrated. It is shown that when using new phosphors, we can increase the index of CRI up to 97 at correlated color temperature in the range 3200-8000K.

Key words: color temperature, color rendering index, LED

З кожним роком збільшується кількість світлодіодного освітлення. Це обумовлено тим, що білі світлодіоди більш ефективні, мають більший термін служби, кращу колірну стабільність, в них не використовується ртуть і вони є більш міцні в порівнянні з традиційними джерелами світла. Очікується, що через 10-15 років 50 % освітлення буде світлодіодним і споживання електрики в світі на освітлення знизиться до 10 %. Починаючи із 2005 року країни почали поетапну відмову від використання лам розжарювання. На даний час в таких країнах як Канада, ОАЕ, Бразилія, Мексика та ін повністю заборонено їх використання, а в багатьох інших впроваджено поетапну відмову.

В сучасних білих світлодіодах переважно використовуються люмінофори на основі гранатів (типу YAG:Ce, TAG:Ce, GAG:Ce). Це пов'язано із їх високою ефективністю, але в свою чергу вони мають і недоліки. Одним із них є слабка інтенсивність фотолюмінесценції на довжинах хвиль 480 – 510 нм та 600 – 780 нм. В результаті цього індекс кольоропередачі (CRI) таких джерел світла 70-80. При такому низькому CRI втрачається якість світла, і об'єкти, які освітлені такими джерелами світла, будуть виглядати більш тьманими.

Сьогодні можна виділити два основні способи збільшення індексу кольоропередачі, перший – створення нових широкосмугових люмінофорів, другий – змішування декількох люмінофорів. Другий підхід і покладено в основу роботи.

Було створено нові люмінофори на основі перовскитів та органіки. При поєднанні із неорганічними люмінофорами YAG:Ce та GAG:Ce, вдалося підвищити значення CRI до 97, при корельованій колірній температурі в діапазоні 3200-8000K. Варто зазначити, що для отриманих дослідних зразків частковий індекс R_9 , який відповідає за червоний колір, не опускався нижче 85. Збільшення значення CRI, а отже і якості випромінюваного світла, призводить до енергетичних витрат η на 5-25% в залежності від використовуваних додаткових люмінофорів та корельованої колірної температури. Оскільки світлова ефективність серійних освітлювальних пристроїв є доволі високою, порядку 160лм/Вт, дані люмінофори можуть бути цілком придатні для використання в білих світлодіодах.

УДК 535.23:628.98

Борис Шабашкевич, к.т.н.; Юрій Добровольський, д.т.н.; Василь Юр'єв
ТОВ «НВФ «Тензор», Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ КОРОТКИХ СВІТЛОВИХ ІМПУЛЬСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ФОТОМЕТРА ЕКОТЕНЗОР-03

Анотація. Розглянуто умови формування фотосигналу у фотометрі ЕКОТЕНЗОР-03, та можливі критерії бракування джерел світла при вимірюванні коефіцієнта пульсації.

Ключові слова. Фотосигнал, фотометр, фотодіод, коефіцієнт пульсації, джерело світла.

Boris Shabashkevich; Yury Dobrovolsky; Vasily Yuriev

FEATURES OF MEASUREMENT OF SHORT LIGHT PULSES WITH THE HELP OF THE PHOTOMETER EKOTENZOR-03

Abstract. The conditions of formation of a photo signal in the photometer EKOTENZOR-03 are considered, and the criteria of the lack of light sources in the measurement of the pulsation coefficient are possible.

Keywords. Photosignal, photometer, photodiode, pulsation coefficient, light source.

Вимірювання коефіцієнту пульсації різноманітних джерел світла усе ще створює проблему в Україні. Відбувається це, на нашу думку, через те, що виробники світлотехнічної продукції, як і розробники засобів вимірювальної техніки, призначених для вимірювання коефіцієнту пульсації джерел світла, не мають стандартизованих підходів до того, яким чином вимірювати цю величину. Зокрема існують різні думки щодо вимірювання неперіодичних «коротких» імпульсів світла.

Запропонований матеріал має на меті показати, яким чином здійснюється детектування світла, що створює певне джерело, за допомогою первинного перетворювача, а саме фотодіода, який входить до складу засобу вимірювальної техніки.

Отже, в Україні існує єдиний вітчизняний засіб стандартизований вимірювальної техніки для вимірювання коефіцієнту пульсації джерел світла. Це фотометр Екторензор-03 [<http://tenzor.ua>].

Первинним перетворювачем у цьому приладі є фотодіод ФД-263. Він виконаний на основі кремнію. Матеріал, з якого виконаний фотодіод, має значення не лише з точки зору його ширини забороненої зони, яка визначає «червону» довгохвильову границю чутливості. Матеріал також визначає величину так званої сталої часу фотодіода, яка визначається як час, за який генерація фотоструму фотодіодом досягає насичення. Ця величина

визначається за рівнем 0,63 згідно ГОСТ 17772. Тобто коли фотосигнал досягне 63 % від максимального сигналу.

На рисунку 1 наведено схематичне зображення залежності напруги фотосигналу від часу, а також тривалість імпульсу світла та час зростання фотодіоду.

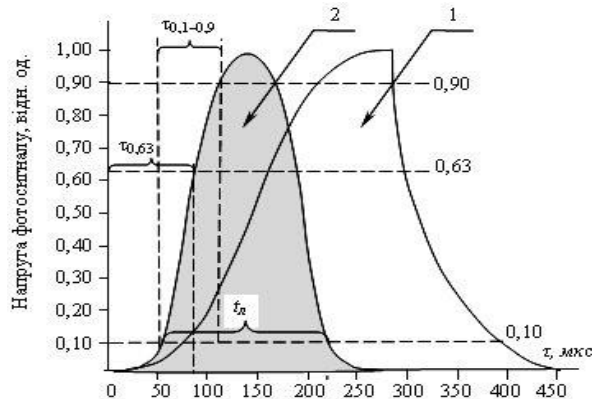


Рис. 1. Залежність напруги фотосигналу від часу.
1 – час зростання фотодіоду за рівнем 0,1–0,9 ($\tau_{0,1-0,9}$) та його стала часу за рівнем 0,63 ($\tau_{0,63}$).
2 – тривалість світлового імпульсу t_d .

Постійна часу для ФД-263 складає близько 0,1мс при зміщенні на фотодіоді 12 В. В нашому випадку фотодіод працює не у фотодіодному режимі, а у фотогальванічному - у режимі генерації струму. Тобто без зміщення, яке прискорює неосновні носії заряду, що переносять фотострум. При цьому стала часу стає ще більшою і досягає за нашими вимірами значення не менше 0,5 мс.

Постійна часу (τ) визначається з умови $2\pi f_{гр}\tau = 1$. Або, час зростання фотодіоду обернено-пропорційний до його граничної частоти ($f_{гр}$) як: $\tau = 1/2\pi f_{гр}$. Гранична частота, у свою чергу, визначає мінімальну частоту оптичного сигналу, яку може зафіксувати фотодіод.

Отже, при часі зростання фотодіоду 0,5 мс, його гранична частота складає приблизно 300 Гц. Це означає, що оптичні сигнали з частотою більше 300 Гц такий фотодіод фіксувати не буде. З другого боку, санітарні вимоги встановлюють граничну частоту оптичного сигналу, який сприймає людський мозок, як 300 Гц. Таким чином, оптичні сигнали з частотою більшою за 300 Гц фотометром Екотензор-03 не вимірюються. Це означає, що наявність таких сигналів не є підставою для бракування джерела світла.

Згідно методик вимірювання коефіцієнта пульсації, ця дія виконується не один раз в одному місці, декілька разів у декількох точках в приміщенні. От же, в разі наявності поодиноких імпульсів світла, які суттєво вибиваються із загального фону, вони будуть зафіксовані, відповідно, як поодинокі і не будуть враховані при оцінці якості освітлення. Як що ж вони будуть траплятись декілька разів за час вимірювань, таке джерело світла варто бракувати.

**СЕКЦІЯ Б – ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ.
НОРМАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ
ТЕХНОЛОГІЇ. КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ**

УДК 621.321

Ярослав Балянт; Мирослав Зінь, доц.; Володимир Гетманюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

**ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ
ВИКОРИСТАННЯ РІДКОГО БІОПАЛИВА З БІОСИРОВИНИ
РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ В УКРАЇНІ**

Проведено оцінку ефективності виробництва та застосування рідкого моторного біопалива з біосировини рослинного походження в Україні.

Ключові слова: біомаса, біодизпаливо, енергетична ефективність, рідке моторне паливо.

Yaroslav Balian, Myroslav Zin, Volodymyr Getmanyuk

**FEATURES OF PRODUCTION AND ENERGY EFFICIENCY OF LIQUID
BIOFUEL USE FROM THE BIOLOGICAL RAW MATERIALS OF PLANT
ORIGIN IN UKRAINE**

An estimation of efficiency of production and application of liquid motor biofuel from the biological raw materials of plant origin in Ukraine is carried out.

Keywords: biomass, biodiesel, energy efficiency, liquid motor fuel.

Потреби автотранспорту України становлять у рік до 12 млн т бен-зину і до 15 млн т дизельного палива. Автомобільний транспорт займає провідне місце у здійсненні перевезень продукції та вантажів. Прогноз розвитку автопарку України свідчить про тенденцію до стійкого зростання чисельності автомобілів та споживання палива. Отже, в галузі виробництва і споживання автомобільного палива проблема ресурсозбереження та пошуку альтернативних джерел сировини буде визначальною.

За прогнозами спеціалістів, найближчим часом передбачено покриття до 10% світових потреб у дизельному пальному за рахунок рос-линного рідкого палива. Дослідження показали, що рідкі види біопалива стають перспективним видом енергетичних ресурсів, які за своїм значенням у світовій енергетиці посідають друге місце після твердих біопалив. Рідке біопаливо виробляють в єдиному технологічному процесі з насіння енергомістких культур або в два етапи переробки: насіння – в олію, і олію – в біопаливо(табл.). Технологія випуску дизельного палива з ріпакової олії побудована на фізичній і хімічній переробці відфіль-трованої олії до форми метилового ефіру. Під впливом каталізатора олія переетерифіковується

метанолом у метиловий ефір зі звільненням гліцерину. Вихідні компоненти практично не змішуються, тому після закінчення реакції відбувається гравітаційний розподіл суміші на два шари.

Таблиця 1

Види рідкого біопалива та його використання

№ з/п	Складова палива	Енергетичні сільськогосподарські та лісгосподарські культури	Процес конверсії сировини	Спосіб використання
1	Рослинна олія	Ріпак, соняшник, соя, інші олійні		Складова пічного палива
2	Біоолива	Тополя, верба, міскант	Піроліз	Присадка до моторної оливи чи бензину
3	Біодизельне паливо	Ріпак, соняшник, соя, інші олійні	Етерифікація	Замінник або складова дизельного палива
4	Біоетанол	Зернові, картопля, топінамбур	Гідроліз та ферментація	Складова бензину
		Цукрові буряки, тростина, сорго	Ферментація	
		Тополя, верба, солома, трави	Попередня обробка, гідроліз та ферментація	
5	Біометанол	Тополя, верба, міскант, румекс	Газифікація та синтез метанолу	Складова бензину

Найбільш поширеними і використовуваними в світовому масштабі є біоетанол та біодизельне паливо. 1. Біодизельне паливо (РМЕ – ріпаково-метиловий ефір) – це вид біологічного палива, який одержують з жирів рослинного і тваринного походження і яким замінюють нафтове дизельне пальне.

Дослідження дають змогу стверджувати, що основними чинниками збільшення виробництва рідких видів біопалива є:

1. Ціновий – в останнє десятиріччя відбулося значне зростання світових цін на нафту і нафтопродукти.

2. Екологічний – рідке біопаливо, навіть у разі використання його як добавки до звичайного бензину і дизельного палива, має очевидні екологічні переваги порівняно з традиційними видами палива. Додавання біоетанолу до бензину забезпечує необхідне октанове число паливної суміші і дає змогу відмовитися від токсичних присадок, таких як тетраетилсвинець, ароматичні вуглеводні, метанол. Отже, потенціал України в плані виробництва

біоенергоносіїв досить великий. По-перше, враховуючи зростання цін на нафту та інші енергоносії і низький рівень життя населення в країні, попит на альтернативне й більш дешеве паливо серед населення буде досить високим. По-друге, враховуючи велику кількість «порожніх» орних земель, які цілком підійшли б для вирощування енергокультур, Україна володіє настільки дефіцитним у всьому іншому світі ресурсом – землею. Таким чином, є всі передумови для створення національного біоенергетичного комплексу. Привабливі екологічні характеристики рідкого біопалива є основою для державної підтримки його виробництва і використання навіть в умовах низьких цін на нафтопродукти і біологічну сировину. Така підтримка необхідна, поки не буде забезпечено оптимальне співвідношення між витратами на вирощування і переробку вихідної біомаси і енергетичним складом цільової продукції. Важливе значення має і та обставина, що в багатьох випадках не вирішене питання щодо комерційної реалізації побічних продуктів переробки сільськогосподарської сировини (барди, шроту, гліцерину тощо), яка могла б суттєво підвищити економічність виробництва біопалива.

Питання важливості виробництва та споживання біологічних видів палива пов'язані з обмеженістю світових запасів викопних енергетичних ресурсів, а також забрудненням навколишнього середовища внаслідок їх використання. Дослідження показали, що основними факторами, які спонукають світову спільноту до виробництва біологічного палива, є ціновий та екологічний. Найважливішою і найціннішою особливістю біопалива є його відновлюваний характер, що створює можливості для аграрного сектора виступати їх виробником та споживачем.

Література

1. Гавриш В. І. Альтернативні паливно-енергетичні ресурси в агробізнесі / В. І. Гавриш // Економіка АПК. – № 7. – 2007. – С. 55–61.
2. Гуков Я. С. Використання поновлюваних джерел енергії в сільському господарстві [Електронний ресурс] / Я. С. Гуков // II Міжнародний форум по вопросам ведения рентабельного высокоэффективного сельскохозяйственного производства. ИнтерАгро 2006 : науч.-практ. конф. – Режим доступа: <File:///H:/f/Научно-практическая конференция Разделы.htm>.
3. Давий В. Все – в поле / В. Давий // Альтернативное топливо. – 2010. – Апр. (№ 4). – С. 26–30.
4. Дубровін В. О. Перспективи розвитку технологій енергетики в Україні / В. О. Дубровін, М. Д. Мельничук, В. Г. Мироненко // Біопаливо та відновлювані джерела енергії, проблеми і перспективи розвитку : матеріали наук.-практ. конф. – Вінниця : ВДАУ, 2006. – 103 с.

УДК 691.12:69.01

Віталій Беловінцев

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ

Розглянуто вплив на енергоефективність будівель теплоізоляційних матеріалів, подано основні вимоги до теплоізоляційних матеріалів.

Ключові слова: енергоефективність, будівництво, теплоізоляційні матеріали.

Vitalii Belovintsev

ENERGY EFFICIENCY OF LOW-RISE BUILDINGS

The influence of thermal insulation materials on the energy efficiency of buildings is considered, the basic requirements for heat-insulating materials are presented.

Keywords: energy efficiency, construction, thermal insulation materials.

В Україні прийнято цілий ряд документів, що визначають основні напрямки енергетичної політики нашої держави, зокрема: Закон України "Про енергозбереження", "Енергетична стратегія України на період до 2030 року", Закон України "Про термомодернізацію будинків", Закон України "Про стимулювання заміщення природного газу місцевими джерелами палива та енергії в системах теплопостачання міст та будівель" та ін.

З 1 січня 2009 року було введено регламентовану класифікацію будівель за енергетичною ефективністю, а із 1 травня 2017 року набули чинності нові норми для будівель і споруд ДБН В.2.6-31:2016 "Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель", завдяки яким вимоги до теплоізоляції нових будинків та будівель, які підлягають реконструкції, були значно підвищені.

Енергоефективна будівля – це будівля з високими теплоізоляційними характеристиками огорожувальних конструкцій, які мінімізують тепловтрати будинку, дозволяючи економити до 50 % енергії на опалення.

Найбільше поширення для зовнішніх огорожувальних конструкцій у сучасній будівельній практиці отримали багатошарові конструкції. Вони являють собою комбінацію несучої стіни та шару ефективного утеплювача, закритого з зовнішнього боку декоративною обшивкою, яка захищає цей шар від зволоження та інших природних факторів. Внутрішні порожнини каркасних стін заповнюють утеплювачами, від властивостей яких багато в чому залежать експлуатаційні характеристики огорожувальних конструкцій.

У багатошарових огорожувальних конструкціях застосовують ефективні теплоізоляційні матеріали. Сучасна будівельна індустрія постачає на ринок

багато теплоізоляційних матеріалів, застосування яких обумовлено тими чи іншими умовами [1]. Для екологічного будівництва, як уже зазначалось, характерно застосування в якості утеплювача місцевого матеріалу органічного походження – соломи, очерету, коноплі. Результати досліджень енергоефективності будівель при використанні даних матеріалів в якості ізоляційних при малоповерховому будівництві відсутні.

Фізико-технічні характеристики теплоізоляційних матеріалів мають визначальний вплив на теплотехнічну ефективність і експлуатаційну надійність огорожувальних конструкцій, трудомісткість монтажу, можливість ремонту в процесі експлуатації. Крім того, теплоізоляційні матеріали повинні відповідати вимогам пожежної безпеки, мати гігієнічні сертифікати, не виділяти токсичні речовини в процесі експлуатації і при горінні.

У конструкції утеплювача будівлі на довговічність і стабільність теплофізичних та фізико-механічних властивостей теплоізоляційних матеріалів впливають такі чинники як: знакозмінний температурно-вологісний режим теплоізоляційних конструкцій; можливість капілярного і дифузійного зволоження теплоізоляційних матеріалів в конструкції; вплив вітрових навантажень; механічні навантаження від власної ваги в конструкції стін і навантаження при переміщенні людей в конструкціях дахів і перекриттів.

З урахуванням зазначених факторів теплоізоляційні матеріали повинні відповідати таким основним вимогам: забезпечувати необхідний опір теплопередачі при мінімальній товщині конструкції, що досягається застосуванням матеріалів з коефіцієнтом теплопровідності – 0,04-0,06 Вт/м·К; паропроникність матеріалу повинна мати значення, що виключає можливість накопичення вологи в процесі експлуатації конструкції; щільність теплоізоляційних матеріалів обмежується допустимими навантаженнями на несучі конструкції будівлі і не повинна перевищувати значень 200-250 кг/м³; межа міцності при 10 %-ній деформації в конструкціях утеплювача дахів і перекриттів – не менше 20 кПа; морозостійкість; гідрофобність і водостійкість; біостійкість і відсутність токсичних виділень при експлуатації.

Даних щодо досліджень теплотехнічних властивостей таких місцевих матеріалів, як солома злакових культур, різка очерету, костриця коноплі, традиційний та легкий саман не має.

