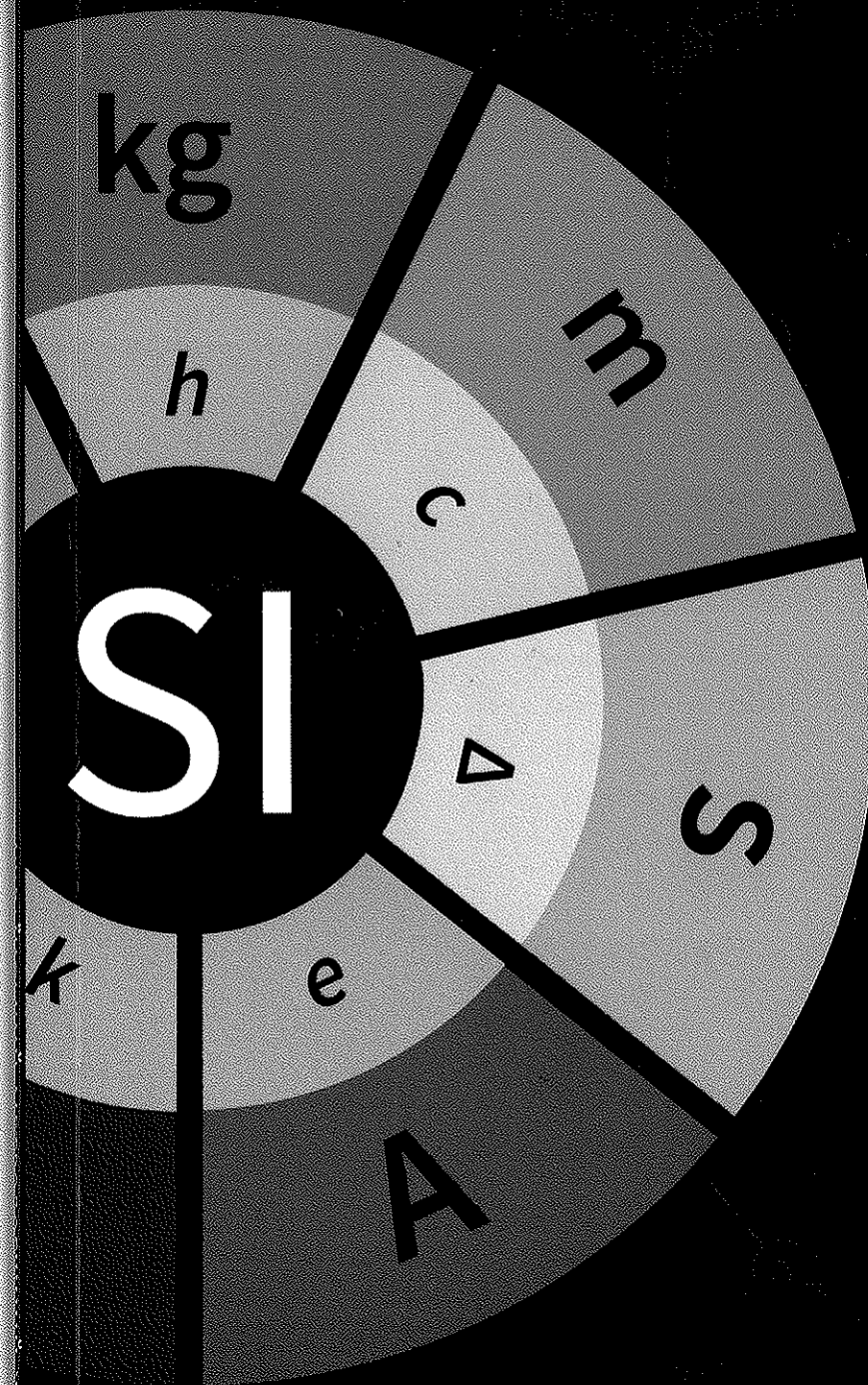


**УКРАЇНСЬКИЙ
МЕТРОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ
UKRAINIAN METROLOGICAL
JOURNAL**



2

2020

науково-технічне видання



УКРАЇНСЬКИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Якщо Ваша професійна діяльність пов'язана з вимірюваннями, Вас обов'язково зацікавить "Український метрологічний журнал" / "Ukrainian Metrological Journal" (UMZh / UMJ) — перше в Україні спеціалізоване науково-технічне видання, засноване Національним науковим центром "Інститут метрології" у 1995 р. спочатку як "Український метрологічний журнал", а у 2017 р., з метою розширення географії публікацій та читачів, до назви додано англomовний переклад.

"Український метрологічний журнал" зареєстровано у Міністерстві юстиції України (Свідчення про державну реєстрацію серія КВ № 22932-12832ПР від 26 вересня 2017 р.), а також входить до Переліку наукових фахових видань України (Наказ МОН України від 15 жовтня 2019 р. № 1301) у категорії "А". Опубліковані в ньому статті захищуються при захисті дисертацій.

Журнал має міжнародні стандарти номерів серіального видання: ISSN (Print) 2306-7039; ISSN (Online) 2522-1345.

Електронні версії UMZh / UMJ розміщуються на вебсайті журналу:

<http://umj.metrology.kharkov.ua/> та на сайті Національної бібліотеки України

ім. В.І. Вернадського: www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Umlzh/index.html

Видання індексується міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних Web of Science Core Collection, Google Scholar, WorldCat і BASE.