Література

1. Савицкий Н.В., Никифорова Т.Д. Методы оценки экономической эффективности энергосберегающих технологий / Будівельні конструкції / Всеукр. науково-практ. конференція “Реконструкція будівель та споруд. Досвід та проблеми”. Збірник наукових праць: Київ, 2001. – С. 591 –596

УДК 621.311.26.031, 663.18

Бешта О.С., д.т.н., професор, член-кор. НАНУ України; Бурега Н.В., асистент;
Рутило М.І., к.т.н. доцент; Пальчик А.І. к.т.н.; Добровольський Ю.А.,
аспірант

Тернопільський національний педагогічний університет ім. В. Гнатюка, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОТОБІОРЕАКТОРА В ПРОЦЕСІ ГЕНЕРАЦІЇ НОВОЇ БІОМАСИ

Анотація. Досліджено режими роботи системи регенерації хімічної енергії діоксиду вуглецю відповідно до запропонованої методики та встановлено раціональні параметри функціонування фотобіореактора під час генерації нової біомаси.

Ключові слова: освітлення, нова біомаса, фотобіореактор, режим роботи, спектральний склад

Beshta O.S.; Burega N.V.; Rutylo M.I.; Palchik A.I.; Dobrovolsky Y.A.

RESEARCH OF ENERGY CHARACTERISTICS OF PHOTOBIOREACTOR IN THE PROCESS OF GENERATION OF NEW BIOMASS

Summary. The regimes of the system of chemical energy regeneration of carbon dioxide are investigated in accordance with the proposed methodology and the rational parameters of the functioning of the photobioreactor during the generation of the new biomass are established.

Key words: lighting, new biomass, photobioreactor, operating mode, spectral composition

В основі розробленої системи регенерації хімічної енергії діоксиду вуглецю із використанням мікроводоростей лежить процес фотосинтезу, що обумовив необхідність проведення досліджень впливу інтенсивності освітлення та режимів перемішування середовища на показники приросту нової біомаси.

Експериментальні дослідження системи регенерації енергії викидів проводилися на базі розробленого фотобіореактора із робочим об'ємом 50 л в експоненційній зоні росту мікроводоростей *Chlorella vulgaris* Beij. У середовищі Фітцджеральда з модифікацією Цендера і Горхема №11 протягом 17 діб.

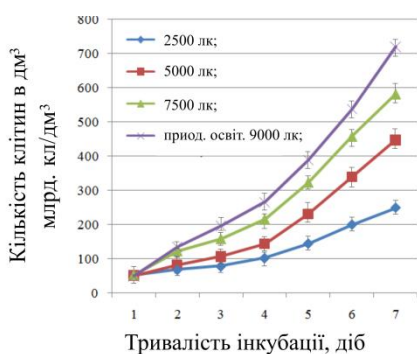
Система представлена у вигляді плоского вертикального фотореактора з можливістю використання штучного освітлення в автоматичному режимі із середньою інтенсивністю 2500 лк на базі LED джерел світла, встановлених на бокових стінках конструкції (дві стрічки із білим світлом – колірна температура 5500 К, по одній – червоного (640 ÷ 700 нм) та синього (450 ÷ 480 нм) кольорів), протягом 16 годин на добу.

Серія експериментальних досліджень дала змогу встановити приріст біомаси (за температури середовища 21–27 °С) в залежності від інтенсивності

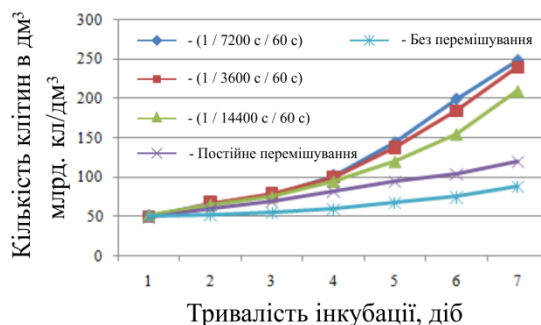
освітлення під впливом сонячного випромінювання (рівень освітленості 9000 лк) та при штучному освітленні із величинами 2500, 5000 та 7500 лк протягом 17 діб (рис. 1а). Проаналізовані результати дали змогу встановити, що використання природного освітлення є ефективнішим на 25% з енергетичної та біологічної точки зору, оскільки приріст кількості клітин збільшився в 2,9 рази.

З метою визначення енергетичних витрат і вибору у зв'язку з цим раціонального режиму перемішування та рівня освітленості нами проведено експериментальні дослідження в експоненційній фазі росту мікрокультури протягом 17 діб. Досліджено режими перемішування з часовими експозиціями: 60/3600 с; 60/7200 с; 60/14400 с; постійним перемішуванням та без перемішування із штучним освітленням середовища 2500 лк протягом 16 годин на добу. Це дозволило встановити необхідні енергетичні параметри системи перемішування на рівні 0,028 Вт·год/л та системи освітлення – 1,06 Вт·год/л для забезпечення максимального приросту біомаси протягом доби (рис. 1б).

Розроблено системукерування для забезпечення рівня рНу визначеному діапазоні 6–6,5 рН, та підтримання необхідної температури в межах 22 – 25 °С із встановленим середнім питомим добовим енергоспоживанням 16,2 Вт·год/л.



а)



б)

Рис.1. Динаміка приросту кількості клітин: а) показниках інтенсивності освітлення; б) режими перемішування

Теоретично обґрунтовано спектральний склад джерела світла та експериментально отримано показники середньодобового приросту сухої нової біомаси мікродоростей на рівні 3,46 г/л, а також визначено показники максимального приросту клітин (248,4– 720,36·млрд/дм³) в залежності від інтенсивності світлового потоку (для величин освітлення 2500 – 9000 лк).

УДК 621.327

Олександр Вакуленко, Петро Євтух, проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ЕЛЕКТРИЧНІ ВТРАТИ В ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

Досліджені електричні втрати й додатковий нагрів електричних апаратів в мережах з газорозрядними освітлювальними приладами.

Ключові слова: газорозрядні світильники, гармонічні складові струму, електричні втрати, старіння ізоляції.

Oleksandr Vakulenko; Petro Yevtukh

ELECTRICAL LOSSES IN THE LIGHTING NETWORKS

Electrical losses and additional heating of the electric devices in networks with gas-discharge lighting devices were researched.

Keywords: gas-discharge devices, harmonic components of current, electrical losses, insulation aging.

Сучасний етап розвитку науково-технічного прогресу характеризується інтенсивним впровадженням енергозберігаючого обладнання, в тому числі й в галузь освітлення різноманітних об'єктів, де споживається до 20% електроенергії. Тому проблема впливу робочих характеристик освітлювальних приладів на всю інфраструктуру електромереж є досить актуальною.

Відомо, що пуско-регулювальна апаратура (ПРА) як звичайних, так і компактних люмінесцентних ламп, а також світлодіодних елементів, працюючи в робочому режимі з нелінійною вольт-амперною характеристикою, генерує в електричну мережу гармоніки різних порядків та величин. Проведеними дослідженнями близько 20 таких типів освітлювальних приладів (ОП) встановлено, що майже 90% продукції, представленої на ринку України, не відповідає вимогам стандартів ДСТУ ІЕС 61000-3-2:2004 та EN 61000-3-2:2006. Причому, для 64 % досліджуваних приладів амплітудні значення усіх гармонійних складових перевищують нормативні [1].

Авторами цієї доповіді при проведенні подібних досліджень також були зафіксовані виявлені в [1] спотворення форми струму живлення ОП як подано на рис. 1 а). Набагато більш енергозатратним для електромережі й шкідливим для інших її компонентів є режим люмінесцентних ламп з недостатньою емісією люмінофору, внаслідок чого ОП переходить в режим аперіодичного вимкнення-увімкнення. При цьому в електромережу хаотично генеруються гармоніки різних порядків й виникає небезпечний для ОП т.з.

«діодний» ефект (див. рис. 1 б) і в)).

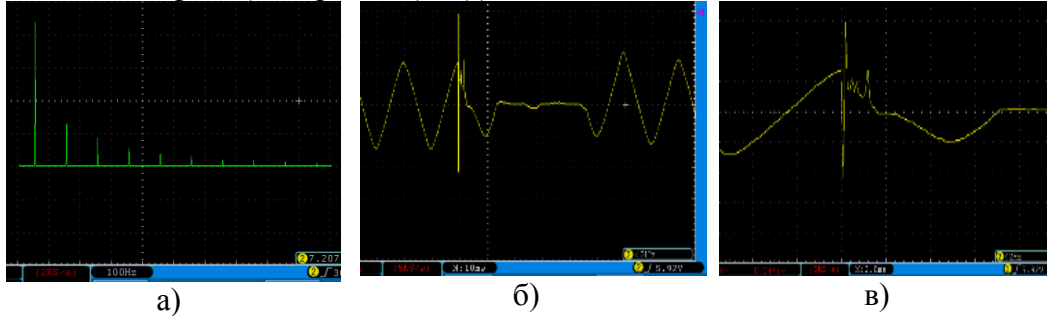


Рис. 1 - Осцилограми спотворення форми струму живлення ОП

Завдання обмеження і компенсації вищих гармонік в електричних мережах ОП має як технічний, так і економічний аспекти. Оцінювання прямих втрат електроенергії та потужності електроустановок внаслідок роботи ОП залежить від їх частки потужності відносно потужності інших навантажень.

На експериментальній установці досліджувалась модель системи електропостачання (СЕ) з ОП у відношенні потужностей $\square$ 1:10 та визначались: ΔP , % - додаткові втрати активної й ΔQ , % - реактивної потужності, а також ΔW_a , % - додаткові витрати активної енергії й ΔW_p , % - реактивної енергії за 1 год. для потреб моделі СЕ при наявності згенерованих вищих гармонік $U_{ген}$, % як подано на рис. 2.

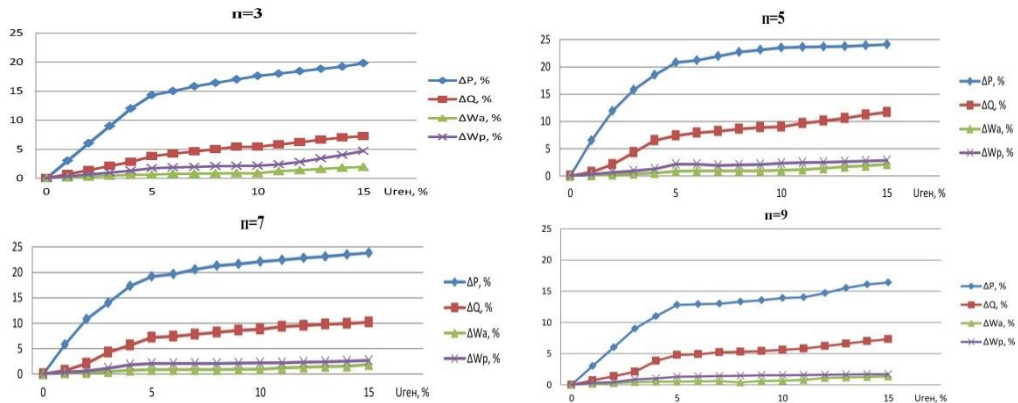


Рис. 2 - Енергетичні затрати у моделі СЕ з вищими гармоніками

Значно більші енергетичні затрати у СЕ з ОП типу люмінесцентна лампа з електромагнітним ПРА в режимі вимкнень-увімкнень. Крім цього, такий ОП активно генерує в електромережу реактивну енергію.

Література

1. Костик Л. Електромагнітна сумісність енергоощадних джерел світла / Л. Костик, Я. Осадца, М. Липовецький // Вісник ТНТУ.- Тернопіль : ТНТУ, 2015. - Том 78. - № 2. - С. 184–191.

УДК 621.224-225.12; 621.311.2.21

Мирослав Зін¹, канд.техн.наук; Юрій Підгайний²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне), Україна

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

В тезах доповіді відображено незалежне бачення енергетичних, екологічних, економічних та інших наслідків можливої реалізації проекту ПАТ «Укргідроенерго» щодо спорудження 6 великих ГЕС загальної потужності 386 МВт у верхній течії річки Дністер (Україна)

Ключові слова: ГЕС, Дністер, екологія, виробництво електроенергії

Myroslav Zin, Yurii Pidhainyi

ENERGY POTENTIAL AND ENVIRONMENTAL PROBLEMS FOR THE FUTURE DEVELOPMENT OF HYDROENERGY IN UKRAINE

The theses of the report reflect the independent forecast of energy, ecological, economic and other consequences of the possible implementation of the PJSC "Ukrhydroenergo" project on the construction of 6 large HPS with a total capacity of 386 MW in the upper reaches of the Dniester River (Ukraine)

Key words: HPS, Dniester, ecology, power generation

Публічне акціонерне товариство «Укргідроенерго» в 2016-2017 рр. ініціює спорудження у верхній течії р. Дністер шести великих ГЕС загальною потужністю 386 МВт=386000 кВт. З них п'ять станцій – руслові, 60 МВт потужності кожна, й одна – дериваційна потужності 86 МВт. Середній перепад рівнів води на греблях ГЕС – 8 метрів, внаслідок чого у верхньому б'єфі кожної станції може бути утворене водосховище протяжністю декілька десятків кілометрів. Зрештою, вся верхня течія р. Дністер може бути перетворена на каскад ставків, які, без сумніву, затоплять досить значні прибережні території сільськогосподарських та інших угідь.

В Україні, для якої основне генерування енергії зосереджене на негнучких (з огляду можливості добового регулювання генерованої потужності) АЕС і ТЕС, великі ГЕС виступають в якості маневрових. Вони включаються в роботу переважно в «пікові» проміжки часу доби, тобто на декілька годин зранку і на декілька годин увечері, коли електроспоживання є найбільшим. В решту часу доби вони нагромаджують воду у своїх водосховищах. З огляду на те, що частка ГЕС в електробалансі країни не

перевищує 10%, Україна відчуває гостру нестачу маневрових генерувальних потужностей. Відтак триває активне спорудження нових таких потужностей на діючих (Ташлицькій, Новодністровській) і ще не діючій Канівській гідроакмулюючих станціях (ГАЕС) країни. ГАЕС – це добре, але не найкраще. Електростанції цього типу є менш ефективними у порівнянні з ГЕС (вони *не генерують*, а *лише акумулюють* ту енергію, яка вироблена на АЕС і ТЕС, з коефіцієнтом корисної дії акумулювання приблизно 50 % (для прикладу, звичайні ГЕС характеризуються ККД $\approx$ 80÷90 %)). Зазначимо, що в Україні також успішно працює перша діюча ГАЕС – Київська.

Окрім високого рівня маневровості, великі ГЕС мають іще одну велику перевагу над АЕС і ТЕС – вони не забруднюють довкілля викидами CO₂, сірки, ртуті й інших металів (у тому числі радіоактивних). На сьогодні це є надзвичайно актуально, позаяк сприяє вирішенню однієї з найгостріших *глобальних проблем* – антропогенного впливу на катастрофічні й незворотні зміни клімату, атмосфери, гідросфери та тропосфери.

Можливі нові великі ГЕС на Дністрі додали б конче необхідні кіловат-години в енергетичний кошик нашої енергодефіцитної країни. Ми імпортуємо всі види палива для наших АЕС і ТЕС: уранові збірки – 100 %, кам'яне вугілля – 20-40 %, природний газ – 100 %. 386 МВт маневрової потужності великих ГЕС забезпечили б на 100 % потреби в електроенергії такої області, як Тернопільська, з населенням приблизно 1 млн. чоловік. Тут варто згадати історію: в кінці 50-х років минулого століття було розроблено програму розвитку гідроенергетики Тернопільської області, яка передбачала 100 % забезпечення електроенергією нашої області від ГЕС. Основу цієї програми складали ГЕС на р. Дністер. Програма почала виконуватися, але не була завершена: внаслідок введення в експлуатацію перших черг потужної Бурштинської ТЕС (1964 р.) потреба в ній з економічних міркувань відпала (повний склад Бурштинської ТЕС – 12 енергоблоків потужності 200 МВт кожний). На р. Дністер, яка є південною межею Тернопільської області, жодної ГЕС так і не було споруджено. Вдалося лише звести декілька малих ГЕС на його притоках. Зокрема, найбільшу ГЕС Тернопільщини – Касперівську, потужності 7,5 МВт, на р. Серет, у 1963 році.

На сьогоднішній день енергетичні потреби м. Тернополя та області забезпечує трансформаторна підстанція потужності 500 МВА, 330/110 тис. вольт, яка знаходиться в смт. Велика Березовиця (Тернопільський район). Наразі ця підстанція відпускає споживачам *повну* електричну потужність в середньому 100 МВА (працює лише один з двох наявних основних автотрансформаторів номінальної потужності 250 МВА).

Річне виробництво електроенергії можливими новими ГЕС на р. Дністер становило б

$$386000 \cdot 8760 \cdot 0,3 = 1014408000 \text{ кВт} \cdot \text{год} \approx 1 \text{ млрд кВт} \cdot \text{год}$$

(у цьому виразі множник 0,3 – середньорічний коефіцієнт використання встановленої потужності ГЕС, 8760 год – кількість годин в одному році).

Такої кількості електроенергії вистачило б для забезпечення потреб приблизно 340 тисяч приватних домогосподарств з середньостатистичним річним електроспоживанням в обсязі ≈ 3000 кВт·год.

Отже, з огляду енергетиків, а, особливо, гідроенергетиків, нові ГЕС на верхньому Дністрі є актуальними і конче потрібними. Але тут потрібно прислухатися також до думок фахівців з інших галузей знань, які мають до цього відношення.

Всі 6 великих ГЕС планують споруджувати на територіях чотирьох національних природних парків: Галицького (Івано-Франківська область), Дністровського каньйону (Тернопільщина), Хотинського (Буковина) і Подільські Товтри (Хмельниччина). Згідно з законодавством України будь яка промислова діяльність на території національних природних парків є забороненою. Крапка. Отже, все, що пов'язане зі спробами приступити до спорудження цих 6 ГЕС на верхньому Дністрі – поза законом.

Друге – екологія. У верхньому Дністрі та прилеглих до нього територіях водяться багато рідкісних червонокнижних видів риб, тварин, інших живих організмів, рослин, які охороняються законом. Внаслідок спорудження ГЕС **всі вони будуть знищені**. Такого варварства допустити не можна. Ці ГЕС навіть в думках, навіть на папері, не кажучи вже про реальні об'єкти, є злочином не тільки проти держави та суспільства, але й проти прийдешніх поколінь. Нам цього не пробачать. Ми не живемо в епоху перших п'ятирічок, коли ГЕС в плані електрозабезпечення були чи не єдиним можливим рішенням для тодішньої промисловості. Ми є спостерігачами й учасниками епохальних революційних змін в світовій енергетиці. Ще декілька десятків років тому це було на рівні фантастики, але зараз основою енергетики стають сонячні й вітряні електростанції. В Україні також ще можна споруджувати малі ГЕС (потужності до 10 МВт), але з дотриманням всіх чинних природоохоронних й інших вимог. Епоха згубних для живої та неживої природи ТЕС і АЕС повільно, але правильно йде в забуття.

Третє – історичні та геологічні пам'ятки. Четверте – туризм. П'яте – сільське господарство, приватні домогосподарства. Все це постраждає. Більшість втрат будуть непоправними та незрівнянно більшими у порівнянні з зиском, який би приносили спроектовані ГЕС.

Що спорудити замість 6 ГЕС у верхньому Дністрі? Вітропарк потужності 200 МВт, сонячну електростанцію потужності 200 МВт і енергоблок ГАЕС потужності 400 МВт. З огляду на обсяги та графіки енергогенерації результат буде аналогічний.

Висновок: ми проти ГЕС у верхньому Дністрі. Ми – за природу, її розмаїття.

УДК 620.9:621.31(477)

Тетяна Козирська

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ ТА ФАКТОРІВ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Розглядаються економічні аспекти та фактори розвитку для двох напрямів формування засобів сонячної енергетики в Україні — за потужністю до 30 кВт і більше 30 кВт. Встановлюється взаємозв'язок розвитку двох напрямів сонячної енергетики з різноманітними факторами.

Фотоелектрична енергетика, фактори розвитку, економічні аспекти.

Tetiana Kozyrskya

ANALYSIS OF ECONOMIC ASPECTS AND FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF SOLAR PHOTOELECTRIC POWER ENGINEERING IN UKRAINE

The economic aspects and factors of development for two directions of the formation of solar energy facilities in Ukraine are considered - for power up to 30 kW and more than 30 kW. The relationship between the development of two directions of solar energy with various factors is established.

Photoelectric power engineering, developmental factors, economic aspects.

Енергоефективність і використання відновлюваних джерел енергії стало актуальною потребою часу, оскільки сприяє розв'язанню не тільки проблеми енергопостачання, а й багатьох екологічних, економічних і соціальних проблем. З різних видів ВДЕ найпоширенішою та доступною для України є вітрова та сонячна енергетика. Проектом оновленої Енергетичної Стратегії на період до 2030 р., оприлюдненій Кабінетом Міністрів України у червні 2012 р., планується довести (за базовим сценарієм розвитку) частку відновлюваної енергетики до 10 % встановленої потужності – у 2030 р. і до 5 % – у 2020 р.

У результаті проведеного аналізу запропоновано розглядати наступні фактори, що впливають на розвиток сонячної фотоелектричної енергетики (СФЕЕ):

СФЕЕ з потужністю до 30 кВт — державне тарифне регулювання (X_1), державне не тарифне регулювання (X_2), зниження вартості технологій (X_4), зростання ефективності елементів СФЕЕ (X_5), рівень надійності і пропускної здатності електричних мереж (X_6), соціальний фактор (X_7), кліматичний фактор (X_9);

СФЕЕ з потужністю вище 30 кВт — державне тарифне регулювання (X_1), державне не тарифне регулювання (X_2), державне регулювання - лібералізація будівництва (X_3), зниження вартості технологій (X_4), зростання ефективності елементів СФЕЕ (X_5), логістика (X_8), кліматичний фактор (X_9), екологічний фактор (X_{10}).

Аналітичний взаємозв'язок функції розвитку СФЕС і факторів:

$$Y_{p>30\text{кВт}} = K_1 \cdot X_1 + K_2 \cdot X_2 + K_3 \cdot X_3 + K_4 \cdot X_4 + K_5 \cdot X_5 + K_6 \cdot X_8 + K_7 \cdot X_9 + K_8 \cdot X_{10}.$$

$$Y_{p<30\text{кВт}} = K_9 \cdot X_1 + K_{10} \cdot X_2 + K_{11} \cdot X_4 + K_{12} \cdot X_5 + K_{13} \cdot X_6 + K_{14} \cdot X_7 + K_{15} \cdot X_{10}.$$

Визначення вагових коефіцієнтів запропоновано здійснити методом експертних оцінок. Отримані результати будуть покладені в основу розробки економічних механізмів розвитку сонячної фотоелектричної енергетики України.

УДК 621.3.079

Володимир Козирський, д.т.н., професор; Вікторія Момотюк

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна

ЕНЕРГООЩАДНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ХЛІБОКОМБІНАТУ

Розроблено структурну схему енергоощадної системи керування із використанням технологій штучного інтелекту. Обґрунтовано доцільність використання нейронних мереж при побудові системи керування на хлібному виробництві та сформовано алгоритм і структуру системи керування процесом випічки хліба.

Енергоощадність, електротехнічний комплекс, нейронні мережі, система керування

Volodymyr Kozyrskiy; Victoria Momotyuk;

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM OF ELECTROTECHNOLOGICAL COMPLEX BY THE PRODUCTION OF BREAD

The structural scheme of the energy-saving control system using artificial intelligence technologies is developed. The expediency of using neural networks in the construction of a management system in bread production is substantiated and the algorithm and structure of the bread cereal baking process control system are formed.

Energy saving, electrical engineering, neural networks, control system

Ключовою передумовою для енергоефективного управління електротехнологічним комплексом виробництва хліба є наступна техніко-економічна залежність: якщо енергетичні витрати хлібокомбінату складають 2,5% від сукупних витрат, а його прибуток дорівнює 5% від обороту, то зниження енергетичних витрат на 10% еквівалентно зростанню прибутку на 5%.

Мета досліджень – обґрунтувати, створити та апробувати у виробничих умовах енергоощадну систему керування електротехнологічним комплексом хлібокомбінату.

Матеріали і методика досліджень. Для розробки та аналізу математичної моделі розподілу енергетичних ресурсів хлібокомбінату використано експериментальні дані та перелік основного електротехнологічного обладнання отримано на хлібокомбінаті ТзОВ ”Нові перспективи” с. Варковичі, Дубенського р-ну, Рівненської обл. Інформацію отримано в результаті проведення пасивного експерименту, який проходив протягом 90 діб.

Результати досліджень та їх візуальний вигляд показали, що вимірювані асортиментні та енергетичні параметри змінюються нелінійно, а процеси проходять нестационарно, що значно ускладнює подальші дослідження впливу асортиментного завдання на енергетичні потоки при виробництві хлібопродуктів.

Результати кореляційного аналізу показали неможливість встановлення ступеня лінійного взаємозв'язку між даними важливими показниками виробничих процесів – коефіцієнти кореляції менше 0,3. Отже, встановлено нелінійність та нестационарність процесів, фактичну неможливість формалізувати взаємозв'язки між виробничими параметрами із використанням класичних підходів (лінійного кореляційного аналізу), зокрема між асортиментним завданням та енергоефективністю виробництва.

Тому для синтезу енергоефективних систем управління електротехнологічним комплексом виробництва хлібобулочних виробів, із врахуванням встановленої нелінійності взаємозв'язків між виробничо-економічними параметрами та їх нестаціонарною зміною у часі, доцільно використати теорію нейронних мереж, яка забезпечує ефективність роботи саме при аналізі та оцінці таких процесів: стохастичних, нелінійних, із розмитою інформаційною складовою.

Головна мета системи управління, виходячи із концептуальної структурної схеми та зонної вартості електроенергії, – максимально сконцентрувати використання технологічного обладнання у часові добові «вікна» із мінімальною вартістю електроенергії, відповідно – мінімізувати час роботи електротехнічних агрегатів часи максимальної вартості. Тобто електротехнологічний комплекс повинен працювати в зоні 0,25 тарифу, в години нічного мінімального навантаження енергосистеми (з 23-ї години до 7-ї години); для чого ітераційно застосовано мережу Петрі.

Аналізуючи найефективніший час використання обладнання (тобто набір навчальних даних отриманих на основі мережі Петрі та експериментальних досліджень, при одному із типових асортиментних завдань), можна констатувати, що вартість використаної електроенергії зменшилась на 7,3% (порівняно із лінійним проходженням виконання асортиментного завдання). Ітераційне моделювання включало 24 експертні епохи.

Для подальшої оптимізації вибрали багатoshаровий персептрон (рис.) (MLP 24-10-29) із наступними відносними середньоквадратичними похибками синтезу: тестова – 3,8%, контрольна – 3,6%, перевірочна – 3,2%.

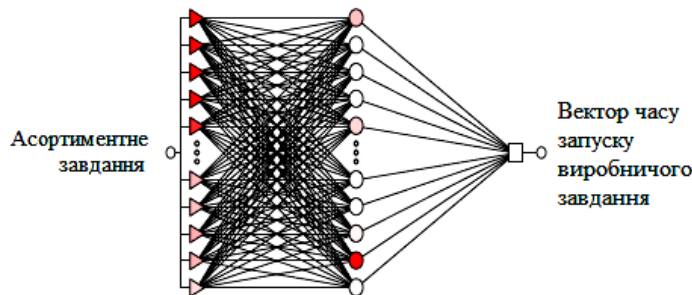


Рис. 1. Архітектура енергоефективної нейромережевої системи управління електротехнологічним комплексом виробництва хлібобулочних виробів

Виробничі дослідження системи управління проводились на реальному підприємстві ТзОВ "Нові перспективи" с. Варковичі, Дубенського р-ну, Рівненської обл., де було встановлено спеціалізоване програмне забезпечення на основі синтезованої енергоефективної інтелектуальної системи. Керування окремими технологічними вузлами забезпечувалось локальними мікроконтролерними системами.

Узагальнені економічні показники оцінки виробничих результатів включення технологічного обладнання, при виконанні асортиментних завдань, згідно зонної вартості електроенергії, на промисловому об'єкті протягом 30 діб підтверджують ефективність та перспективність такого підходу (робота електротехнологічного комплексу хлібокомбінату без врахування зонної вартості електроенергії встановлювалась із використанням попередніх досліджень на цьому ж підприємстві) - відносно зменшення фінансових витрат на функціонування електротехнологічного комплексу хлібокомбінату склало 10,47%.

УДК 621.3.066.5/6:636

В. Коробський, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Україна

Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і енергозбереження,
Україна

РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС КОМУТАЦІЇ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПУСКАЧУ ПРИ ЗАМІНІ СЕРІЙНОГО НА ДОСЛІДНИЙ КОНТАКТНИЙ МАТЕРІАЛ

Анотація. Розраховано витрати електроенергії при однократній комутації дуги електромагнітним пускачем з серійними і дослідними контактними матеріалами.

Ключові слова: електричний апарат, контактна система, електромагнітний пускач, втрати електричної енергії, екологічно-безпечний композиційний матеріал, металокерамічний контакт.

V. Korobskyy

CALCULATION OF LOSS OF ELECTRIC POWER UNDER CONSTITUTION IN ELECTROMAGNETIC PUSHCHAE BY REPLACEMENT OF SERIES TO RESEARCH CONTACT MATERIAL

Abstract. The electric power consumption at the single arc commutation with the electromagnetic starter with the serial and experimental contact materials is calculated.

Key words: electric apparatus, contact system, electromagnetic starter, electric energy losses, ecologically safe composite material, metal-ceramic contact.

Вся електрична енергія W , яка виділяється в комутуючих пристроях при комутації, перетворюється в теплову Q . Частина її (Q_1) витрачається на нагрівання маси металу контакт-деталі нерухомої та рухомої до температури плавлення і частково на плавлення металу на робочій поверхні контакт-деталі; інша частина (Q_2) - на нагрівання маси розплавленого металу до температури кипіння і на випаровування частини металу. Розглядаючи теплові процеси для одного полюсу пускача, можна записати:

$$W = Q = Q_1 + Q_2. \quad (1)$$

Енергія W має дві складові: одну – прямопропорційну часу горіння дуги і яка обумовлюється активним навантаженням кола - W_R , та другу – постійну - W_L , яка дорівнює енергії магнітного поля, що накопичена в

індуктивностях електричного кола і витрачається в комутуючих пристроях при комутації:

$$W_R = U_0 I_0 t_0 \cdot \frac{1}{6} \left(1 + 2 \frac{U_1}{U_0} \right) = U_0 I_0 t_0 \cdot \omega_R = P_{\text{сеп}} \cdot t_0, \quad (2)$$

де U_0 – напруга мережі (джерела живлення), В;

I_0 – струм навантаження, А;

U_1 – спад напруги на опорі контакту кола, В;

$P_{\text{сеп}} = \frac{1}{6} U_0 I_0 \left(1 + 2 \frac{U_1}{U_0} \right)$ – середня потужність в контакт-деталях, яка визначається активною складовою навантаження R_0 , Вт; (3)

$$\omega_R = \frac{1}{6} \left(1 + 2 \frac{U_1}{U_0} \right) - \text{коефіцієнт, який показує відношення напруг } U_1 \text{ і } U_0; \quad (4)$$

$$W_L = \frac{1}{2} L I_0^2 \kappa = \frac{1}{2} U_0 I_0 t_0 \frac{\kappa}{\alpha} = U_0 I_0 t_0 \frac{\kappa}{2\alpha} = U_0 I_0 t_0 \cdot \omega_L, \quad (5)$$

де $\kappa=0,6 \div 0,8$ – коефіцієнт, який враховує характер навантаження;

$\omega_L = \frac{\kappa}{2\alpha}$ – коефіцієнт, який залежить від характеру навантаження кола.

Розрахунок проводиться для одного пускача ПМЛ – 1100 на один цикл комутації, дані для розрахунку використовуються з отриманих осцилограм струму і напруги. Величина електричної енергії, яка виділяється в одному контакті пускача:

– для серійного пускача (матеріал CrM0,2+M1):

$$W_1 = U_0 I_0 t_{01} \cdot \omega_1 = 0,065 \text{ кВ} \cdot 10 \text{ А} \cdot 9,44 \cdot 10^{-6} \text{ с} \cdot 0,705 = 4,33 \cdot 10^{-6} \text{ кВт} \cdot \text{с};$$

– для пускача з дослідними контакт-деталлями (матеріал 81,3%Cu+10%Cr+2,0%TiB₂+3,0%Nb+2,0%C+0,7%Zr):

$$W_2 = U_0 I_0 t_{02} \cdot \omega_2 = 0,065 \text{ кВ} \cdot 10 \text{ А} \cdot 6,44 \cdot 10^{-6} \text{ с} \cdot 0,908 = 4,09 \cdot 10^{-6} \text{ кВт} \cdot \text{с}.$$

Зниження втрат електричної енергії для трьох полюсів головного кола пускачів з контактами мостикового типу складає:

$$\Delta W = 6 \cdot (W_1 - W_2) = 6 \cdot (4,33 - 4,09) \cdot 10^{-6} = 1,44 \cdot 10^{-6} \text{ кВт} \cdot \text{с}.$$

Тобто, при використанні пускачів з дослідними матеріалами, економія втрат електроенергії складає майже 6 %.

УДК 621.321

Віталій Кукла; Роман Івасечко, к.т.н.; Володимир Гетманюк;

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНУ

Проаналізовано ефективність застосування термогенератора на основі модулів Зеєбека в портативних переносних пристроях для перетворення теплової енергії в електричну.

Ключові слова: термоелектричні модулі, термогенератор, ефект Зеєбека, портативна піч.

Roman Ivasechko, Volodymyr Getmanyuk, Vitalii Kukla

ENERGY EFFICIENCY OF THERMOELECTRIC MODULES APPLICATION FOR THE TRANSFORMATION OF THERMAL ENERGY INTO ELECTRIC POWER

The efficiency of the thermogenerator application based on Zeebek modules in portable devices for the transformation of thermal energy into electric power is analyzed.

Keywords: thermoelectric modules, thermogenerator, Zeebek effect, portable furnace.

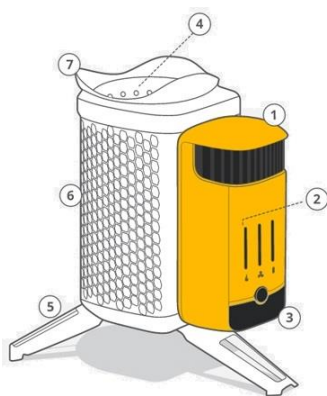


Рис.1. Портативна піч з TEG

1- термоелектричний генератор;
2 -LEDіндикатори; 3 -порт USB;
4 -вбудований вентилятор; 5 -
алюмінієві ніжки; 6 - тепловий
екран із сітки; 7 - комфорка.

Можливість вироблення електрики портативними пристроями може серйозно покращити якість життя у віддалених від електро-мережі регіонах, а також стати рятівним джерелом енергії під час катаклізмів і стихійних лих. На сьогоднішній день відомо багато різ-них варіантів, які успішно вико-ристовують вітер, сонце і воду для живлення портативної електроніки. Однак є й інший спосіб вироблення електрики – термоелектричний генератор (TEG), що збирає теплову енергію, яка зазвичай просто викидається в повітря через димохід.

Портативна піч, яка показана на рис.1, здатна використовувати частинутепла, що виділяється при приготуванні їжі щоб отримати

додаткову електрику для підзарядки гаджетів, освітлення та ін.

Принцип роботи печі ґрунтується на ефекті Зеебека та з використанням термоелектричних модулів SP1848-27145 для генерації електричного струму, максимальна потужність яких 3,4 Вт; максимальна напруга 4,8 В; максимальний струм 669 мА.

Як показано на рис.2. одна сторона такого елемента (TEG) нагрівається від вогню, що горить, у середині печі, інша сторона охолоджується за рахунок великого радіатора та вентилятора, що обдуває його. На різниці температур елемент виробляє електричний струм, який використовується далі для зарядки акумулятора печі, роботи вентилятора і зарядки зовнішніх пристроїв. Теоретично, чим вища різниця температур на гарячій та холодній стороні TEG тим вищі значення виробленого струму, який обмежується температурними режимами термо-електричного модуля.

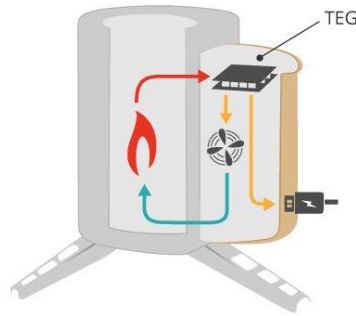


Рис.2. Принцип роботи портативної печі з TEG

Нами були проведені дослідження на практичне застосування портативної печі TEG в якості зарядного пристрою через порт USB. На виході USB порта в залежності від інтенсивності горіння полум'я ми отримали (0,36 – 0,43) А при напрузі 4,8 В. Також в процесі горіння був підключений телефон з акумуляторною батареєю 1560 мА·год, який за 30 хви-лин заряджався на (10 – 14) %.

Отже, застосування TEG дає змогу ефективно використувати теплову енергію портативної печі, перетворюючи її безпосередньо в електроенергію. Так, для термоелектричних модулів SP1848-27145 можна отримати близько 3 Вт електричної енергії, яку можна використати для зарядки через USB порт портативної електроніки.