*Посилання на сторінку індексації: <http://umj.metrology.kharkov.ua/indexing>

UMZh / UMJ має ідентифікатор цифрового об'єкта (DOI: 10.24027/2306-7039), і відповідно кожна надрукована стаття має свій DOI, що захищає інтелектуальну власність автора і полегшує пошук статті в інформаційному просторі.

ННЦ "Інститут метрології" зареєстровано у Державному комітеті телебачення і радіомовлення України (Свідчення про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців серія ДК № 5944 від 15.01.2018 р.).

СФЕРА ЖУРНАЛУ

На сторінках видання для науковців, викладачів, промисловців, представників влади розміщується найповніша та найновіша інформація із законодавчої метрології, еталонів, фундаментальної та теоретичної метрології, методів і засобів вимірювань в окремих галузях, референтних зразків, стандартизації, сертифікації, міжнародного співробітництва, технічних та довідкових даних про засоби вимірювання.

"Український метрологічний журнал" / "Ukrainian Metrological Journal" приймає для публікації статті з результатами оригінальних досліджень, пов'язаних із поліпшенням точності вимірювань у таких галузях, як фізика, технічні науки, фізикохімія. Журнал запрошує також авторів з оригінальними статтями з теоретичної та законодавчої метрології.

Особлива перевага надається статтям, у яких наведено результати досліджень зі створення нових або вдосконалення існуючих еталонів, що відтворюють основні та похідні одиниці Міжнародної системи одиниць (SI), а також статтям, у яких наведено результати звірень національних еталонів з еталонами інших країн та міжнародними еталонами.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

До друку приймаються оригінальні наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання поставленої проблеми і на які спирається автор; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; формулювання мети статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки із цього дослідження і перспективи подальших розвідок у зазначеному напрямку.

Статті подаються українською або англійською мовами в електронному вигляді

відповідно до "Керівництва для авторів", наведеного за посиланням:

<http://umj.metrology.kharkov.ua/about/submissions#authorGuidelines>,

та всі необхідні матеріали направляються на e-mail:

journal@metrology.kharkov.ua

Адреса редакції для листування:

ННЦ "Інститут метрології", вул. Мироносицька, 42, м. Харків, 61002

Тел.: + 38 (057) 704-98-43; + 38 (057) 700-44-41

ДО РЕДАКЦІЇ НАПРАВЛЯЮТЬСЯ:

- текст статті в електронному вигляді у форматі doc, docx;
- вихідні рисунки, графіки тощо — окремими файлами;
- відомості про авторів (прізвище, ім'я та по батькові повністю, посада, вчений ступінь та звання, місце роботи, місце, домашня та робоча адреси, контакти телефони, e-mail кожного автора статті) на окремому аркуші;
- офіційний лист від закладу, в якому виконано роботу, із зазначенням головного та/або наукового редактора та підписом керівника організації, де працює автор;
- разом зі статтею до редакції має бути поданий документ про можливість відкритої публікації матеріалів, а також про згоду авторів на поширення цих матеріалів у мережі Інтернет (сканована копія з підписами авторів);
- оформлення статей має відповідати міжнародним стандартам;
- матеріали, які не відповідають зазначеним вимогам, редакцією не розглядаються.

Журнал можна передплатити в усіх відділеннях зв'язу України або придати в редакцій журналу (передплатний індекс — 40515)

UKRAINIAN METROLOGICAL JOURNAL

If your professional activity is associated with measurements, you will definitely be interested in "Ukrainskyi Metrolozhichnyi Zhurnal" / "Ukrainian Metrological Journal" (UMZh/UMJ) — the first in Ukraine specialized scientific and technical edition. In 1995, it was initially founded by the National Scientific Centre "Institute of Metrology" as "Ukrainskyi Metrolozhichnyi Zhurnal" and in 2017, in order to expand the geography of publications and readers, the English translation was added to the title.

"Ukrainian Metrological Journal" is registered in the Ministry of Justice of Ukraine (Certificate of state registration series KV No. 22932-12832PR of 26 September, 2017) and included into the List of scientific professional editions of Ukraine (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1301 of 15 October, 2019) in category "A". The papers published in it are considered in defending a thesis.

The Journal has international standard serial numbers: ISSN (Print) 2306-7039; ISSN (Online) 2522-1345.

Electronic versions of UMZh/UMJ are available on the website of the Journal:

<http://umj.metrology.kharkov.ua/> and at the website of the V.I. Vernadsky National Library of

Ukraine: www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Umlzh/index.html

The edition is indexed* in the international bibliometric and scientometric databases: Web of Science Core Collection, Google Scholar, WorldCat and BASE.

*Link to indexing page: <http://umj.metrology.kharkov.ua/indexing>

UMZh/UMJ has a digital object identifier (DOI: 10.24027/2306-7039), and each published article has its own DOI, which protects the intellectual property of the author and facilitates the article search in the information space.

NSC "Institute of Metrology" is registered in the State Committee for television and radio broadcasting of Ukraine (Certificate on the inclusion of a publishing entity in the State Register of Publishers series DK No. 5944 of 15 January, 2018).

SCOPE OF THE JOURNAL

On the pages of the publication, the most complete and up-to-date information on legal metrology, measurement standards, fundamental and theoretical metrology, methods and measurement instruments in selected fields, reference materials, standardization, certification, international cooperation, technical and reference data is placed for scientists, lecturers, industrialists and government officials.

"Ukrainskyi metrologichnyi zhurnal" / "Ukrainian Metrological Journal" accepts for publication articles with the results of original research related to improving the accuracy of measurements in such fields as physics, engineering, physics and chemistry. The journal also invites authors with original articles on theoretical and legal metrology.

Particular advantage is given to articles that present the results of research to create new or improve existing measurement standards that reproduce the main and derivative units of the International System of Units (SI), as well as articles that present the results of the comparisons of National measurement standards with the measurement standards of other countries and international measurement standards.

FOR AUTHORS' ATTENTION

Original scientific articles that have the following essential elements are accepted for printing: problem statement in general and its connection with important scientific or practical tasks; analysis of recent research and publications, in which the solution to this problem was initiated and on which the author refers; the selection of previously unsettled parts of the general problem to which this article is devoted; formulation of the goals of the article (statement of the task); a summary of the main research material with a full substantiation of the scientific results obtained; conclusions from this research and prospects for further exploration in this direction.

The article is submitted in Ukrainian or English in electronic form in accordance with the

"Author Guidelines" provided in the link:

<http://umj.metrology.kharkov.ua/about/submissions#authorGuidelines>

The article and all necessary data shall be sent to e-mail:

journal@metrology.kharkov.ua

Address of the editorial office for correspondence:

NSC "Institute of Metrology", Myronosytska Str., 42, Kharkiv, 61002

Tel.: + 38 (057) 704-98-43; + 38 (057) 700-44-41

THE FOLLOWING SHALL BE SENT TO THE EDITORIAL OFFICE:

- text of the article in electronic form in doc, docx;
- reference figures, graphics — in individual files;
- information about the authors (surname, name, patronymic, position, academic degree and title, place of work, city, home and work addresses, contact numbers, e-mail of each author of the article) on a separate sheet;
- official letter from the institution where the work has been performed with the name of the chief and/or scientific editor and signature of the head of the organization where the author works;
- a document about the possibility of open publication of the materials, as well as the consent of the authors to distribute these materials on the Internet (a scanned copy with signatures of the authors), shall be submitted together with the article to the editorial office;
- the drawing up of the articles shall be in accordance with the international standards;
- materials that do not meet these requirements are not considered for revision.

The journal can be subscribed at all post offices of Ukraine or purchased in the editorial office (subscription index — 40515)

2020 № 2

УКРАЇНСЬКИЙ МЕТРОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Головний редактор:

П.І. Нєєжмаков, д-р техн. наук, проф., ННЦ "Інститут метрології", Україна

Заступник головного редактора, науковий редактор:

Ю.Ф. Павленко, д-р техн. наук, проф., ННЦ "Інститут метрології", Україна

Редакційна колегія:

О. Боднар, доц., університет Мелардален, Швеція

О.М. Величко, д-р техн. наук, проф., ДП "Укрметртест-стандарт", Україна

М.М. Горобець, д-р фіз.-мат. наук, проф., ХНУ імені

В.Н. Каразіна, Україна

О.В. Дзисюк, Метрологічний центр військових еталонів

Збройних Сил України, Україна

І.П. Захаров, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна

С.І. Кондратьов, д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПІ", Україна

О.Д. Кунко, д-р техн. наук, ННЦ "Інститут метрології",

Україна

Е. Манске, д-р техн. наук, проф., Технічний університет

Ільменау, Німеччина

Г. Мачін, д-р природничих наук, проф., Національна фізична

лабораторія, Велика Британія

І.О. Меєв, ННЦ "Інститут метрології", Україна

Л.А. Назаренко, д-р техн. наук, проф., ХНУМІ ім. О.М. Бекетова,

Україна

Г.Ю. Народицький, д-р техн. наук, ННЦ "Інститут метро-

логії", Україна

В.В. Паракуда, канд. техн. наук, доц., ДП "НЦІ Система", Україна

О.В. Прокопов, д-р фіз.-мат. наук, проф., ННЦ "Інститут

метрології", Україна

В.В. Семенець, д-р техн. наук, проф., ХНУРЕ, Україна

В.В. Склярів, канд. техн. наук, ННЦ "Інститут метрології",

Україна

Б.І. Стадник, д-р техн. наук, проф., НУ "Львівська політех-

ніка", Україна

Ю.М. Туз, д-р техн. наук, проф., НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сі-

корського", Україна

Відповідальний редактор С.В. Білоусова

Літературний редактор Н.О. Мірошніченко

Комп'ютерна верстка і дизайн Г.С. Мицік

Надруковано в ННЦ "Інститут метрології".

Адреса редакції: ННЦ "Інститут метрології",

вул. Мироносицька, 42, м. Харків, 61002

Тел.: (057) 704-98-43, факс: (057) 700-34-47

E-mail: journal@metrology.kharkov.ua

Вебсайт: <http://umj.metrology.kharkov.ua/>

Журнал зареєстрований у Міністерстві юстиції

України. Свідчення про державну реєстрацію серія

КВ № 22932-12832ПР від 26 вересня 2017 р.