Література

1. Фреїк Д. М. Досягнення і проблеми термоелектрики // Д. М. Фреїк, Л. І. Никируй, М. О. Галушак, Г. Д. Матеїк. Фізика і хімія твердого тіла. – 2012. - № 2. – С.297-318.
2. Анатычук Л. И. Термоэлектричество, Т2: Термоэлектрические преобразователи энергии. Термоэлементы. Элементная база термоэлектричества // Л. И. Анатычук. – Київ, Чернівці: Інститут термоелектрики, 2003. – 376 с.

УДК 620.92

Артем Кісь

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Україна

ТЕНДЕНЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ЕНЕРГІЇ В ОСВІТЛЕННІ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ КОМПЛЕКСІВ

Проаналізовано світовий досвід впровадження альтернативних видів енергії готельно-ресторанних комплексів та економічну доцільність їх застосування. Також розглядаються проблеми обмеженого використання світлодіодних джерел світла в спальних кімнатах готелів.

Ключові слова: готельно-ресторанний комплекс, ресурсозберігаючі технології, освітлення, світлодіодна лампа, енергоефективність.

Artem Kis

TRENDS OF APPLICATION OF ALTERNATIVES OF ENERGY IN LIGHTING HOTEL-RESTAURANT COMPLEXES

The world experience of introduction of alternative types of energy of hotel-restaurant complexes and economic expediency of their application is analyzed. Also discussed are the problems of limited use of LED light sources in hotel bedrooms.

Key words: hotel-restaurant complex, resource-saving technologies, lighting, light-emitting diode lamp, energy efficiency.

За останні десятиріччя індустрія гостинності посіла перші місця в бізнес сегменті нашої планети. Загалом, у світі в даний час зайнято понад 200 мільйон чоловік. У деяких регіонах туризм є, дійсно, найважливішим джерелом прибутку. Згідно з більшістю прогнозів, кількість людей, які подорожують у деяких частинах світу продовжуватиме збільшуватися. Відбувається значний приріст економік у галузі туризму, а це призводить до значної екологічної небезпеки.

Готельно-ресторанні комплекси використовують величезну кількість енергії для забезпечення комфорту та надання послуг своїм гостям, як правило з низьким рівнем енергоефективності, що призводить до негативного впливу на навколишнє середовище, воду, ґрунт, повітря, шум, а також надмірне використання локально доступних та, або імпортованих природних ресурсів. Ця ситуація сьогодні обговорюється у всьому світі, що націлена на створення більш екологічно сумісної та стійкої альтернативи. Це, в свою чергу, створює необхідність більш тісного співробітництва спеціалістів широкого спектру, до якого входять архітектори, інженери, екологи, маркетологи вже на етапі планування та проектування.

Людство знаходиться на порозі нової ери, коли можливості енергії вітру, сонця, та інших альтернативних видів енергій відкривають нові можливості в енергозабезпеченні. А сучасні інтелектуально-інформаційні технології починають замінювати людству традиційні види енергії. За допомогою екологічних джерел можна обігрівати приміщення, нагрівати воду, готувати їжу та освітлювати як внутрішній простір будівель так і вулиці.

Економія і раціональне використання матеріальних ресурсів є одним з істотних факторів підвищення прибутковості готельно-ресторанних комплексів.

Головними джерелами економії, застосування яких дозволяє зменшити витрати на матеріальні ресурси такі, як вода та електроенергія, є застосування нових енергетичних технологій. Однак, варто відмітити, що перед впровадженням цих систем необхідно зіставити витрати, що понесе у зв'язку з цим готель, з тими вигодами, які будуть отримані надалі. Майже завжди (особливо, якщо розглядаються великі готелі) застосування нових ресурсозберігаючих технологій окуповується, тобто досягається значна економія ресурсів, що покриває витрати. В свою чергу застосування ресурсозберігаючих технологій повинно й передбачати використання найменш енергозатратних пристроїв та установок для освітлення, опалення, кондиціонування, водопостачання та ін [1].

Добре організоване освітлення відіграє не останню роль у готельній справі. Воно сприяє приємному проведенню часу відвідувачів і допомагає господарям економити кошти на утриманні готелю. Із точки зору організації освітлення, готельну територію поділяють на кілька умовних зон: зовнішня територія і фасад, фойє, стійка адміністрації, коридори, сходи і ліфти, номери. Оскільки основним призначенням готельно-ресторанних комплексів є забезпечення відпочинку відвідувачів, то велику роль відіграє підбір джерел світла та їх спектрального складу випромінювання.

Освітлення займає значну частину у витратах готелю – адже світло на вулиці, у фойє та коридорах ніколи не гасне. Тому доцільно використовувати в готелях в першу чергу світлодіодні, а також люмінесцентні та металогалогенні лампи. З точки зору створення максимального світло-колірного комфорту, спектр випромінювання джерел світла для внутрішнього освітлення в більшості приміщень готельно-ресторанних комплексів повинен забезпечуватися теплим випромінюванням (2500-3000 К). Таке випромінювання забезпечують енергозатратні лампи розжарювання. Для їх заміни застосовують деякі люмінесцентні лампи та особливо світлодіодні джерела світла. Останні є найбільш енергоефективними та довготривалими. Однак, в освітленні спальних кімнат готелів, при виборі світлодіодних ламп варто звертати увагу на склад синього випромінювання в спектрі цих ламп. Аде досить багато науковців вказують на небезпеку синього випромінювання світлодіодів, яке впливає на вироблення гормону мелатоніну – «гормону сну» в організмі людини. Це може призвести до порушення сну та відпочинку відвідувачів і створення некомфортних умов проживання в готелі.

Щодо світового досвіду то на сьогоднішній день у світі налічується чимало готельно-ресторанних закладів які успішно почали використовувати альтернативну енергетику. Найбільш яскравим прикладом є готельно-ресторанний комплекс на острові Іль-де-де-Кокос (Маврикій), який повністю перейшов на автономне енергозабезпечення за допомогою сонячних панелей для виробництва електроенергії. Це лідируюча компанія, що надає послуги для відпочинку LUX Resorts & Hotels. Вона побудувала 130 сонячних батарей, щоб повністю замінити дизель-генерацію енергії для всього острова [2].

Нажаль в готельно-ресторанних господарствах України альтернативні джерела енергозабезпечення ще застосовуються мало. Тому такий підхід в енергопостачанні готельно-ресторанних комплексів має бути вивчений на основі світового досвіду та потребує розробки державні програм для переходу готельно-ресторанних закладів на автономні альтернативні види енергозабезпечення.

Список використаних джерел:

1. Роглев Х.Й. Основи готельного менеджменту: навчальний посібник / Роглев Х.Й. – К.: Кондор, 2005. – 408 с.
2. Mauritius: Resort hotel switches to solar panels for power generation[Electronic resource] / ESI AFRICA // Africa's power journal – Mode of access: World Wide Web:<https://www.esi-africa.com/news/mauritius-solar-panels-for-power-generation/> (15 august 2017)

УДК 621.321

Олег Мальчик; Мирослав Зінь, доц.; Володимир Гетманюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З МІСЦЕВИХ ВИДІВ ПАЛИВА

Проведено оцінку існуючих технологій отримання біогазу з діючих полігонів твердих побутових відходів. Показана технологічна та технічна перспектива використання у майбутньому біогазу як місцевого виду палива для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії.

Ключові слова: біогаз, тверді побутові відходи, полігон, утилізація, переробка, захоронення, енергетична ефективність.

Myroslav Zin; Volodymyr Getmanyuk; Oleh Malchyk

ENERGY EFFICIENCY OF THE BIOGAS USE FOR COMBINED PRODUCTION OF HEAT AND ELECTRICAL ENERGY FROM LOCAL FUELS

An estimation of existing technologies for obtaining biogas from existing solid waste landfills is carried out. The technological and technical perspective of future use of biogas as a local fuel for combined heat and power generation is shown.

Keywords: biogas, solid household waste, landfill, utilization, recycling, disposal, energy efficiency.

Є достатньо багато причин вважати, що технології спалювання сміття є тупиковими. Сьогодні витрати на спалювання 1 кг сміття складають близько 65 євроцентів. Якщо не перейти на інші технології ліквідації відходів, то витрати будуть зростати. До того ж, останнім часом в Європі на сміттєспалювальні заводи (ССЗ) значно посилюється тиск «зеленої громадськості». Спалювання сміття не тільки не сприяє розвитку рециклінгових систем, а навпаки – не зацікавлене в них.

У топках ССЗ згорають насамперед органіки й полімери, а вилучення цих компонентів зі сміттевої маси робить спалювання сміття нерентабельним, тобто заводи не знищують відходів повністю. Шлаки та попіл, а це близько 30% початкової маси твердих побутових відходів (ТПВ) спалених на ССЗ, все одно мають бути захоронені на полігоні, хоча в Україні намагаються цього не робити, використовуючи натомість шлаки та попіл, як будівельні матеріали.

Варто зауважити, що на сьогодні постійно погіршується якість роботи ССЗ: через подорожчання газу, потрібного для спалення відходів, його намагаються економити, в результаті чого сміття не спалюється до стану шлаку. Фактично, кінцевою продукцією ССЗ стає обгоріле сміття замість попелу та шлаку. Загалом, діяльність вітчизняних сміттєспалювальних заводів офіційно визнана небезпечною. Крім того, дорогий природний газ та електроенергія роблять діяльність вітчизняних підприємств збитковою. Їх закриття вважається справою часу, і лише відсутність коштів на альтернативні методи поводження з відходами є причиною того, що ССЗ усе ще працюють.

Сьогодні широко розповсюджується думка, що захоронення ТПВ на спеціальних полігонах – більш економний та універсальний метод, ніж спалювання, і в деяких країнах ТПВ в основному вивозяться на звалища та полігони. Так, кількість ТПВ, що утилізуються на звалищах та полігонах, в Нідерландах – 45–55 %, США – 62–85 %, Канаді – 93–96 %, Росії – 97 %.

Захоронення ТПВ на звалищах пов'язано з екологічними проблемами: забрудненням підземних вод, неприємних запахом, розвитком хвороботворних мікроорганізмів. Біогаз неминуче попадає в атмосферу, також нагромадження газу у тілі полігону часто викликає самозаймання ТПВ. Процес горіння супроводжується утворенням токсичних речовин, зокрема діоксинів. Глобальна емісія звалищного метану становить 40 млн. тонн на рік, ця величина перевищує масу метану, який виділяють вугільні шахти і є основним джерелом парникових газів планети.

Отже, на сьогодні, технології спалювання та захоронення відходів не мають майбутнього, оскільки вони не вирішують жодну з двох найважливіших проблем в світі – екологічну та енергетичну.

Логічно припустити, що найефективнішим методом скоротити викиди в атмосферу метану з полігонів ТПВ – цього збір та використання.

Як відомо, процес утворення біогазу відбувається при анаеробному зброджуванні органічних речовин (за відсутності кисню) і складається з двох етапів. На першому етапі складні органічні полімери (клітини, білки, жири тощо) під дією різноманітних видів анаеробних бактерій розкладаються до простіших сполук: летючих жирних кислот, нижчих спиртів, водню та оксиду вуглецю, оцтової та мурашиної кислот, метилового спирту. На другому етапі бактерії перетворюють органічні кислоти на метан, вуглекислий газ та воду.

В Україні відходи знешкоджуються на 771 офіційному міському звалищі, що займають площу понад 250 тис. га. Переважна більшість звалищ (80–90%) працює у режимі перевантаження, з давно порушеними проектними показниками щодо обсягів надходження відходів, без дотримання запобіжних заходів щодо забруднення підземних вод та повітряного басейну.

В Україні на Луганському полігоні існує єдина в Україні система збору біогазу, яка запущена у лютому 2003 року, але досі працює не на повну потужність.

Кількість біогазу, що збирається, дозволяє встановити на полігоні газову електростанцію загальною встановленою потужністю 1500 кВт. На даному полігоні біогаз утворюється в спеціальних реакторах – метантенках, обладнаних та регульованих таким чином, щоб забезпечити максимальне виділення метану. Якщо реактор працює нормально, отриманий біогаз містить 60–85% метану, 30–40 % двооксиду вуглецю, невелику кількість сірководню (0–3 %), а також суміші водню, аміаку та оксиду азоту.

Отриманий під час зброджування біогаз не має неприємного запаху, його теплотворна здатність складає 25 МДж/м³. Біогаз має теплоту згорання 5340–6230 ккал/кг. Вихід біогазу складає 0,2–0,4 м³ на 1 кг зброджувального сухого матеріалу при витраті 50 кг сухої біомаси на 1 м³ води.

В підсумку можна сказати, що для України найефективнішим методом на сьогодні є збір та використання біогазу (звалищного газу) з полігонів ТПВ. Економічні показники проектів по видобуванню та використанню звалищного газу є достатньо рентабельними, особливо за близького розташування звалища біля промислового споживача газу. Розвиток технологій видобування та використання звалищного газу є дуже перспективним для України як з екологічних, так і з економічних позицій, щоправда необхідне державне регулювання у сфері переробки відходів, оскільки це не лише покращить екологічний стан нашої держави, а й може суттєво вплинути на покращення енергетичної ситуації в Україні.

Література

1. Єфремов, І. С. Проблеми поводження з твердими побутовими відходами [Текст]: зб. наук. стат. / І. С. Єфремов, С. В. Марчук // IV-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013). – Вінниця: Видавництво-друкарня ДІЛО, 2013. – С. 31–33.
2. Статюха, Г. А. Устойчивое развитие – концепция, подходы и модели [Текст] / Г. А. Статюха // Системний аналіз та інформаційні технології. Матеріали Міжнародної конференції SAIT 2011. К.: УНК «ІПСА» ННТУ «КПІ», 2011. – 38 с.
3. Петрова, М. А. Напрямки підвищення екологічної безпеки термічної утилізації твердих побутових відходів [Текст] : зб.наук. стат. / М. А. Петрова, М. О. Войтович // IV-й всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology-2013). – Вінниця: Видавництво- друкарня ДІЛО, 2013. – С. 77–80.
4. Парфенюк, А. С. Ефективний шлях вирішення проблеми твердих відходів в Україні – індустріальна термолізно-енергетична рекуперація [Текст] / А. С. Парфенюк, А. А. Топоров, І. В. Кутняшенко // Безпека життєдіяльності. – 2005. – № 12. –С. 36–41.

УДК 621.326

Т.І. Назарко; Р.А.Ткачук, д.т.н., проф.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОРЕТИНОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНКИ НЕЙРОТОКСИКАЦІЇ ЛЮДИНИ

Т.І. Nazarko; R.A. Tkachuk

ELEKTRORETINOHRAFICHNYH USE OF ESTIMATES FOR HUMAN NEYROTOKSYKATSIYI

Електроретинографічні системи (ЕРГС) рекомендуються та впроваджуються для оцінювання ризику нейротоксикації людини наночастинками (виявлення, ідентифікація та визначення дози наночастинок в клітинах організму людини), наприклад, під час нанотехнологічного виробництва чи при використанні його продукції [1].

Таке нове застосування електроретинографії вимагає підвищення її ефективності [2,3].

Ефективність ЕРГС визначається її інформативністю та інвазивністю (впливом її на функціональний стан сітківки ока). В електроретинографії інформативність забезпечується оптимальним подразненням сітківки ока світлом, виділенням з потенціалу на сітківці (електроретиносигналу, ЕРС) його інформативної частини (електроретинограми, ЕРГ).

Проте, залишаються малодослідженими теоретичні підстави для оцінювання ризику нейротоксикації, зокрема, як в умовах присутності відомих, та, в подальшому, апріорно невідомих токсикантів.

Врахування в структурі математичної моделі ЕРС закону Вебера-Фехнера [2] дає змогу адекватно представити потенційну роздільну здатність ЕРС, властиву йому при низькій інтенсивності подразнення (через логарифмічний характер залежності значень ЕРС від енергії подразнення та незалежність від останньої абсолютних значень відхилень інформативної частини ЕРС від норми).

Існує кілька видів електроретинографії: загальна, локальна, ритмічна і патерн-електроретинографія. За допомогою загальної ретинографії визначається сумарний біоелектричний потенціал, що виникає в результаті засвіти всієї площі сітківки. **Локальна електроретинографія** являє собою запис біоелектричного потенціалу, що виникає при стимуляції світлом окремих областей сітчастої оболонки. **Ритмічна (мелькає) електроретнографія** - це графічне відображення потенціалів в сітківці при її стимуляції світлом, мигтючим з різною частотою. **Патерн-електроретинографія** - відображає електричну активність гангліозних клітин (третій клітинного рівня сітківки), виникає внаслідок постійної середньої освітленості сітківки.

1. Ткачук Р. А. Оптимізація ретино графічної системи для виявлення прихованого біологічного впливу на організм людини / Р. А. Ткачук // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. -2009. -№2. -С.145-152.

2. Ткачук Р. А. Повышение эффективности электроретинографических систем / Р. А. Ткачук, Г. Б. Цупрык, Б. И. Яворский//УС и М. -2013. -№4 (246).-С.33-40.

3. Ткачук Р.А. Метод побудови біотехнічної системи для оцінювання електроретинограм з підвищеною вірогідністю та ефективністю/Р. Ткачук, Б. Яворський//Вісник Тернопільського державного технічного університету. -2009. - №3. -С.102-110.

УДК 621.311

Богдан Оробчук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ДІЛОВІ ІГРИ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ВЯКОСТІ ІНСТРУМЕНТА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ

Розглянуто підходи до впровадження ділових ігор для професійної підготовки магістрів за допомогою спеціально розроблених тренажерів.

Ключові слова: електроенергетична система, режимний тренажер, автоматизована система диспетчерського керування.

Bohdan Orobchuk

BUSINESS GAMES IN LEARNING PROCESS AS INSTRUMENT FOR PROFESSIONAL PREPARATION OF MASTER'S DEGREE STUDENT

The approaches to the introduction of business games for professional training of masters with the help of specially developed simulators are considered.

Keywords: electric power system, mode simulator, automated dispatch control system.

Вимоги до сучасної підготовки персоналу енергетичних підприємств включають знання схем, будови і устаткування енергетичного обладнання, розуміння технологічних процесів, знання правил технічної експлуатації, правил улаштування електроустановок і правил техніки безпеки, а також володіння навичками планування режимів і швидкою реакцією в нестандартних ситуаціях [1]. Зокрема, професійна підготовка магістрів-електриків здійснюється в ТНТУім. І. Пулюя при вивченні дисципліни «Системи управління електропостачанням». Робоча програма дисципліни передбачає вивчення обладнання і технологічних процесів, правил технічної експлуатації, правил улаштування електроустановок, отримання навичок ведення штатних і аварійних режимів, а також проведення оперативних перемикань в ході ділових ігор [2].