"Український метрологічний журнал" включено до Переліку

наукових фахових видань України на підставі Наказу МОН

України від 15 жовтня 2019 р. № 1301 (категорія "А").

ННЦ "Інститут метрології" зареєстрований у Державному

комітеті телебачення і радіомовлення України. Свідчення

видавця серія ДК № 5944 від 15.01.2018 р.

Електронна версія — на сайті НБУ ім. В.І. Вернадського НАН України www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Umlzh/index.html
Видання індексується міжнародною бібліометричною та наукометричною базою даних Web of Science Core Collection, Google Scholar, WorldCat і BASE.

ISSN (Print) 2306-7039

ISSN (Online) 2522-1345

DOI: 10.24027/2306-7039

Журнал видається з 1995 р.

UKRAINIAN METROLOGICAL JOURNAL

Editor-in-Chief:

P. Neyerzhmakov, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kharkiv, Ukraine

Deputy Editor-in-Chief, Scientific Editor:

Yu. Pavlenko, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kharkiv, Ukraine

Editorial Board:

O. Bodnar, Melardalen University, Vasteras, Sweden

O. Dzyusyuk, Metrology Center of Military Standards of the Armed Forces of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

M. Gorobets, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

S. Kondrashov, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine

O. Kupko, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kharkiv, Ukraine

G. Machin, National Physical Laboratory, Teddington, UK

E. Manske, Technical University of Ilmenau, Germany

I. Mel, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kharkiv, Ukraine

G. Narodnytskyi, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kharkiv, Ukraine

L. Nazarenko, O.M. Bekeov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

V. Parakuda, DP NDI "Systema", Lviv, Ukraine

O. Prokopov, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kharkiv, Ukraine

V. Semenets, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

V. Sklyarov, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kharkiv, Ukraine

B. Stadnyk, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Yu. Tuz, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

O. Velychko, SE "Ukrmetteststandard", Kyiv, Ukraine

I. Zakharov, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine

Responsible Secretary S. Bilousova

Literary Editor N. Myroshnychenko

Desktop Publishing and Design A. Mytsik

The Journal is registered in the Ministry of Justice of Ukraine.

Editorial Address: NSC "Institute of Metrology", Myronosytska Str., 42, Kharkiv, 61002

Tel.: (057) 704-98-43, fax: (057) 700-34-47

E-mail: journal@metrology.kharkov.ua

Website: <http://umj.metrology.kharkov.ua/>

The Certificate of State Registration: series

KV No. 22932-12832PR of September 26, 2017.

"Ukrainian Metrological Journal" was included to the List of scientific specialized editions of Ukraine based on the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1301, dated October, 15, 2019 in category "A".

NSC "Institute of Metrology" is registered in the State Committee for Television and Radio Broadcasting of Ukraine Certificate of publisher series DK No. 5944, dated January 15, 2018.

Electronic version is on the website of Vernadsky National Library of The National Academy of Sciences of Ukraine www.nbuv.gov.ua/portal/natural/Umlzh/index.html

The edition is indexed by international bibliometric and scientometric database: Web of Science Core Collection, Google Scholar, WorldCat and BASE.

The Journal has been issued since 1995

Вимірювання електричних та магнітних величин

- П.І. Неєжмаков, Ю.Ф. Павленко, В.І. Огар, О.М. Васильєва, С.Р. Кирієнко. Новий державний еталон одиниці девіації частоти частотно-модульованих коливань 3
В.В. Ісаєв, О.М. Величко. Математична модель високоточного відтворення сили змінного струму 12
Є.В. Рижов, Л.М. Сакович, В.П. Романенко, Д.С. Хаустов, Ю.А. Настішин. Модель групового пошуку дефектів при метрологічному обслуговуванні радіоелектронних засобів 18

Вимірювання геометричних величин

- І.П. Захаров, О.А. Боцюра, І.М. Задорожна. Особливості обробки даних додаткових двосторонніх звірень 27
М.Д. Кошовий, О.В. Заболотний, М.В. Цеховський, І.І. Кошова, О.М. Костенко. Дослідження і оптимізація вихрострумового вимірювача товщини діелектричних покриттів на металевих поверхнях виробів 33
О.М. Крюков, В.Г. Мудрик, Р.О. Кайдалов, О.І. Біленко. Дослідження методу та засобу вимірювання швидкості руху снаряда в каналі ствола вогнепальної зброї 40

Вимірювання маси та пов'язаних із нею величин

- І.О. Моценко, М.П. Сергієнко, А.Б. Єгоров. Дослідження метрологічної моделі оптико-теплогового методу вимірювання витрати природного газу 49

Вимірювання оптико-фізичних та світлових величин

- С.В. Шпак, С.Г. Кислиця, Н.В. Єрмілова, Г.М. Кожушко. Дослідження кутової рівномірності колориметричних параметрів світлодіодних ламп і світильників 56

Фізико-хімічні вимірювання

- В.С. Єременко, В.М. Мокійчук, О.О. Редько, Н.В. Пащенко. Створення стандартних зразків питомої електропровідності авіаційних палив як складової забезпечення єдності вимірювання у хімотологічних лабораторіях 64

Економічні аспекти метрології та економетрика

- К.А. Мамонов, Є.В. Грицьков, В.А. Величко, Д.В. Зубарев. Економетричне моделювання рівня взаємодії зацікавлених сторін на будівельних підприємствах 72

Інформація

- Оголошення про набір на курси підвищення кваліфікації фахівців 78
Керівництва для авторів 80

Measurements of electrical and magnetic quantities

- P. Nevezhnikov, Yu. Pavlenko, V. Ogar, O. Vasilieva, S. Kirienko. The new state measurement standard of the unit of frequency deviation of frequency-modulated oscillations 3
V. Isaiev, O. Velychko. Mathematical model of high-precision reproduction of alternating current 12
Ye. Ryzhov, L. Sakovich, V. Romanenko, D. Khaustov, Yu. Nastishin. Model of conjoint fault detection at metrological service of electronics 18

Measurements of geometric quantities

- I. Zakharov, O. Botsiura, I. Zadorozhnaya. Data processing specific features of supplementary bilateral comparisons 27
M. Koshevoy, O. Zabolotnyi, M. Tsekhevskiy, I. Koshevaya, O. Kostenko. Research and optimization of the eddy current transducer of dielectric coatings' thickness on metal surfaces of products 33
O. Kriukov, V. Mudryk, R. Kaidalov, O. Bilenko. Research of the method and instrument of measuring the velocity of a projectile in a barrel of a firearm 40

Measurements of mass and related quantities

- I. Moshchenko, M. Sergienko, A. Yegorov. Research of the metrological model of optic-thermal method of natural gas flow measurement 49

Measurements of optical-physical and luminous quantities

- S. Shpak, S. Kyslytsia, N. Yermilova, G. Kozhushko. Research of angular uniformity of colorimetric parameters of led lamps and led luminaires 56

Physical and chemical measurements

- V. Yermenko, V. Mokiychuk, O. Redko, N. Pashchenko. Creation of reference materials of specific electrical conductivity of aviation fuels as a component of ensuring the uniformity of measurements at chemotology laboratories ... 64

Economic aspects of metrology and econometrics

- K. Mamonov, E. Gritskov, V. Velychko, D. Zubarev. Econometric modeling of the level of stakeholder interaction at construction enterprises 72

Information

- Announcement of the intake to the courses of advanced training of specialists 78
Author Guidelines 80

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ ВЕЛИЧИН

УДК 621.3:006.91

DOI: 10.24027/2306-7039.2.2020.208641

Новий державний еталон одиниці девіації частоти частотно-модульованих коливань

П.І. Неєжмаков, Ю.Ф. Павленко, В.І. Огар, О.М. Васильєва, С.Р. Кирієнко

Національний науковий центр "Інститут метрології", вул. Митрофанівська, 42, 61002, Харків, Україна
iurii.pavlenko@metrology.kharkov.ua

Анотація

Статтю присвячено огляду основних результатів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, що виконувались під час удосконалення державного первинного еталона одиниці девіації частоти. Наведено аналіз ситуації, яка склалась у галузі вимірювання параметрів частотно-модульованих коливань в Україні й привела до необхідності вдосконалення створеного в 1996 р. ДПЕ одиниці девіації частоти, а саме до необхідності суттєвого підвищення метрологічних характеристик і розширення функційних можливостей еталона. Оскільки одним із кардинальних рішень при вдосконаленні еталона стало використання в ньому цифрових генераторів сигналів, які побудовані на базі DDS-технології (прямого цифрового синтезу) і її подальшої версії — Trueform, у статті викладено результати ретельного аналізу метрологічних можливостей цих генераторів, розроблених оригінальних методів їх дослідження і одержаних нових результатів щодо їхніх характеристик у режимі ЧМ.

Під час удосконалення в еталоні використано і досліджено новий спосіб прийому ЧМ сигналу, що ґрунтується на використанні аналізатора спектра і опції — аналого-цифрового демодулятора. Проведено автоматизацію керуючих і обчислювальних операцій на еталоні на базі програми Labview.

У результаті роботи створено еталонний комплекс, який за своїми метрологічними характеристиками і функційними можливостями здатний калібрувати не тільки ЗВТ в галузі ЧМ, а й широкую номенклатуру радіовимірювальних приладів як приймального, так і генеруючого видів.

Ключові слова: частотна модуляція; девіація частоти; цифрові генератори сигналів; еталон; невизначеність.

Отримано: 28.04.2020

Відредаговано: 05.06.2020

Схвалено до друку: 12.06.2020

Вступ

Державний еталон одиниці девіації частоти (ДЧ) — основного параметра сигналів з кутовою модуляцією (частотною — ЧМ або фазовою — ФМ) — призначений для забезпечення єдності вимірювань параметрів цих сигналів.

Основними галузями використання ЧМ/ФМ сигналів є радіозв'язок в УКВ-діапазоні, радіолокація і радіонавігація, телебачення, радіовимірювальна техніка [1, 2], а основними видами засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) є вимірювальні ВЧ-і НВЧ-генератори, вимірювачі модуляції, аналізатори спектра, вимірювальні приймачі.

Метрологічне забезпечення всіх ЗВТ у цій галузі успішно виконувалось за допомогою еталона ДЕТУ 09-03-95 протягом майже 25 років [3]. Але на цей час еталон фізично й морально застарів і вимагав удосконалення в технічному, технологічному та метрологічному планах.