В якості інструмента для ділових ігор з ведення режиму електроенергетичних систем (ЕЕС) використовується тренажер АСДК «Енергія». Він являє собою апаратно-програмний комплекс, призначений для проведення сеансів протиаварійних тренувальних навчань з відображенням оперативної обстановки в ЕЕС. Важливою особливістю тренажера є можливість моделювання під час ділової гри стану комутаційних схем підстанцій і автоматичний облік в режимній моделі змін комутаційного стану обладнання. Навчальна режимна модель, яка використовується в складі тренажера [3] і прийнята для постановки ділових ігор, складається зі схем районів

Одним із прикладів розробленого навчально-методичного забезпечення ділової гри є фрагмент оперативної схеми ПС-110/35/10 кВ «Зборів» ВАТ «Тернопільобленеро» (рис. 1). Метою ділової гри є відпрацювання заходів щодо усунення аварійного вимкнення ПЛ 10 кВ в ремонтній схемі мережі Зборівського РЕМ. В ході ділової гри необхідно не допустити розвитку порушення електричного режиму в ЕС, виявити всі відхилення параметрів після аварійного режиму від нормальних значень і привести задачу до логічного завершення, а параметри електричного режиму - до нормально-допустимих значень.



1. Правила

- Table 1**

УДК 697.445; 662.997

Олег Романчук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СОНЯЧНИХ ТЕПЛОВИХ КОЛЕКТОРІВ

Проаналізовано існуючі конструкції сонячних теплових колекторів, запропоновано використання полімерних матеріалів у конструкції колекторів.

Ключові слова: сонячний колектор, полімерний матеріал, енерго-ефективність.

Oleh Romanchuk

ANALYSIS OF EXISTING DESIGNS OF SOLAR THERMAL COLLECTORS

Existing designs of solar thermal collectors are analyzed, the use of polymeric materials in the design of collectors is proposed.

Keywords: solar collector, polymer material, energy efficiency.

Основним джерелом теплоти є органічне паливо, дефіцит якого відчувається не лише в Україні, але й у цілому світі. Головними причинами такого становища є зростання споживання енергії та вичерпність корисних копалин. Витрати енергоресурсів у нашій країні на потреби промисловості та житлово-комунального господарства істотно перевищують середні європейські показники.

Сонячна енергія, яка легко може трансформуватись у теплову, дає змогу великою мірою компенсувати потреби в органічному паливі. Клімат України потенційно дає змогу широко використовувати сонячну енергію. Річний потік сонячного випромінювання на 1 м² горизонтальної поверхні у південних районах України становить 1100 – 1380 кВт·год. Враховуючи це, перспективним є розвиток вітчизняних сонячних установок для одержання теплової енергії.

Основним компонентом будь-якої сонячної установки є сонячний тепловий колектор (СТК). Сонячні колектори – це, по суті, вид теплообмінників, які перетворюють енергію сонячного випромінювання на внутрішню енергію теплоносія. Саме тому вибір сонячного колектора має вирішальне значення для функціонування системи загалом.

Сонячні теплові колектори поділяються на три основні категорії: плоскі, вакуумні та концентратори. Плоскі та вакуумні СТК мають ту саму площу для перехоплення й поглинання сонячної радіації, в той час як сонячні колектори-концентратори переважно мають увігнуту відбивальну поверхню,

щоб перехопити і сфокусувати пучок випромінювання Сонця на меншу площу, тим самим збільшуючи потік випромінювання. Сонячні концентратори призначені для високотемпературного застосування й характеризуються коефіцієнтом концентрації, який визначається як площа для перехоплення сонячної енергії, поділена на площу поглинача колектора. Характеристики основних типів СТК наведено в табл. 1 [1].

Таблиця 1

Технічні характеристики основних видів СТК

Тип встановлення	Тип колектора	Тип абсорбера	Коефіцієнт концентрації	Робоча т-ра, °С
Стационарні	Плоский	Плоский	1	30-80
	Вакуумний	Плоский	1	50-200
	Складений параболічний	Трубчастий	1-5	60-240
Із одноосьовим стеженням за Сонцем	Складений параболічний	Трубчастий	5-15	60-300
	Відбивач Френеля	Трубчастий	10-40	60-250
	Параболо-циліндричний	Трубчастий	10-85	60-400
Із двоосьовим стеженням за Сонцем	Параболічний тарільчастий	Точковий	600-2000	100-1500
	Сонячна вежа	Точковий	300-1500	150-2000

Ефективність роботи систем сонячного теплопостачання визначається, у першу чергу, характеристиками сонячного колектора. Оскільки більше третини вартості сонячної теплової системи становлять геліоколектори, то, зважаючи на це, актуальною є проблема розроблення недорогих високоефективних геліоприймачів. Перехід до полімерних матеріалів у конструкції колекторів забезпечує зниження ваги та зменшення вартості СТК через відмову від використання кольорових металів для виготовлення конструкції [2, 3].

Література

1. Kalogirou, Soteris. Solar energy engineering: processes and systems / Soteris Kalogirou. – 1 st ed.
2. Дорошенко О. Полімерні сонячні колектори / О. Дорошенко, М. Концов, І. Карачарова // Харч. і перер. пр-сть. – 2002. – № 3. с С. 26–27.
3. Алешин А.Н. Полимерные и композитные солнечных элементы. // Альтернативная энергетика и экология. – Саров: НТЦ "ТАТА", 2008, № 10 – С. 116–122.

УДК 621.93

Микола Тарасенко, проф.; Віталій Бурмака; Катерина Козак

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, Україна

ЗАЛЕЖНОСТІ ВІДНОСНОЇ ПЛОЩІ ЗАСКЛЕННЯ ВІД ЗАГАЛЬНОЇ ПЛОЩІ ВІКОННОГО ПРОРІЗУ

Анотація. Отримані аналітичні вирази для визначення відносних площ засклення, профілю і запінення будівель при встановленні металопластикових вікон у віконні прорізи прямокутної форми довільних розмірів.

Ключові слова: засклення, профіль, вікно, відносна площа.

Mykola Tarasenko; Vitaliy Burmaka; Kateryna Kozak

RELATIVE AREA OF GLAZING DEPENDENCES FROM THE OVERALL AREA OF THE WINDOW EMBRASURE

Annotation. It has been obtained the analytical expressions for determining the relative areas of glazing, profile and foam filling of buildings when installing metal-plastic windows in window embrasures of rectangular shape with arbitrary size.

Keywords: glazing, profile, window embrasures, relative area.

Світові тенденції є такими, що по мірі розвитку виробничих сил, частка енергії на штучне освітлення приміщень постійно зростає. Зростають ціни й на енергоносії. Саме тому провідні спеціалісти розвинутих країн вважають особливо актуальним питання правильної організації природного освітлення різного роду приміщень. Застосування тільки одного виду освітлення у більшості випадків є не тільки нераціональним, але й не відповідає потребам людини у збереженні його здоров'я. Так, повну відсутність природного світла, у відповідності з нормативами з охорони праці, віднесено до шкідливих факторів. Приміщення без природного світла навіть важко собі уявити.

Встановимо залежність відносної площі засклення ($\bar{S}$) від загальної площі віконного прорізу для металопластикових вікон (МПВ) при заданих: площі віконного прорізу ($S_{\text{ВП}}$), ширині профілю ($l_{\text{ПРОФ.}}$) і запінення ($l_{\text{ЗП}}$) (рис. 1). Площу прямокутного віконного прорізу $S_{\text{ВП}}$ визначимо за формулою

$$S_{\text{ВП}} = l_{\text{ВП}} \cdot h_{\text{ВП}}, \text{ м}^2, \quad (1)$$

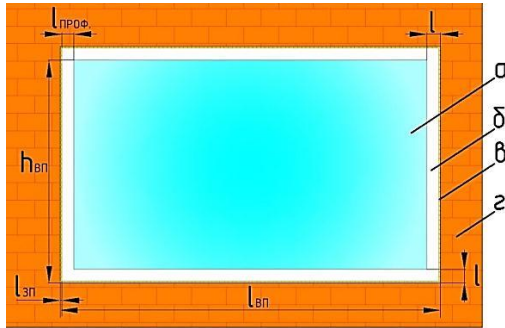
де $l_{\text{ВП}}$, $h_{\text{ВП}}$ – ширина і висота прямокутного віконного прорізу, відповідно, м.

Металопластикові вікна в нинішній час не вважаються предметом розкоші. Це вже невід'ємна частина будинку і невід'ємна частина для людей, які піклуються про особисте здоров'я та здоров'я близьких. Якщо бути точніше, то конструктивні особливості МПВ дозволяють суттєво зменшити не тільки теплові втрати приміщень, але й рівень міського шуму, який проникає в будинки. Профіль ПВХ дозволяє відмовитися від процесу знайомого нам ще з радянських часів – це щорічне заклеювання і

розклеювання вікон. Для визначення ширини і висоти прямокутних віконних прорізів довільних розмірів з виразу (1), скористаємося поняттям відносної ширини ($k_{\text{пр}}$) віконного прорізу

$$k_{\text{пр}} = l_{\text{вп}} / h_{\text{вп}}, \text{ відн. од.} \quad (2)$$

Тоді рівняння (1) прийме вигляд (3) і при відомій площі прямокутника його висота і ширина будуть визначатися за виразами (4) і (5)



$$S_{\text{вп}} = h_{\text{вп}} \cdot k_{\text{пр}} \cdot h_{\text{вп}} = k_{\text{пр}} \cdot h_{\text{вп}}^2; \text{ м}^2; (3),$$

$$h_{\text{вп}} = \sqrt{S_{\text{вп}} / k_{\text{пр}}}, \text{ м}; (4),$$

$$l_{\text{вп}} = \sqrt{S_{\text{вп}} \cdot k_{\text{пр}}}, \text{ м}; (5).$$

Ширину непрозорої частини віконного прорізу (l) будемо визначати як суму ширин профілю $l_{\text{проф.}}$ і запінення $l_{\text{зп}}$:

$$l = l_{\text{проф.}} + l_{\text{зп}}, \text{ м.}$$

Рис. 1. Схематичне зображення прямокутного віконного прорізу: а) засклення; б) профілю; в) запінення; г) непрозорої огорожувальної конструкції будівлі

Виходячи з нормативних розмірів запінення, нами отримано вирази для визначення його величин в залежності від ширини віконних прорізів

$$\begin{cases} \text{якщо } l_{\text{вп}} > h_{\text{вп}}, \text{ то } l_{\text{зп}} = (125 \cdot l_{\text{вп}}^2 - 123 \cdot l_{\text{вп}} + 1050) \cdot 10^{-2} \text{ мм,} \\ \text{якщо } l_{\text{вп}} < h_{\text{вп}}, \text{ то } l_{\text{зп}} = (125 \cdot h_{\text{вп}}^2 - 123 \cdot h_{\text{вп}} + 1050) \cdot 10^{-2} \text{ мм.} \end{cases}$$

При цьому пам'ятаємо, що максимальне значення $l_{\text{зп}}$ не може бути > 30 мм.

На базі отриманих залежностей були записані вирази для визначення: площі засклення $S_{\text{зс}}$ (6), профілю $S_{\text{проф.}}$ (7) і запінення $S_{\text{зп}}$ (8) у віконному прорізі прямокутної форми заданих розмірів

$$S_{\text{зс}} = l_{\text{вп}} \cdot h_{\text{вп}} - 2 \cdot l \cdot (l_{\text{вп}} + h_{\text{вп}} - 2 \cdot l), \text{ м}^2, \quad (6)$$

$$S_{\text{проф.}} = 2 \cdot l_{\text{проф.}} \cdot (l_{\text{вп}} + h_{\text{вп}} - 2 \cdot l - 2 \cdot l_{\text{зп}}), \text{ м}^2, \quad (7)$$

$$S_{\text{зп}} = 2 \cdot l_{\text{зп}} \cdot (l_{\text{вп}} + h_{\text{вп}} - 2 \cdot l_{\text{зп}}) \text{ м}^2. \quad (8)$$

Аналіз отриманих залежностей показав, що:

1. Залежності площі засклення МПВ від площі прорізу добре описуються логарифмічними функціями типу $y = a \cdot \ln(x) + b$ незалежно від величини $k_{\text{пр}}$.

2. Застосовувати МПВ з площею віконного прорізу $\leq 0,75 \text{ м}^2$ для будь-яких значень $k_{\text{пр}}$ нераціонально тому, що відносна площа засклення стає $< 0,5$.

УДК 004.303.064

Максим Шабдінов

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

Розглянуто можливість створення інформаційних систем моніторингу енергоефективності будівель.

Ключові слова: енергоефективність, будівництво, моніторинг, інформаційна система.

Maksym Shabdinov

INFORMATION SYSTEM OF MONITORING ENERGY EFFICIENCY BUILDING

The possibility of creating information systems for monitoring the energy efficiency of buildings.

Keywords: energy efficiency, construction, monitoring, information system.

Реалізація стратегії енергетичної незалежності нашої держави визначається такими факторами, як: ціна на енергоносії, використання альтернативних джерел живлення, енергоефективність будівель, надійність каналів передачі енергії. На сьогодні енергетичний стан міських будівель залежить від інформації щодо втрат теплової енергії кожного об'єкта не лише на папері, а й при проведенні постійного моніторингу, що дає можливість оцінити проблеми та ефективність заходів з енергоощадності. Все це є основою для створення інформаційної системи оцінки стану енергоефективності будівель для подальшого ініціювання енергоощадних проєктів.

Наявні інформаційні системи контролю споживання енергії будівлями та спорудами реалізують технологію діагностики даних про спожиту енергію та вирішують задачі збору та обробки інформації, проте вони не розкривають механізм впливу факторів на енергоефективність та процес поєднання тепловізійної діагностики, моніторингу та прийняття рішень в єдиний інформаційний автоматизований комплекс. Тому процеси інформаційного забезпечення енергоощадності будівель можуть бути реалізовані в рамках єдиного інформаційного простору параметрів тепловізійного моніторингу та оцінки енергоефективності з подальшим прийняттям енергоощадних управлінських рішень.

Процес розроблення інформаційних систем з енергоощадності та моніторингу будівель полягає у формуванні інтегрованого інформаційного

автоматизованого комплексу шляхом поєднання вхідних даних діагностики будівель з процесами обробки отриманих даних і створенням проектного рішення щодо реконструкції об'єкта [1, 2].

У даний час на ринку інформаційних технологій існує багато інструментаріїв розв'язання проблеми діагностики та моніторингу будівель і споруд [3]. Однак найбільш повне проведення моніторингу включає контроль, механізм постійного спостереження за обраними показниками будівель та споруд з оцінкою розмірів і причин відхилень, а також своєчасним інформуванням про можливості настання несприятливих, критичних або неприпустимих змін. Моніторинг є універсальним інструментом управління процесами, що протікають в усьому об'єкті управління та його окремих складових.

Моніторинг у будівництві визначає діяльність, метою якої є отримання інформації про статистичні та динамічні характеристики об'єктів будівництва, технологічні процеси і засоби будівельного виробництва з наступною їх обробкою для отримання варіантів управлінських рішень. Моніторинг може мати різну цільову спрямованість, зокрема, може відслідковувати динамічні зміни середовища проживання в часі і просторі, що дасть змогу підвищувати рівень комфортності проживання за рахунок компенсації взаємних патологічних впливів житла і людини, оперативно реагувати на наближення параметрів середовища проживання до критичних значень, попереджати і компенсувати негативні впливи середовища. Зворотний зв'язок у системі моніторингу в будівництві може здійснюватися через операторську станцію на базі персональної ЕОМ.

Таким чином, актуальність цієї роботи зумовлена необхідністю створення інформаційних технологій, методів та моделей моніторингу енергоефективності будівель та програмного комплексу, який працює в умовах недостовірної інформації, що дає можливість оцінити енергоефективність будівельних об'єктів з урахуванням нечітких факторів і прийняти рішення щодо ініціації енергоощадних проектів з реконструкції муніципальних об'єктів.

Література

1. Богомолов Ю. М. Информационные технологии в организации строительства / Ю. М. Богомолов. - Минск: ИРФ "Обозрение", 1997. – 240 с.
2. Данченко О. Б. Формалізація інформаційного середовища систем управління проектами будівництва складних енергетичних об'єктів / Данченко О. Б., Лега Ю. Г., Тесля Ю. М., Палагіна О. А., Черниш С. В. // Вісник ЧІПІ. – Черкаси: Графія України, 2001. – №1. – С.118-123.
3. Горбачовський О. П. Проблеми енергозбереження в житлово-цивільному будівництві / О. П. Горбачовський // Будівництво України. – 1998. - № 2. – С. 12-14.

УДК 621.314

Володимир Яськів¹, доцент, Анатолій Марценюк¹, Анна Яськів¹, Гао Лізін²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Jinan Rongda Electronic Co. Ltd., China

МОДУЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧАСТОТНИХ МАГНІТНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ

Анотація. Запропоновано новий метод побудови модульних перетворювачів електроенергії на основі високочастотних магнітних підсилювачів для систем розподіленого електроживлення, що забезпечує високий рівень їх експлуатаційних характеристик. Розкрито принцип роботи, переваги та основні аспекти проектування таких перетворювачів.

Ключові слова: напівпровідниковий перетворювач електроенергії, високочастотний магнітний підсилювач, аморфний сплав, прямокутна петля гістерезису, схема керування.

Volodymyr Yaskiv, Anatoliy Martseniuk, Anna Yaskiv, Gao Lijin

MODULAR POWER CONVERTERS BASED ON HIGH-FREQUENCY MAGNETIC AMPLIFIERS

A new method of design of modular power converters based on high-frequency magnetic amplifiers for distributed power supply systems, which ensures the high level of their technical characteristics, is proposed. The paper highlights the operation principles, advantages, and the main design aspects of such power converters.

Keywords: semiconductor power converter, high-frequency magnetic amplifier, amorphous alloy, rectangular hysteresis loop, control circuit.

Для забезпечення функціонування радіоелектронної апаратури (РЕА) використовують напівпровідникові перетворювачі електроенергії (НПЕ), які виконують функції перетворення та погодження параметрів електричної енергії. Кожен споживач висуває свій набір вимог до перетворювача. Тому часто системи електроживлення будуються за розподіленою схемою – кожному споживачу – свій перетворювач. Проте такий підхід призводить до дублювання однакових функціональних вузлів в системі. Тому висуваються жорсткі вимоги як до ефективності таких перетворювачів, так і до рівня їх питомої потужності та уніфікації.

Сучасний споживач потребує НПЕ з жорстким набором експлуатаційних характеристик – забезпеченням функціональних параметрів в широкому діапазоні зміни всіх збурюючих факторів, 100% діапазоном зміни струму навантаження, високою якістю вихідних напруг, високим ККД, високим

рівнем надійності та питомої потужності, низьким рівнем електромагнітних завад, високим рівнем динамічних характеристик, низькою собівартістю, високим рівнем механічної та радіаційної стійкості, а також багатоканальних НПЕ з рівноцінними та незалежними вихідними каналами. Існуючі принципи побудови НПЕ не завжди дозволяють реалізувати такий набір характеристик.