Основними моментами, що враховувались при вдосконаленні державного еталона, були:

а) Фізичне і моральне старіння так званої вітчизняної техніки (випущеної в межах СРСР і СНД) і масове розповсюдження в Україні закордонних ЗВТ з їхніми особливостями й суттєво вищими метрологічними та технічними характеристиками. Ця обставина потребує адаптації вітчизняної інфраструктури метрологічного забезпечення (апаратури, методів вимірювання, програмного забезпечення, нормативної документації), а також еталона, що вдосконалюється, до нових умов.

б) Підвищення важливості параметрів ЧМ/ФМ коливань, які характеризують якість сигналів. Хоча девіація частоти залишається основним інформативним параметром, в останні роки не менш важливими стали "паразитні" параметри, або параметри якості, до яких відносяться: коефіцієнт гармонік (КГ) закону ЧМ, супутня амплітудна модуляція (АМ) і паразитний шум (частотний і фазовий). Тому необхідним стало розширення функціональних можливостей еталона за числом



Дослідження кутової рівномірності колориметричних параметрів світлодіодних ламп і світильників

С.В. Шпак¹, С.Г. Кислиця², Н.В. Єрмілова², Г.М. Кожушко²

¹ Державне підприємство "Полтавський регіональний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації", вул. Генерала Духова, 16, 36014, Полтава, Україна
ndcvel.to@gmail.com

² Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка", Першотравневий проспект, 24, 36011, Полтава, Україна
kozhuskogh@gmail.com

Анотація

Наведено результати досліджень кутової рівномірності кольорних параметрів світлодіодних ламп і світильників для загального освітлення. Показано, що застосування дифузних розсіювачів світла забезпечують кутову рівномірність у межах 3-ступеневих еліпсів Мак-Адама. Світильники без світлорозсіювачів та із розсіювачами, що спричиняють направлене розсіювання світла, можуть мати кутову нерівномірність колірності, що перевищує 7 і більше ступенів еліпсів Мак-Адама. Використання дифузних світлорозсіювачів, крім підвищення рівномірності колірності, знижує корельовану колірну температуру (ССТ). Для ССТ, вищих за 6000 К, зниження може досягати 1000 К і більше. При низьких ССТ зміни не такі суттєві — не більше 200 К. Зроблено висновки та пропозиції щодо інформування споживачів про колірність світла світлодіодних ламп і світильників, що використовуються для внутрішнього освітлення.

Ключові слова: індекс кольоропередавання; корельована колірна температура; світлодіоди; лампи; світильники; кутова залежність.

Отримано: 15.06.2020

Відредаговано: 23.06.2020

Схвалено до друку: 26.06.2020

Постановка проблеми

Одним із головних завдань якісного освітлення є забезпечення комфортної зорової роботи. Колірність світла і якість кольоропередавання є одними із головних параметрів, що забезпечують комфортність умов для виконання зорових робіт та адекватне сприймання освітлених об'єктів. Світлоколірне середовище спричиняє на людей психофізіологічну дію, що проявляється в зміні працездатності, впливає на настрій, емоції, викликає нейроповедінкові реакції [1, 2].

Сьогодні лампи та світильники з використанням світлодіодів стали основною технологією освітлення практично у всіх сферах. Вони мають цілий ряд переваг у порівнянні з лампами розжарювання та розрядними лампами. Крім високої енергоефективності необхідно назвати високу надійність та тривалий строк служби, екологічність, стійкість до механічних впливів, електро-, пожежотехнічної та вибухобезпечності. Але, незважаючи на багато переваг, у світлодіодних ламп та світильників є параметри, які для підвищення якості світла потріб-

но покращувати. Це стосується колориметричних параметрів, зокрема розкиду колірності та якості кольоропередавання, а також кутової нерівномірності колориметричних параметрів. Ці питання на сьогодні недостатньо вивчені і є актуальними для теорії та практики підвищення якості світла світлодіодної продукції для загального освітлення.

Аналіз досліджень та публікацій

У більшості сучасних світлодіодів, що застосовуються в світлодіодних лампах та світильниках для загального освітлення, для отримання білого світла певну кількість синього світла, що випромінюється кристалом, перетворюють за допомогою люмінофору в жовто-зелене. Чим більше частинок люмінофору опромінюється синім світлом, тим більше в результуючому світловому потоці буде жовто-зеленого світла. Синє світло, що випромінюється кристалом під малими кутами до оптичної осі, розповсюджується в люмінофорі по більш короткому шляху і менше поглинається. Як наслідок, при малих кутах спостереження (близьких до 0°)

буде переважати синє світло, а при великих кутах (близьких до 90°) буде збільшена частка випромінювання люмінофору. Таким чином ССТ при малих кутах спостереження буде дещо вищою, ніж при великих кутах [3, 4].

У [4] показано, що зміна колірності при зміні кута спостереження відбувається, в основному, за рахунок зміни інтенсивності синього світла, яке частково поглинається при проходженні через люмінофорне покриття, що і визначає його "вагому" частку в загальному спектрі на певному напрямку випромінювання. Довгохвильова частина спектра, що випромінюється люмінофором, практично не залежить від кута спостереження і залишається стабільною. Відзначається також, що для теплобілої колірності ці зміни не дуже суттєві. Значні зміни мають місце тільки для світлодіодів з високою ССТ (з великою часткою синього світла). Різниця ССТ під різними кутами спостереження у потужних світлодіодах з високою ССТ може сягати більше 4000 К [5]. Великий розкид кольорних параметрів ускладнює їх використання у світових приладах, де необхідно витримувати вимоги до однорідності колірності.

Однією із головних вимог стосовно якості світла є відхилення координат колірності (x, y) від їх номінальних значень для даної ССТ в межах 3-ступеневих еліпсів Мак-Адама. Ступінь Мак-Адама — це відстань на хроматичній діаграмі, в межах якої середньостатистичне око людини не розрізняє відмінностей кольору. Розмір еліпса Мак-Адама визначається за кількістю одиниць стандартних відхилів кольору порівняння (SDCM) між центром еліпса (координатами номінальної ССТ) і його межею. Стандартизовані номінальні значення та допуски координат колірності x та y для світлодіодних ламп та світильників встановлені в [6–8]. Допуски визначаються еліпсами Мак-Адама однією із 4-х категорій, які побудовані навколо номінальних значень координат колірності, а розмір еліпса визначає межі відхилення координат колірності.

Найбільш високі вимоги, встановлені стандартами [6–8], — це відхилення координат колірності не більше 3-ступеневого еліпса Мак-Адама. Інші категорії встановлюють межі відхилення в 5, 7 та 7+ ступенів еліпсів Мак-Адама.

Міжнародна комісія з освітлення (МКО) в [9] рекомендує для встановлення допусків на колірність використовувати не еліпси Мак-Адама на діаграмі колірності CIE (x, y), а круги на рівноконтрастній діаграмі CIE (u', v'). На діаграмі (u', v') n-ступеневий еліпс Мак-Адама визначається як коло з радіусом, що дорівнює 0,0011·n. Для центральної точки з координатами (u_c', v_c') n-ступеневе коло виражається рівнянням

$$(u' - u'_c)^2 + (v' - v'_c)^2 = (0,0011 \cdot n)^2 \quad (1)$$

та відповідає n-ступеневому еліпсу Мак-Адама. Помітна різниця в колірності світла настає, з імовірністю 50%, при зміні координат (u', v') на величину 0,0013.

Різниця хроматичності (будь-якого кольору) зазвичай виражається відстанню на діаграмі CIE (u', v') між точками з координатами (u₁', v₁') (u₂', v₂')

$$\Delta_{u'v'} = \sqrt{(u'_1 - u'_2)^2 + (v'_1 - v'_2)^2} \quad (2)$$

При визначенні кутової рівномірності колірності в [9] рекомендовано саме цей метод.

Нерівномірність колірності залежно від кута спостереження окремих світлодіодів впливає й на нерівномірність цього параметру світових приладів. У [10] наведені дані, що для окремих світильників кутова нерівномірність колірності перевищує 7-ступеневий еліпс Мак-Адама. В [5] повідомляється, що кутова нерівномірність колірності впливає і на якість кольоропередавання, особливо на індекси R₉ та R₁₃. У зв'язку з цим в [11] рекомендовані методики визначення середніх значень та кутової рівномірності колірності світлодіодних ламп і світильників.

Для якісного освітлення колориметричні параметри мають бути забезпечені в усьому просторі незалежно від кута спостереження. Зменшити кутову нерівномірність кольорних параметрів світлодіодних ламп і світильників можна шляхом застосування світлорозсіювальних матеріалів, які широко використовуються для підвищення рівномірності фотометричних параметрів.

Одним із завдань наших досліджень є оцінювання можливості вирівнювання кутової нерівномірності колірності світлодіодних світильників шляхом використання світлорозсіювачів. Головною метою роботи є дослідження рівня кутової однорідності колориметричних параметрів світлодіодних ламп і світильників, що надходять на ринок України, та розроблення пропозицій щодо нормування цих параметрів.

Результати дослідження

Оцінювання рівня кутової рівномірності колориметричних параметрів світлодіодних світильників проводили на комерційних зразках світильників для внутрішнього та зовнішнього освітлення. Вимірювали також світлодіодні лампи для загального освітлення. Для дослідження колориметричних параметрів від кута спостереження використовували гоніофотометр GO2000 та спектрофотометр MK350S. Вимірювання спектра випромінювання проводили через 10° в інтервалі кутів від -90° до +90°. На основі вимірюваних спектрів, з використанням програмного забезпечення MK350S, розраховувались для кожного кута спостереження такі фотометричні та колориметричні параметри:

освітленість, координати колірності, CCT та найменша відстань від лінії чорного тіла D_{uv} , SDCM та індекси кольоропередавання, які визначали за методикою [12]. Кутову рівномірність колірності (Δ_{uv}) та її усереднені значення визначали згідно з рекомендаціями [11].