Високий рівень техніко-експлуатаційних характеристик пропонованих модульних перетворювачів електроенергії забезпечується за рахунок:

- оптимального поєднання останніх досягнень в області напівпровідникових і магнітних технологій;
- використання височастотних магнітних підсилювачів (ВМП) на основі сучасних магнітом'яких аморфних сплавів з прямокутною петлею гістерезису в ролі силових комутуючих елементів та оптимізації процесів їх перемагнічування [1,2,3];
- забезпечення „розумного” взаємовпливу процесів в магнітних та напівпровідникових елементах;
- розробки методів ввімкнення на паралельну роботу окремих функціональних вузлів НПЕ із забезпеченням рівномірного розподілу струму навантаження між ними [4,5];
- мінімального використання дискретних елементів та активних напівпровідникових елементів;
- забезпечення високого рівня уніфікації як конструктивних, так і схемотехнічних рішень [6,7];
- пріоритетного досвіду авторів проекту в цій області науки і техніки.

Пропоновані методи побудови модульних перетворювачів електроенергії забезпечують функціональні параметри в широкому діапазоні зміни всіх збурюючих факторів, 100% діапазон зміни струму навантаження, високу якість вихідних напруг (височастотні пульсації на рівні одиниць – кількох десятків мВ, майже відсутня стогерцова складова) та високу їх стабільність, високий ККД (90-95%) [8,9,10], високий рівень надійності, механічної та радіаційної стійкості, питомої потужності (до 1 кВт/дм³ і вище), динамічних характеристик (повністю відсутні перерегулювання у перехідних режимах) [11], струм (до 200 А) [12], низький рівень електромагнітних завад (як кондуктивних, так і випромінювання) [13,14], низьку собівартість тощо.

Література:

1. Харада К., Набэсима Т. Применение магнитных усилителей в высокочастотных импульсных преобразователях постоянного напряжения // ТИИЭР, N4, 1988.- с.60-66.
2. Yaskiv V. Using of High-Frequency Magnetic Amplifier in Switch Mode DC Power Supplies / V. Yaskiv // Proceedings of the 35th Annual IEEE Power Electronic Specialists Conference (PESC'04), Aachen, 2004, — p. 1658–1662.
3. Yaskiv V. Design Methods of Switch Mode Power Supplies / V. Yaskiv // Tutorial 10 on 26-th International Energy Conference (INTELEC), Chicago, USA, 2004, — 39 p.
4. Патент СРСР №1797729. Многоканальная система питания с равномерным токораспределением. / Хруслов Л.Л., Яськів В.И. - Оpubл. в БИ, 1993, №7.
5. Патент України на винахід № 112102, МПК H02M 3/335 (2006.01) Стабілізатор постійної напруги / Яськів А. В., Яськів В. І.; заявник Тернопільський національний технічний

- університет імені Івана Пулюя. – № а201408531; заявл. 28.07.2014; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14, 2016 р.
6. Volodymyr Yaskiv, Gao Xinzong, Gao Lijin. The Substantiation and New Methods of a Solution of a Problem of Development of the Unitized Switching Power Supplies // The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics: Proceedings of the VIII-th International Conference CADSM 2005. - Lviv: Publishing House of Lviv Politechnic National University, 2005. – p.232.
 7. **Dyvak M., Yaskiv V., Pukas A. Interval estimation of weight-dimensionnal characteristics of high-freuecy magnetic amplifier of pulse power supplies** // Przegląd elektrotechniczny (Electrical Review). — 2009. — No 4. — pp.92–94.
 8. Патент України на винахід № 112230, МПК H02M 3/335 (2006.01) Стабілізатор постійної напруги / Яськів А.В., Яськів В.І.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № а201412695; заявл. 26.11.2014; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15, 2016 р.
 9. Патент України на винахід № 112231, МПК H02M 3/335 (2006.01) Стабілізатор постійної напруги / Яськів А.В., Яськів В.І.; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № а201413122; заявл. 08.12.2014; опубл. 10.08.2016, Бюл. № 15, 2016 р.
 10. Volodymyr Yaskiv, Alexander Abramovitz, Keyue Smedley, Anna Yaskiv. MagAmp Regulated Isolated AC-DC Converter with High Power Factor // Special issue of journal COMMUNICATIONS - Scientific Letters of the University of Zilina, ISSN 1335-4205, No. 1A/2015, p. 28-34.
 11. В.І.Яськів, М.М.Юрченко, О.П.Гурник. Експериментальне дослідження динамічних характеристик напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). — 2005. — ч. 4. — С. 7–9.
 12. В.І. Яськів, М.М. Юрченко. **Методи побудови напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високим рівнем струму навантаження на основі високочастотних магнітних підсилювачів** // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). — 2006. —С. 3-6.
 13. **Яськів В.І.** Дослідження електромагнітної сумісності напівпровідникових перетворювачів електроенергії з високочастотними магнітними підсилювачами // Науково-прикладний журнал «Технічна електродинаміка» (Тематичний випуск «Силова електроніка та енергоефективність»). — 2008. — ч. 4. — С. 68–71.
 14. Volodymyr Yaskiv, Alexander Abramovitz, Keyue Smedley. MagAmp Power Converters with Low Level EMI // XII International Conference “The Experience of designing and Application of CAD Systems in Microelectronics (CADSM 2013)”, Lviv Polytechnic National University, 19-23 February, 2013, Polyana-Svalyava (Zakarpattya), UKRAINE, p.388-395.

СЕКЦІЯ В – ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У СВІТЛОТЕХНІЦІ Й ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ. СВІТЛО ТА ЗДОРОВ'Я

УДК 621.384.4

Володимир Андрійчук, д.т.н., проф.; Василь Кузь

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

ОПРОМІНЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Виявлено недоліки основних фототерапевтичних пристроїв оптичного випромінювання. Розроблено макетпристрою для світлотерапії з контролем параметрів енергії поглинутого потоку.

Ключові слова: оптичне випромінювання, біооб'єкт, світлодіодна матриця, джерело випромінювання, фототерапевтичний пристрій.

Volodymyr Andriychuk; Vasyl Kuz

CREATION OF RADIATION DEVICE FOR MEDICINE

The defects of the main phototherapeutic devices of optical radiation are revealed. The layout of the device for light therapy with the control of the energy parameters of the absorbed stream was developed.

Keywords: optical radiation, bioobject, LED matrix, radiation source, phototherapeutic device.

Дослідження, що проводяться по застосуванню різних методик фототерапії, привело вчених на новий рівень розуміння процесів, що відбуваються в організмі під дією оптичного випромінювання. А розвиток технічної бази в свою чергу дозволило створити фототерапевтичні апарати, що володіють оптимальною конструкцією випромінювача і широким рядом параметрів регулювання впливу. Це дало поштовх для моделювання нових пристроїв на основі світлодіодів. Складність забезпечення рівномірно-направленого опромінення з попередньо визначеною енергією опромінення є причиною недостатнього застосування фотомедичних технологій. В фототерапії до параметрів регулювання впливу відносять: довжину хвилі, частоту імпульсної модуляції, інтенсивність і тривалість сеансу опромінення.

Світлодіоди завдяки суттєвим перевагам та відповідності медичним вимогам дозволяють створення на їх основі СВД-матриць, які забезпечують можливість реалізувати стаціонарні і стимуляційні режими опромінення по всій його площі за допомогою програмно керованих комутацій СВД. Така матриця повинна забезпечувати технологічні вимоги, такі як спектр випромінювання, оптичну потужність випромінювання, рівномірність опромінення та низькі робочі температури.

Було розроблено макет пристрою опромінювання на основі ультрафіолетових світлодіодів марки ProLightPK2B-3JLE-NV з довжиною хвилі 390 нм. (Рис.1). Для керування групами, інтенсивністю та частотою матриці світлодіодів (1) було підбрано мікроконтролер- ArduinoUnoRev3 (2), що забезпечує відповідні вимоги. Щоб забезпечити зворотній зв'язок між біологічним середовищем та світлодіодною матрицею було запропоновано під'єднати до мікроконтролера фотоприймач - GroveUVIntensetivesensor (3). До основних функцій макету пристрою входять: модуляція світлового потоку - 12 режимів роботи, які включаються програмно, шляхом вводу коду; модуляція груп світлодіодів, що включається шляхом натискання кнопки на корпусі макету; також є можливість вибрати частоту мигання світлодіодів від 1мс до 32 с.



Рис.1 . Вигляд макету пристрою опромінювання медичного призначення. 1- персональний комп'ютер, 2-мікроконтролер, 3-фотоприймач, 4- світлодіодна матриця.

У свою чергу сформований фототерапевтичної вплив створює неоднакові фотобіологічні реакції, які проявляються на різних системних рівнях організму людини. При опроміненні шкірних покривів, внутрішніх органів і рідин слід враховувати, що випромінювання певної довжини хвилі надає властивий тільки йому вплив на організм, а застосування багатоспектрального випромінювання призведе сумарної дії його складових.

Таким чином, запропонований пристрій забезпечує можливість вимірювання потужності світлового потоку, а за рахунок розробленого алгоритму вимірювання контроль за рівнем поглинання енергії світлового потоку в процесі процедури і відповідно можливість оцінки біологічного ефекту та прогнозування результату опромінення.

Література

1. Яненко О.П. Phototherapy device with determination of absorbed energy dose / О.П. Яненко, К.Л. Шевченко, Р.А. Ткачук, В.І. Кузь // Вісник ТНТУ, — Т. : ТНТУ, 2016 — Том 83. — № 3. — С. 154-158.

УДК 94(477)

Герман Олег, доцент; Криськова Світлана

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна

З ІСТОРІЇ ТРАМВАЮ В УКРАЇНІ (ДО 125 РІЧЧЯСТВОРЕННЯ)

Дослідження присвячене огляду зародження електротранспорту (трамваю) в українських містах у складі Російської імперії кінця XIX – початку XX ст.

Ключові слова: трамвай, електростанція, парова машина, пасажир

German Oleg; Kryskova Svitlana

FROM THE TRAM HISTORY IN UKRAINE (UP TO 125TH ANNIVERSARY)

The research is devoted to the review of the origin of electric transport (tram) in Ukrainian cities of the Russian Empire of the late 19th and early 20th centuries.

Key words: tram, electric power station, steam engine, passengers

До початку XX ст. термін «трамвай» був маловідомим. Перший в Російській імперії трамвай запустили 13 червня 1892 р. у Києві по реконструйованій лінії кінної залізниці (конки). Утворене у 1891 р. «Міське товариство залізниці» за підтримки міської влади вирішило використати електричну тягу на ділянці Олександрівського спуску, де був різкий уклін (підйом), оскільки навіть 6 коням, впряженим у вагон, не завжди вдавалося його подолати. На спуску збудували роз'їзд і електростанцію. В її машинному відділенні встановили 2 німецькі двоциліндрові газові двигуни потужністю по 60 к.с. (44,1 кВт) і 2 динамо-машини (60 А, 500 В, 900 об/хв). На першій лінії київського трамваю в експлуатації було 2 вагони на 40 осіб кожен. Лінія користувалася популярністю і давала гарний прибуток.

У 1900 р. загальна протяжність ліній трамваю у Києві складала 50 км. На електростанції міського трамваю після її реконструкції було встановлено 4 британські водотрубних котли з поверхнею нагріву у 150 м² кожен, які працювали за тиску у 10 атмосфер, і 4 горизонтальні парові машини (компаунд), які працювали з охолодженням пари і робили 150 об/хв. Кожна парова машина приводила в рух ремінною передачею 2 динамо-машини фірми AEG, які робили по 530 об/хв і давали струм силою 120 А при 500 В напруги.

У 1916 р. київське трамвайне підприємство досягло розквіту: кількість маршрутів зросла до 21, для перевезень було задіяно біля 200 вагонів, за рік перевозилося понад 108 млн. пасажирів.

Успішний досвід Києва сприяв появі трамваїв і в інших містах України, як то у Катеринославі та Єлисаветграді (1897 р.), Севастополі (1899 р.), Харкові (1906 р.) та Одесі (1910 р.). За 1916 р. трамваї Києва перевезли 108 млн. пасажирів, Одеси – 55 млн., Харкова – 35 млн., Катеринослава – 27 млн.

УДК 658.261

Копецька Юліана Олександрівна

аспірантка кафедри екологічного менеджменту та підприємництва

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ПІДПРИЄМСТВ ЦЕЛЮЛОЗНО- ПАПЕРОВОЇ ГАЛУЗІ

Анотація: Визначено основні проблеми інформаційно-методичного забезпечення енергетичного аналізу підприємств целюлозно-паперової галузі. Сформульовано вимоги до уніфікованої моделі інформаційно-методичного забезпечення енергетичного аналізу підприємств целюлозно-паперової галузі.

Ключові слова: енергоефективність, енергетичний баланс, енергетичні ресурси, непродуктивні втрати енергетичних ресурсів, питомі витрати палива

Kopetska Yuliana

Postgraduate student of the Department of Environmental Management and Entrepreneurship

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

INFORMATION AND METHODOLOGICAL PROVISION OF ENERGY ANALYSIS OF PULP AND PAPER INDUSTRY ENTERPRISES

Annotation: The main problems of informational and methodical provision of energy analysis of pulp and paper industry enterprises are determined. Requirements for a unified model of informational and methodical provision of energy analysis of enterprises in the pulp and paper industry are formulated.

Key words: energy efficiency, energy balance, energy resources, non-productive losses of energy resources, specific fuel consumption.

Ефективне використання енергетичних ресурсів підприємствами целюлозно-паперової галузі, вибір та успішна реалізація інвестиційних проектів, спрямованих на зниження енергоемності продукції, великою мірою залежить від якості, наповненості й наукової обґрунтованості інформаційного середовища менеджменту цих підприємств. Важливим інструментом формування інформаційно-аналітичної бази менеджменту у сфері енергоефективності є енергетичний аналіз. Відповідно до ISO 50001 «Система енергетичного менеджменту» енергетичний аналіз – визначення енергетичної результативності організації, що базується на даних та іншій інформації, що дозволяє ідентифікувати можливості для покращення діяльності [1].

Метою енергетичного аналізу целюлозно-паперових підприємств є

оцінка динаміки та ефективності споживання енергетичних ресурсів, виявлення непродуктивних витрат, ідентифікація резервів підвищення енергоефективності підприємства у т.ч. шляхом технічної модернізації виробничого обладнання, застосування альтернативних вторинних енергетичних ресурсів і т.д. Незважаючи на актуальність підвищення енергоефективності, дослідження організаційних засад енергетичного менеджменту на підприємствах целюлозно-паперової галузі показав, що проведення енергетичного аналізу не призводить до формування єдиного інформаційного середовища для управління. Це пов'язано, насамперед, з неефективністю інформаційно-методичного забезпечення як енергетичного менеджменту в цілому так і енергетичного аналізу зокрема через вплив таких факторів:

1. Відсутність стратегічного планування у сфері енергоефективності. Нині аналіз динаміки та ефективності споживання енергетичних ресурсів проводиться, як правило, для пошуку вирішення оперативних господарських проблем (зниження операційних витрат на придбання енергії і палива, дотримання вимог законодавства у сфері ресурсоспоживання, відповідність технічним умовам та ін.). Відсутність загальної стратегічної мети у сфері енергетичного менеджменту призводить до безсистемного накопичення інформації, нагромадження додаткових інформаційних потоків, непродуктивних витрат праці і робочого часу для їх обробки.

2. Відсутність єдиної методики накопичення й обробки даних у сфері енергоефективності.

3. Застосування обмеженої кількості індикаторів енергоефективності. Так, Розен В.П., Соловей А.І. і Чернявський А.В. зазначають, що результати діяльності підприємства у сфері енергоефективності нині оцінюються, головним чином, по фінансовим показникам, а також частковим показником енергоефективності. При цьому не проводиться оцінка потенціалу енергозбереження і ступені його використання, яка дозволяє виділити сильні і слабкі сторони в діяльності підприємства у сфері енергозбереження, розробити організаційні й технічні заходи [2].

4. Суб'єктивність первинних даних статистичної й аналітичної звітності через відсутність єдиної системи формування, акумулювання й узагальнення первинних даних бухгалтерського обліку, енергетичного аудиту та ін.

Враховуючи зазначене, актуальною вимогою часу є розробка уніфікованої моделі інформаційно-методичного забезпечення енергетичного аналізу підприємств целюлозно-паперової галузі – сукупність організаційних, інформаційних і технічних засобів, використання яких дозволить створити єдину систему збору, обробки й акумулювання даних про ефективність діяльності підприємства у сфері енергозбереження та використання енергетичних ресурсів. При розробці вказаної моделі необхідно враховувати наступні фактори, які мають коригуючий та/або обмежуючий характер:

1. Актуальність. Основною умовою при розробці будь-якої інформаційної системи є актуальність даних, що забезпечується систематичним надходженням оперативних даних за визначений звітний період.

2. Формування єдиного інформаційного центру – визначення

загального єдиного центру відповідальності, який акумулюватиме дані у сфері використання енергетичних ресурсів шляхом організації й контролю інформаційних потоків обслуговуючих підрозділів.

3. Усунення дублювання інформації з різних структурних підрозділів. Важливою умовою функціонування уніфікованої моделі інформаційно-методичного забезпечення енергетичного аналізу підприємств целюлозно-паперової галузі є мінімізація витрат часу на збирання первинних даних, зокрема, шляхом разового введення даних в інформаційну базу.

4. Уніфікація форм подачі аналітичних даних, їх автоматизація за допомогою спеціалізованих комп'ютерних програм.

5. Створення інформаційної бази для контролінгу – інструмент управління, що дозволяє оперативно виявити відхилення від планових індикаторів і своєчасно вжити заходів для усунення їх причин [2].

Враховуючи вище зазначене, модель інформаційно-методичного забезпечення енергетичного аналізу підприємств целюлозно-паперової галузі повинна включати три базові блоки:

1. Методичний – сукупність індикаторів енергоефективності підприємства, методика їх розрахунку та аналізу.

2. Організаційний – ідентифікація центрів формування інформації, визначення інструментів їх комунікації та взаємодії,

3. Технічний – сукупність технічних засобів, необхідних для акумулювання даних, їх систематизації, обробки і висвітлення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Національний стандарт України «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT)» [Електронний ресурс] / Міністерство економічного розвитку Україн. – 2015. – 27 с. – Режим доступу: <http://see.org.ua/files/books/%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3%20ISO%2050001%202015.pdf>.

2. Розен В.П. Разработка средств информационно-аналитического обеспечения энергетического аудита промышленных предприятий / В.П. Розен, А.И. Соловей, А.В. Чернявский. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://energomanagementpro.com/images/EnergyAuditChernyavskiy.pdf>.

3. Гончаренко Н.В. Теоретические и организационные основы экологического контроллинга /Гончаренко Н.В.// Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2013. – № 6. – С. 24-30. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2015/11/147_6.pdf

УДК 94(477)

Криськов Андрій, доцент; Криськова ЛарисаТернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Україна**ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ГУБЕРНІЙ
РОСІЙСЬКОЇ ІМПЕРІЇ ПОЧАТКУ XX ст.**

Дослідження присвячене визначенню кількісних та якісних параметрів електричних станцій в українських губерніях, які на початку XX ст. входили до складу Російської імперії.

Ключові слова: електростанція, струм, українські губернії, Російська імперія.

KryskovAndrij, Kryskova Larysa**ELECTRIC POWER STATIONS OF THE UKRAINIAN PROVINCES OF
THE RUSSIAN EMPIRE AT THE BEGINNING OF THE TWENTIETH
CENTURY**

The research is devoted to the definition of quantitative and qualitative parameters of electric power stations in Ukrainian provinces, which at the beginning of the 20th century were part of the Russian Empire.

Key words: electric power station, stream, Ukrainian provinces, Russian Empire.

Економічні характеристики виробництва електроенергії залежать від типу електростанції і виду технологічного палива, від ступеню її завантаженості і режиму роботи. Кількість спожитої електроенергії у всьому світі наприкінці XIX – на початку XX ст. визначалася за приладами обліку (однофазні і трифазні індукційні електролічильники) і оформлялася документально. Однак при споживанні власної електроенергії на власному підприємстві чи домогосподарстві реалізації не відбувалося. Право власності не переходило, виручка була відсутньою і враховувати названу продукцію при первинному бухгалтерському обліку не було необхідності. Тому величезна кількість виробленої електроенергії перебувала поза статистичним обліком. До 1900 р. у Російській імперії електрична енергія законодавчо не вважалася предметом власності; з 1902 р. лічильники отримали порядкові номери і стали пломбуватися. Але електроенергія, яка вироблялася фабрично-заводськими електростанціями, товаром взагалі не вважалася, тому облік її практично не вівся.

У розвитку електроенергетики Російська імперія на початку XX ст. відставала від розвинених капіталістичних країн. Наприклад, Німеччина випереджала її за кількістю електростанцій у чотири, а за їхньою потужністю – у п'ять разів. У 1906 р. в Російській імперії провели так званий «енергетичний перепис», під час якого обстежили 133 центральні і 5462 приватні станції. До категорії «центральної» станції були віднесені підприємства, які відпускали електричну енергію для електричного освітлення, трамвайного руху і для живлення електричних двигунів приватних споживачів і міських комунальних служб. Відповідно до типу

власності вони були приватними, акціонерними і комунальними. Переважну більшість приватних станцій складали фабрично-заводські електроустановки, призначені для освітлення і передачі струму. Їхня справжня кількість не встановлена, оскільки так і не було вирішене питання про те, яка державна організація має збирати і обробляти дані про них.

Фабрично-заводські установки поділялися на теплові та гідроелектричні. Оскільки в імперії існував так званий «котловий нагляд», то всі теплові електростанції перевірялися. Їхні власники сплачували державі «котловий збір» у розмірі 66 руб. за котли з площею нагріву до 1 тис. кв. футів і по 3 коп. за кожен кв. фут понад 1 тис. До категорії «приватних станцій» належали також державні енергопідприємства, призначені для автономного електроспоживання урядових будівель та інших об'єктів державного і оборонного значення.

Таблиця 1

Виробництво електроенергії центральними і приватними електростанціями українських губерній Російської імперії у 1913 р.

Губернії	Центральні станції		Приватні станції	
	Кількість станцій	Вироблено кВт/год	Кількість станцій	Вироблено кВт/год
Волинська	3	1159730	188	8426570
Катеринославська	13	9055020	501	269150420
Київська	7	76844230	365	90343080
Подільська	9	1191220	134	4355630
Полтавська	4	2307230	73	4765080
Таврійська	12	3888570	207	12040450
Харківська	6	6516680	266	40699640
Херсонська	8	20424840	292	36599740
Чернігівська	5	676850	112	5196979
Разом:	67	122064370	2138	471577589

В цілому, порівнюючи дані по українським губерніям із загальноросійськими, можна дійти наступних висновків. Із загальної кількості (316) «центральної станції» в імперії у 1913 р. в українських губерніях функціонувало 67, або 21,2%. Водночас, вони виробили 19,7% електроенергії (загальноросійське виробництво – 620336400 кВт/год). Із 9221 «приватної станції» Російської імперії 2138, або 23,2%, перебували в українських губерніях. Сумарно вони виробили 25,1% електроенергії «приватних станцій» імперії.

З даних табл. 1 видно, що найбільше «центральної станції» в українських губерніях було у Катеринославській губернії – 13. Проте найбільше електроенергії виробили 7 станцій Київської губернії. Щодо «приватних станцій», то лідерство як за кількістю станцій, так і за виробництвом електроенергії, належало Катеринославській губернії. Цьому є пояснення, адже саме у цій губернії наприкінці XIX – на початку XX ст. бурхливо розвивалася гірничо-видобувна, металургійна та машинобудівна промисловості.

УДК 531.9

Олександр Рокіцький, доцент

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ІВАН ПУЛЮЙ (1845-1918). ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

В роботі представлено діяльність видатного українського вченого Івана Пулюя в області електротехніки.

Ключові слова: електротехніка, електричні розряди, лампи розжарювання.

Olexander Rokitskyi

ELECTROENGINEERING INVESTIGATIONS

Activity of the famous Ukrainian scientist I.Puluj in the field of electroengineering is presented in the paper.

Key words: electroengineering, electric discharges, filament lamp.

Для ширшого українського загалу ім'я видатного вченого Івана Пулюя асоціює переважно з перекладом Святого Письма, дослідженнями катодних та Х-променів, хоча визнання його заслуг перед наукою відбулося насамперед завдяки плідній діяльності в галузі електротехніки, якою почав цікавитися ще в Страсбурзькому університеті, куди в 1875 році молодим науковцем приїхав для навчання і праці. І хоча тема дисертаційної роботи і подальша наукова діяльність були пов'язані з чистою фізикою, при першій вагомій нагоді він звертається до електротехніки і вже не пориває з нею до останніх років життя.

Систематичну діяльність на цій ниві І.Пулюй розпочав з дослідження деяких процесів у електричних лампах розжарювання з метою їх вдосконалення. Маючи за плечима сильну наукову школу експериментальної фізики проф. А.Кундта та майже десять років науково-дослідницької роботи у фізичних лабораторіях проф. В.Лянга, І.Пулюй підходить до розв'язання існуючої проблеми насамперед як фізик. Це видно вже з аналізу його першої публікації під назвою «Про електричні розряди в лампах розжарювання із застосуванням струмів високої напруги», яка фактично стала продовженням багаторічної попередньої праці по вивченню електричних розрядів у розріджених газах. Робота містить багато надзвичайно цікавих наукових спостережень, припущень і тверджень, що були важливими на той час для пізнання суті електричних явищ у вакуумі. Про вагомість цих тверджень можна судити з того, що в цьому ж 1883 році І. Пулюй видав монографію «Промениста електродна матерія і так званий четвертий агрегатний стан», яка була зібранням усіх його попередніх публікацій на згадану тему. Зважаючи на велику зацікавленість цими працями в наукових колах, Лондонське фізичне товариство у 1889 році перевидав її в англійському перекладі окремим томом у серії «Physikal Memoirs», котра присвячена найважливішим фізичним дослідженням світового рівня. Ці праці стали фундаментальними у дослідженні природи і властивостей катодних променів, а, отже, знаковими для епохальних відкриттів Х-променів та електрона.

У пошуках нових ефективних джерел світла І.Пулюй сконструював низку фосфоресцентних ламп. Найвідоміша із них мала кільцевий катод й еліптичну фосфоресцюючу пластину, розміщену між анодом і катодом під певним кутом до напрямку поширення катодних променів. Світло цієї лампи дозволяло читати на відстані 4-5 метрів. Як з'ясувалося через 14 років, ця лампа була потужним джерелом випромінювання Х-променів і послужила прообразом майбутньої рентгенівської трубки.

Як бачимо, зацікавленість І.Пулюя проблемами світлотехніки була тісно пов'язана з його попередніми науковими дослідженнями. Саме це, а також поєднання неординарних експериментальних здібностей з вмінням проаналізувати

фізичну суть спостережуваних явищ дозволило йому в короткому часі суттєво покращити робочі параметри освітлювальних ламп розжарювання конструкції Едисона.

Цим молодий науковець привернув до себе увагу відомих промисловців, і вже наприкінці 1883 року його запрошують на посаду консультанта всесвітньо відомої фабрики зброї в австрійському місті Штайр, де згодом він організовує й очолює виробництво освітлювальних ламп розжарювання власної конструкції. Всього на цій фабриці було виготовлено понад 92 тис. таких ламп. Влітку 1884 року у Штайрі проводилася міжнародна електротехнічна промислова виставка. За описами тогочасної преси близько тисячі ламп І.Пулюя, а також дугові лампи «чеського Едисона» Франтішека Кжіжіка освітлювали територію виставки та прилеглі до неї вулиці міста. Ця подія стала переломною в подальшій долі нашого земляка. Виставку відвідав цісар Австро-Угорщини Франц-Йосиф, і, як писали газети, перебуваючи під великим враженням від небаченої досі ілюмінації, тривалий час розмовляв з І.Пулюєм, а через 2 місяці Міністерство освіти запросило вченого на посаду професора експериментальної і технічної фізики в Німецькій високій технічній школі у Празі.

У короткому часі молодий професор розгорнув на новому місці плідну педагогічну та організаторську діяльність. Усвідомлюючи значимість перспективи, що відкривається перед електротехнікою, І.Пулюй вводить у навчальні програми поряд з фізикою новий курс – електротехніку. Впродовж 18 років особисто забезпечує навчання з цих двох важливих дисциплін, постійно розширюючи і вдосконалюючи навчальні програми та матеріально-технічну базу. На посаді ректора Празької політехніки в 1888-1889 н.р. добивається будівництва нових та реконструкції наявних приміщень, оновлення технічного обладнання, переконує Міністерство освіти в необхідності побудови модерного електротехнічного інституту. У 1902 році відкриває в Політехніці окрему кафедру електротехніки, яку очолює до виходу на пенсію у 1916 році.

Празький період діяльності вченого пов'язаний з електротехнікою. Його теоретичні праці з електродинаміки змінних струмів лягли у фундамент Теоретичних основ електротехніки, а винаходи з практичної електротехніки дали можливість спростити методику визначення коефіцієнта самоіндукції та різниці фаз між коливаннями двох змінних струмів. Винахід, що забезпечував телефонну мережу від струмів високої напруги, був запатентований у передових європейських країнах.

Зацікавившись електроенергетикою, з часом І.Пулюй стає найбільш авторитетним експертом з питань проектування і будівництва електростанцій та електричних мереж на території Чехії. Крім празької, що успішно функціонує до сьогоднішнього дня, він керував спорудженням електривень у Цвікау, Марієнбаді, Франценсбаді та інших містах Чехії. У 1896 році почалося проектування найбільшої в Чехії гідроелектростанції поблизу м. Гогенфурт з великим перепадом рівнів води (94,5 м) та використанням реактивних турбін. Головним експертом від уряду за наглядом проектних та будівельних робіт було призначено І.Пулюя. Велику статтю про цю гідроелектростанцію, що містить детальний опис різних технологічних процесів та будівель з відповідними фотографіями та електричними схемами, І.Пулюй опублікував у 1905 році як німецькою, так і українською мовами.

Необхідно зазначити, що І.Пулюй був одним з організаторів Віденського електротехнічного товариства, фундатором і довголітнім президентом такого ж товариства у Празі, членом різних наукових і технічних товариств, зокрема одним із перших дійсних членів НТШ. Уряд Австро-Угорщини високо оцінив заслуги вченого перед наукою і державою, нагородивши його орденом Залізної корони, Комтурським хрестом імператорського ордена Франца-Йосифа, надавши почесне звання Радника цісарського двору. Франкові слова «знаменитий електротехнік і визначний письменник» – лише одне із багатьох похвальних висловлювань сучасників про І.Пулюя як вченого, громадянина і патріота.

УДК 628.938

Олександр ПітяковХарківський національний університет міського господарства
ім. О.М. Бекетова, Україна**ФОТОБІОЛОГІЧНА ДІЯ СВІТЛОДІОДІВ ТА ПРОБЛЕМИ
ФОТОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЇХ ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Проведено аналіз фотобіологічної дії світлодіодних джерел світла та метрології і стандартизації параметрів їх фотобіологічної безпеки

Ключові слова: світлодіод, фотобіологічна дія, фотобіологічна безпека, циркадний ритм, сітківка ока

Oleksandr Pitiakov**PHOTOBIOLOGICAL EFFECT OF LIGHT-EMITTING DIODE AND
PROBLEMS OF PHOTOBIOLOGICAL SAFETY OF THEIR RADIATION**

An analysis of photobiological effects of light-emitting diode light sources and metrology and standardization of their photobiological safety parameters is made.

Key words: light diode, photobiological action, photobiotic safety, circadian rhythm, retina

З кожним роком людська праця, відпочинок та побут все більше пов'язані з використанням сучасних світлодіодних технологій. За показниками енергоефективності світлодіоди стали абсолютними лідерами серед штучних джерел випромінювання. Швидкі темпи розвитку світлодіодних технологій ставлять перед науковцями цілий ряд задач.

Відкриття **Джеффрі Холлом, Майклом Росбашем та Майклом Юнгом** молекулярних механізмів, які контролюють циркадний ритм, вимагають більш детальних досліджень фотобіологічної дії штучних джерел світла, а особливо твердотільних [1]. Більшість генів людини регулюється біологічним годинником, тому циркадний ритм пристосовує фізіологію людини до різних етапів дня. Штучне освітлення може змінювати циркадні ритми організмів, а відповідно, здійснювати вплив на генному рівні, тому слід особливу увагу приділяти фотобіологічним показникам випромінювання.

Питання фотобіологічної безпеки штучного освітлення піднімаються науковцями різних напрямків науки. Зокрема гостро стоїть питання зорового здоров'я у дітей та підлітків, оскільки освітлювальні установки багатьох дошкільних та навчальних закладів або морально застарілі, або не відповідають чинним нормам, не кажучи вже про врахування фотобіологічної безпеки випромінювання.

Як відомо, першими стандартами по безпеці випромінювання джерел світла були стандарти для лазерних установок. Ці стандарти застосовувалися деякий час і для оцінки фотобіологічної безпеки джерел, які використовувалися в освітленні приміщень, однак такий підхід був некоректним. Тому Міжнародна комісія по освітленню CIE впровадила стандарт ІЕС 62471 [2]. Стандарт вводить обмеження граничної дози опромінення людини від джерел світла та освітлювальних установок.

Для оцінки спектральної дози опромінення стандартом введено поправку на розмір сітківки ока людини та рух очей спостерігача. Таким чином, для визначення фотобіологічної дії джерел випромінювання необхідно виміряти спектральну щільність енергетичної освітленості з проведенням розрахунків на її основі, а також важливим параметром при цьому є визначення зміни діаметра зіниці.

Для вимірювання показників фотобіологічної безпеки, згідно стандарту IEC 62471, БелГІМ спільно з ТОВ «Церсис Аналітик» (Білорусь) створили установку ФобІІІ-1 [3]. Конструкція установки включає програмно-апаратний комплекс на основі спектрорадіометра та лампового блока.

Проблемою фотобіологічного впливу твердотільних джерел світла (SSL) займалися й німецькі науковці [4]. В своєму звіті на дослідження оцінки фотобіологічної безпеки світлодіодів було відзначено, що основною загрозою від випромінювання SSL є їх фотобіологічний вплив на сітківку ока людини. В досліджених зразках світлодіодів встановлено, що два з них перевищили гранично допустиму норму випромінювання яке призводить до фотохімічного пошкодження сітківки ока. Також дослідження показало, що світлодіоди білого та синього випромінювання перевищували межі фотобіологічної дози опромінення при тривалій дії їх випромінювання на зіницю ока. Перевищення граничної дози опромінення сітківки від цих світлодіодів наставало через 10 секунд прямого попадання світла на сітківку. У випромінюванні зеленого, червоного та жовтого світлодіодів такого не спостерігалось.

Слід зазначити, що проблема фотобіологічного впливу випромінювання на організм та стан здоров'я людини стає надважливою в сучасних умовах широкого впровадження SSL в Україні і потребує всебічного вивчення. Це вимагає комплексного підходу при розробці методик дослідження параметрів фотобіологічної дії випромінювання для отримання найбільш точних і технологічно простих результатів. Параметри фотобіологічної дії випромінювання необхідно враховувати при проектуванні установок світлодіодного освітлення. Адже світло впливає на організм на генному рівні, а зір та здоров'я невід'ємно пов'язані з випромінюванням природних та штучних джерел світла.

В доповіді наведено узагальнення результатів наукових робіт та досліджень з фотобіологічного впливу SSL.

Список використаних джерел

1. Scientific Background Discoveries of Molecular Mechanisms Controlling the Circadian Rhythm: Press Release The Nobel Assembly at Karolinska Institutet 2017 [Electronic resource] / The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2017 Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash, Michael W. Young – Mode of access: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/201/press.html.
2. IEC 62471 ED. 1.0 B:2006 /Photobiological safety of lamps and lamp systems/ Standard by International Electrotechnical Commission, 2006, pp. 89.
3. Скумс Д.В Установка для оценки фотобиологической безопасности светодиодных источников освещения ФобІІІ-1/ Скумс Д.В, Ерошенко Б.В. // Матеріали VI Міжнародної науково-технічної конференції «Актуальні проблеми світлотехніки» (Харків, 4 – 6 жовтня 2017 р.) – Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, 2017. – С. 114 – 115.
4. Udovičić, F. Photobiologische Sicherheit von Licht emittierenden Dioden (LED) / Udovičić, F. Mainusch, M. Janßen, D. Nowack, G. Ott // Projekt F 2115 – der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund/Berlin/Dresden 2013

УДК 628.9.02

Юрій Семків¹; Володимир Андрійчук¹; Ярослав Осадца¹; Валерій Касеркевич²

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Львівський національний університет імені Івана Франка, Україна

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

Розроблено математичну модель для розрахунку світлового забруднення атмосфери, що враховує кількість населення міста, кількість та типи світильників, світловіддачу ламп, площу освітленої частини міста.

Ключові слова: світлове забруднення, нічне небо, яскравість, джерела світлового забруднення

Yuriy Semkiv; Volodymyr Andriychuk; Yaroslav Osadtsa; Valeriy Kaserkevych

MATHEMATICAL MODELING OF ATMOSPHERE LIGHT POLLUTION

The mathematical model for calculation of light atmospheric pollution was developed. This model takes into account the city population, number and types of fixtures, light output of lamps, area of the illuminated part of the city.

Key words: light pollution, night sky, brightness, sources of light pollution

Явище світлового забруднення виникає внаслідок напрямленого вгору штучного світла. Світлове забруднення – освітлення нічного неба штучними джерелами світла, світло яких розсіюється в нижніх шарах атмосфери. Іноді це явище також називають світловим смогом. Основними джерелами світлового забруднення є великі міста і промислові комплекси. На більшості обсерваторій яскравість неба в 22,5^m/кв. секунди (10^{-4} кд/м²) вважається чудовою. Яскравість неба, як і слабких протяжних об'єктів, можна виражати в світлових, енергетичних одиницях – застосовується в звичайних фотометричних розрахунках та астрофізичних (зоряних величинах на квадратну секунду mag/sec²) – використовується тільки в астрофізиці. Середнє значення яскравості фону темного неба складає приблизно 21,5 (mag/sec²), що відповідає інтенсивності – $2,5 \cdot 10^{-3}$ квант/см²·с· кв сек дуги ($1,6 \cdot 10^{-6}$ квант/см²·с· кв сек дуги).

Існують такі основні моделі світлового забруднення:

- фотометрична статистична модель світлового забруднення:

$$V = 29 + 0.02 \cdot r + 2.5 \cdot \log(r^2/N); \quad (1)$$

де V – яскравість в зеніті в (mag/sec²); r – віддаль від населеного пункту в км.; N – число жителів.

- модель Уолкера:

$$I=0,01 \cdot N \cdot r^{-2,5}; L=11300000 \cdot N \cdot R^{-2,5}, \quad (2)$$

де I – % перевищення світлового забруднення над фоном неба; L – яскравість неба в зеніті в наноламбертах (нЛб); R – віддаль в метрах.

-модель Шейфера

$$m_{\max} = 8,68 - 1,2k_v - 5 \cdot \lg(1 + 0.158B^{1/2}), \quad (3)$$

де B – яскравість неба, нЛб в фотометричній полосі V , k_v – коеф. екстинкції.

Недолік цих моделей полягає в тому, що не враховується метеоумови і тип освітлення міст. Тому пропонується модель, яка враховує кількість, типи джерел світла, їх світлотехнічні характеристики, а також кліматичні умови. Відповідно до цієї моделі енергетична яскравість L_v ((к-сть фотонів) / (см² · сек · стеррадіан)) , що засвічує атмосферу в зеніті розраховується за виразом:

$$L_v = Nph [1\text{лм}] \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot \beta \cdot (1 + \delta_1) \left(\sum_{i=1}^{i=z} f_i \cdot N_i \cdot P_i \right) / (S \cdot 2\pi); \quad (4)$$

де S – площа освітленої частини міста, м²; $\delta = 0,01 - 0,3$ – коефіцієнт, що враховує відбиття світла в атмосферу; $\delta_1 = 0,1 - 0,4$ – коефіцієнт, що враховує попадання прямого світла в атмосферу; z – кількість типів ламп; f_i – світловіддача i -го типу лампи, лм/вт; N_i – кількість ламп даного типу; β – відношення освітленої до загальної площі міста; P_i – потужність електрична i -ї лампи, Вт; $Nph [1\text{лм}] = Nph [1\text{Вт}] / 683 = 0,409 \cdot 10^{16}$ фот с⁻¹ – значення числа фотонів при $\mu = 555$ нм за секунду в енергетичному потоці рівному 1/683 Вт, що на даній довжині хвилі відповідає світловому потоку в 1 лм.

Якщо відома яскравість земної поверхні L_z , то яскравість неба L_v (Кандела/м²) при зенітній висоті z становить:

$$L_v = L_z \cdot (1 - P_0^H \cdot M(z)) \cdot \beta / (1 + P_0^H \cdot M(z)), \quad (5)$$

або:

$$L_v = E \cdot \delta \cdot \beta \cdot (1 + \delta_1) \cdot (1 - P_0^H \cdot M(z)) / (\pi \cdot (1 + P_0^H \cdot M(z))); \quad (6)$$

де E – освітленість земної поверхні, лк; $P = e^{-\lambda}$ – коефіцієнт прозорості; λ – коефіцієнт ослаблення світла, км⁻¹; $H_0 = 4-8$ км. – висота однорідної атмосфери; $M(z) = \sec z$.

Ослаблення блиску Δm (в зоряних величинах mag) зір з врахуванням світлового забруднення атмосфери:

$$\Delta m = \delta m - (2.5 \lg p)[M(z) - 1] - 2,5 \lg(1 + L/L_{\text{пр}}), \quad (7)$$

де δm – величина зенітного атмосферного поглинання в різних моделях атмосфери: в релеєвській моделі $\delta m = 0.17^m$, в фоновій моделі аерозоля $\delta m = 0.26^m$, в середній моделі $\delta m = 0.34^m$; $L_{\text{пр}}$ – природна яскравість неба: (10⁷/4π фотонів нм⁻¹см⁻²с⁻¹) або 174 μcd/м²; L – яскравість неба від штучної засвітки; P – коеф. прозорості атмосфери.

УДК 628.981**Дмитро Фелоненко**

Полтавський політехнічний коледж Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут», Україна

ВПЛИВ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Проаналізовано фактори небезпеки світлодіодного випромінювання та рекомендації щодо їх усунення.

Ключові слова: світлодіодна лампа, випромінювання, фотобіологічна безпека

Dmytro Felonenko

THE EFFECT OF LED LAMPS ON HUMAN HEALTH

Analyzed the hazard of led radiation and recommendations for their elimination.

Keywords: LED bulb, radiation, photobiotic safety

За останні роки серед населення велике поширення отримали світлодіодні лампи. Постачальники цієї продукції запевняють покупців в тому, що лампи економічні, довговічні і світять набагато яскравіше, ніж лампи розжарювання. Здається, що така продукція досить корисна, просування відбувається навіть на рівні держави. Адже не секрет, що у багатьох громадських закладах масово міняють старі освітлювальні прилади на нові інноваційні. Незважаючи на таку активну рекламу, деякі люди замислюються, чи шкідливі світлодіодні лампи для здоров'я і, якщо так, то в чому це виражається [1].

Дослідженням та впливом світлодіодного освітлення займаються такі вчені як: З. Готра, В. Корнага, В. Мартіросова, Г. Нікітський, І. Пастух, А. Рибалочка, В. Сорокін, В. Щиренко та інші.

Білоруський державний інститут метрології (БелГІМ), що є одним з ланок Системи забезпечення єдності вимірювань Республіки Білорусь, також проводив свої дослідження. Загалом, сфера діяльності інституту постійно розширюється і охоплює зараз розробку і виготовлення еталонів і стандартних зразків; випробування, метрологічну атестацію, перевірку, калібрування засобів вимірювальної техніки; створення і підтримання еталонної бази республіки; проведення високоточних вимірювань; розробку технічних нормативних правових актів; випробування і сертифікацію продукції, послуг, персоналу та систем менеджменту; дослідження в галузі метрології; стажування фахівців і навчання метрологів.

Незважаючи на очевидні переваги світлодіодних ламп, багато вчених рекомендують уникати світлодіодного освітлення, особливо в темний час доби перед сном. Цілий ряд досліджень виявляє зв'язок між впливом світла в

нічний час і виникненням різних захворювань, в тому числі й злоякісних пухлин (молочної залози, простати), діабету, хвороби серця і ожиріння. Світло пригнічує секрецію мелатоніну - гормону, який впливає на цикл дня і ночі. Але освітлення є «небезпечним» тільки тоді, коли людина піддається його впливу в той час, коли ми повинні перебувати в темряві, і якщо вплив випромінювання досить інтенсивний і тривалий. До такого висновку дійшов італійський фізик Фабіо Фалчі [2]. У той час як світло будь-якого спектра може придушити секрецію мелатоніну, синє світло робить це в більшій мірі. Тому вчені рекомендують більше покладатися на освітлення ламп розжарювання після настання темряви, особливо в спальні.

Також, щоб не порушувати режим дня і ночі вчені-дослідники рекомендують:

- використовувати тьмяне освітлення червоного спектра;
- не дивитися на яскравий екран за 2-3 години перед сном;
- при роботі в нічний час з великою кількістю електронних пристроїв носити спеціальні окуляри, які блокують синій спектр.

Синє випромінювання світлодіодних джерел світла чинить сітківці ока травми наступного типу:

- *фотомеханічні* - ефект прямої ударної дії;
- *фотометричні* - можуть виникати при підвищенні температури в навколишньому середовищі;
- *фотохімічні* - відбуваються в момент зміни структур макромолекул.

Отже, враховуючи ряд досліджень щодо впливу світлодіодного випромінювання на здоров'я людини можна зробити висновок, що світлодіодні лампи не такі ідеальні як здаються на перший погляд, хоча вони й активно рекламуються. У зв'язку з цим світлодіодні лампи повинні бути всебічно вивчені щодо впливу їх випромінювання на здоров'я людини.

Список використаних джерел:

1. Шкідливі світлодіодні лампи для здоров'я людини. [Електронний ресурс]// Діагноз: ваш гід в світі здоров'я. – Режим доступу: <http://diagnoz03.in.ua/otruyennya/shkidlivi-svitlodiodni-lampi-dlia-zdorovia-ludini.html>
2. Литвинова А. Вред светодиодных ламп. [Електронний ресурс]//Nature-time – сайт экологической грамотности. – Режим доступу: <http://nature-time.ru/2014/08/vred-svetodiodnyih-lamp/>

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

А. Лупенко

ЕЛЕКТРОННІ ПУСКОРЕГУЛЮВАЛЬНІ АПАРАТИ З УСУНЕННЯМ
АКУСТИЧНОГО РЕЗОНАНСУ В РОЗРЯДНИХ ЛАМПАХ ВИСОКОГО
ТИСКУ 5

Л. Назаренко

ЩОДО ЗАПРОПОНОВАНИХ МЕТРИКАХ СВІТЛА ТА ОСВІТЛЕНOSTІ 8

В. Сорокін

ВПРОВАДЖЕННЯ СВІТЛОДІОДНИХ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ 9

В. Федорейко, Р. Загородній

ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
БІОТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ШЛЯХОМ ОРГАНІЗАЦІЇ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ЙОГО РОБОТИ..... 11

Я. Філюк; В. Андрійчук

СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО ЖИВЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОГО
ОСВІТЛЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ..... 13

СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

**СЕКЦІЯ А – ДЖЕРЕЛА СВІТЛА. ОСВІТЛЮВАЛЬНІ ТА
ОПРОМІНЮВАЛЬНІ УСТАНОВКИ. СВІТЛОТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ. КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ У СВІТЛОТЕХНІЦІ**

S.I. Malulu

LED LIGHT SOURCES IN THE WORLD AND NAMIBIA 15

В. Андрійчук, М. Липовецький; Я. Осадца

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА
ПРИ ІМПУЛЬСНОМУ ЖИВЛЕННІ..... 17

В. Андрійчук, С. Поталіцин, О. Кумчик

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ
ПРОМИСЛОВИХ СВІТЛОДІОДНИХ СВІТЛОВИХ ПРИЛАДІВ 19

В. Бахметьев, В. Малыгин, М. Кескинова, А. Долгин, К Огурцов, Н. Подсыпанина, Л. Лебедев, И. Туркин, М. Сычев, Е. Зеленина, Е. Шешин ЛЮМИНОФОРЫ ДЛЯ КАТОДО- И РАДИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ	22
І. Беякова, В.Медвідь, В.Пісьціо, О.Щкодзінський ВИКОРИСТАННЯ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП У ДЕКОРАТИВНОМУ ОСВІТЛЕННІ ПРИМІЩЕН	23
Е. Билык, Л. Назаренко КОЛОРИМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА LMS	26
Ю. Квач МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІЗУАЛЬНОГО ПОШУКУ НЕ ТОЧКОВИХ СТАТИЧНИХ ОБ’ЄКТІВ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB	28
В.Коваль ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ДИНАМІЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ ДОВГИХ КОРИДОРІВ.....	30
Г. Кожушко, Ю. Басова, Л. Губа, С. Кислиця ЩОДО СПОЖИВЧИХ ПЕРЕВАГ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП ПОБУТОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	32
К.Kozak, V.Homyshyn SMART STREET LIGHTING SYSTEM IN A MODERN CITY.....	35
А. Колесник, Д. Усіченко, РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ СВІТИЛЬНИКА.....	38
О.Колеснік, Т. Можаровська, Л. Назаренко МЕЗОПІЧНА ФОТОМЕТРІЯ	39
Г. Кононенко, Л.Назаренко ПРО КОНЦЕПЦІЮ СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА МІСТА	41
В. Корнага, Д. Калустова, О. Олійник МОДЕЛЮВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВИСОКИХ ІНДЕКСІВ КОЛЬОРОПЕРЕДАЧІ РЕЗУЛЬТУЮЧОГО СВІТЛА В ДІАПАЗОНІ КОЛІРНИХ ТЕМПЕРАТУР 3000 К÷7000 К	43
М. Котик В.Андрійчук, Л.Костик ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ РОСЛИН ПРИ ФОТОІМПУЛЬСНІЙ СТИМУЛЯЦІЇ	45

Р.Кріль, Я. Осадца, В.Бадишук КОЛОРИМЕТРИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ НЕСАМОСВІТНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОЕЛЕМЕНТНИХ ФОТОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	47
А. Литвинов, С. Литовченко, Л. Назаренко МЕТОДИКА ВЫБОРА ФУНКЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ	49
В.Гаронин, А. Степанов, Е. Муха, Б. Казаркин, А. Смирнов МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СВЕТОДИОДОВ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ COMSOL MULTIPHYSICS	51
М.Наконечний, С. Поталіцин, М. Липовецький РЕЄСТРАТОР СПЕКТРУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ИСП-51 НА ОСНОВІ ПРИСТРОЮ ЗАРЯДНОГО ЗВ'ЯЗКУ	52
П.Несжмаков, М.В. Гур'єв МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ LED ЛАМП.....	54
А. Семенов, Г. Кожушко, Т.Сахно ПРОГНОЗУВАННЯ КОРИСНОГО СТРОКУ СЛУЖБИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИХ ЛАМП ЗА СТАБІЛЬНІСТЮ ПРОМЕНЕВОГО ПОТОКУ	56
А. Семенов, Г. Кожушко, Т.Сахно ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ МІКРОБІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ УФ-ОПРОМІНЕННЯМ	59
В.Гаронин, А. Степанов, Е. Муха, Б. Казаркин, А. Смирнов МОДЕЛИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДНОЙ СТРУКТУРЫ СИНЕГО ДИАПАЗОНА НА ОСНОВЕ InGaN/GaN В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ COMSOL MULTIPHYSICS.....	62
П. Несжмаков, О. Купко, В. Терещенко СТАНДАРТНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СВІТЛОВИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ	63
А. Фомин ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИНЗ В ПРОЦЕССЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОПЫТНЫХ ОБРАЗЦОВ	65
Д. Хміль, О. Камуз, В. Сорокін, О. Посудієвський ГІБРИДНІ ЛЮМІНОФОРИ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ CRI БЛИХ СВІТЛОДІОДІВ	67
Б. Шабашкевич, Ю. Добровольський, В. Юр'єв ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ КОРОТКИХ СВІТЛОВИХ ІМПУЛЬСІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ФОТОМЕТРА ЕКОТЕНЗОР-03	68

**СЕКЦІЯ Б – ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ.
НОРМАЛІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ. КОМП'ЮТЕРНІ МЕТОДИ В
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ**

Я.Балянт, М.Зінь, В.Гетманюк

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ
ВИКОРИСТАННЯ РІДКОГО БІОПАЛИВА З БІОСИРОВИНИ
РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ В УКРАЇНІ..... 70

В. Беловінцев

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ 73

О. Бешта, Н. Бурега, М. Рутило, А. Пальчик, Ю. Добровольський

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ФОТОБІОРЕАКТОРА В ПРОЦЕСІ ГЕНЕРАЦІЇ НОВОЇ БІОМАСИ 75

О. Вакуленко, П. Євтух

ЕЛЕКТРИЧНІ ВТРАТИ В ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ..... 77

М. Зінь, Ю.Підгайний

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ
ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ..... 79

Т. Козирська

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ ТА ФАКТОРІВ РОЗВИТКУ
СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ 82

В.Козирський, В. Момотюк

ЕНЕРГООЩАДНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ ХЛІБОКОМБІНАТУ 83

В. Коробський

РОЗРАХУНОК ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС КОМУТАЦІЇ
В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПУСКАЧУ ПРИ ЗАМІНІ СЕРІЙНОГО НА
ДОСЛІДНИЙ КОНТАКТНИЙ МАТЕРІАЛ..... 85

В. Кукла, Р. Івасечко, В. Гетманюк

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ
МОДУЛІВ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В
ЕЛЕКТРИЧНУ 87

А. Кісь

ТЕНДЕНЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ЕНЕРГІЇ В
ОСВІТЛЕННІ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННИХ КОМПЛЕКСІВ 89

О. Мальчик, М.Зінь, В.Гетманюк ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ ДЛЯ КОМБІНОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ТА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ З МІСЦЕВИХ ВИДІВ ПАЛИВА	91
Т. Назарко, Р.Ткачук ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОРЕТИНОГРАФІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦІНКИ НЕЙРОТОКСИКАЦІЇ ЛЮДИНИ.....	94
Б.Оробчук ДІЛОВІ ІГРИ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ В ЯКОСТІ ІНСТРУМЕНТА ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ	95
О.Романчук АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ СОНЯЧНИХ ТЕПЛОВИХ КОЛЕКТОРІВ	97
М. Тарасенко, В. Бурмака, К. Козак ЗАЛЕЖНОСТІ ВІДНОСНОЇ ПЛОЩІ ЗАСКЛЕННЯ ВІД ЗАГАЛЬНОЇ ПЛОЩІ ВІКОННОГО ПРОРІЗУ	99
М. Шабдінов ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ	101
В. Яськів МОДУЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ВИСОКОЧАСТОТНИХ МАГНІТНИХ ПІДСИЛЮВАЧІВ.....	103
СЕКЦІЯ В – ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ У СВІТЛОТЕХНІЦІ Й ЕЛЕКТРОТЕХНІЦІ. СВІТЛО ТА ЗДОРОВ'Я	
В. Андрійчук, В. Кузь ОПРОМІНЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	106
О. Герман, С. Криськова З ІСТОРІЇ ТРАМВАЮ В УКРАЇНІ (ДО 125 РІЧЧЯ СТВОРЕННЯ)	108
Ю. Копецька ІНФОРМАЦІЙНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АНАЛІЗУ ПІДПРИЄМСТВ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ГАЛУЗІ	109
А. Криськов, Л. Криськова ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ УКРАЇНСЬКИХ ГУБЕРНІЙ РОСІЙСЬКОЇ ІМПЕРІЇ ПОЧАТКУ ХХ ст.	112
О. Рокіцький ІВАН ПУЛЮЙ (1845-1918). ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	114

О. Пітяков

ФОТОБІОЛОГІЧНА ДІЯ СВІТЛОДІОДІВ ТА ПРОБЛЕМИ
ФОТОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЇХ ВИПРОМІНЮВАННЯ 116

Ю. Семків, В. Андрійчук, Я. Осадца, В. Касеркевич

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ
АТМОСФЕРИ 118

Д. Фелоненко

ВПЛИВ СВІТЛОДІОДНИХ ЛАМП НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ 120