Вимірювання електричних, світлових та колориметричних параметрів світлодіодних ламп та світильників проводились у науково-дослідному центрі випробувань електричних ламп та технологічного обладнання ДП "Полтавастандартметрологія", акредитованому Національним агентством з акредитації України. Невизначеності вимірювання колориметричних параметрів були в межах допусків, встановлених в [11], з урахуванням невизначеності каліброваного засобу вимірювання спектральної густини випромінювання, невизначеності довжини хвилі, відтворюваності параметрів ламп та повторюваності вимірювань спектрорадіометра, смуги пропускання спектрорадіометра. Для роз-

рахунку координат колірності u' , v' та CCT використовували спектральні вимірювання з інтервалом не більше 2,5 нм, що відповідає рекомендаціям, наведеним у [13]. Комбінована стандартна невизначеність для координат колірності u' , v' становить відповідно 0,0005 та 0,001, а для CCT – 30 K. Загальна розширена невизначеність ($k = 2$) відповідно становить – 0,01; 0,02 та 60 K.

Ступінь підвищення кутової однорідності колірних параметрів за рахунок розсіювання світла досліджували на світильниках, у яких змінювали світлорозсіювачі. Використовували матові світлорозсіювачі з опалового скла та полікарбонатні призматичні розсіювачі.

Результати вимірювання кутової залежності CCT та SDCM для світлодіодних ламп та світильників різних типових конструкцій наведено на рис. 1–4. На рис. 5–7 наведено залежності CCT та SDCM від кута спостереження для світлодіодного світильника з різними світлорозсіювачами.

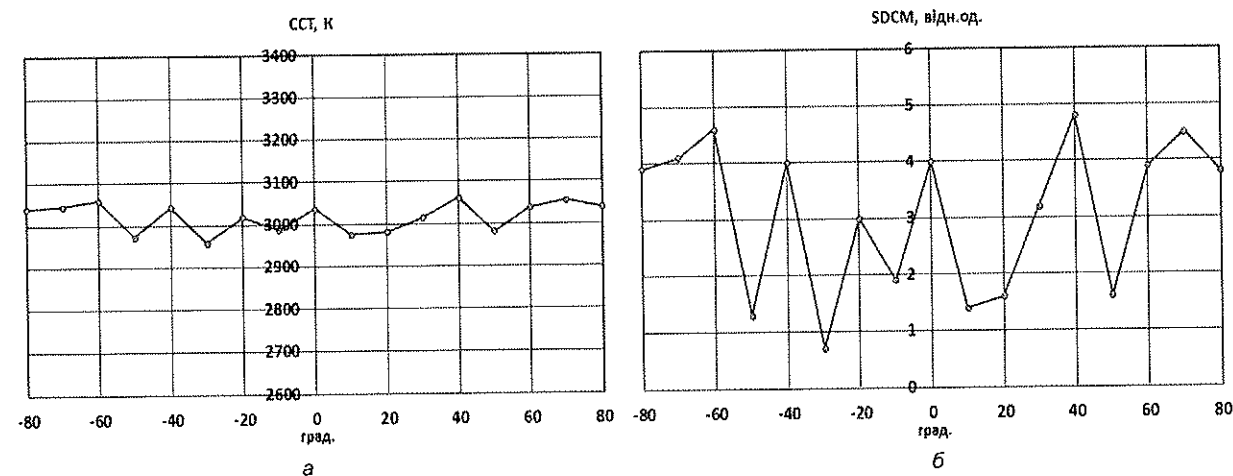


Рис. 1. Кутова залежність CCT (а) та SDCM (б) світлодіодної лампи з прозорою колбою

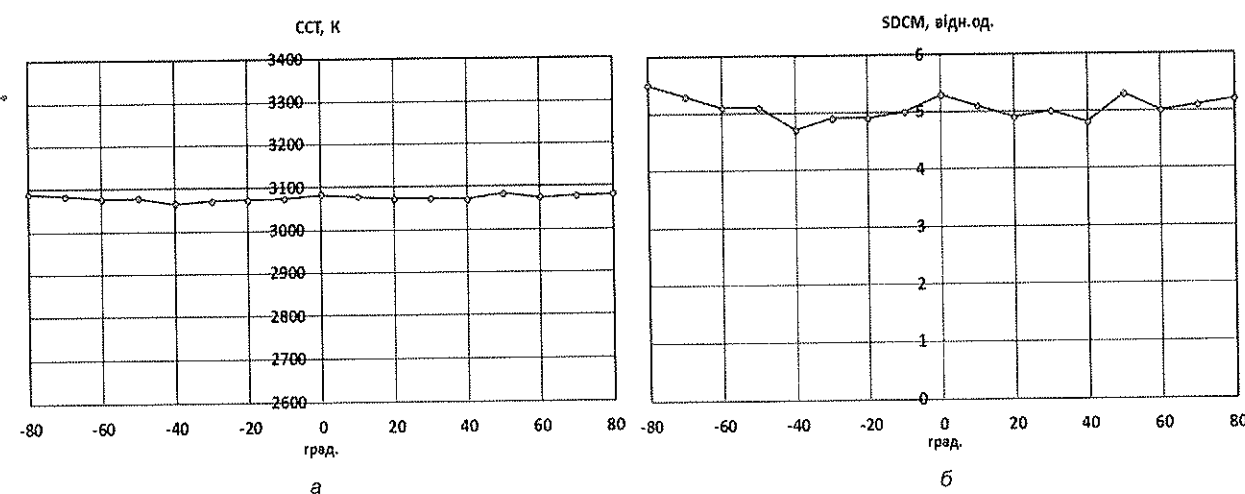


Рис. 2. Кутова залежність CCT (а) та SDCM (б) світлодіодної лампи зі світлорозсіювальною колбою

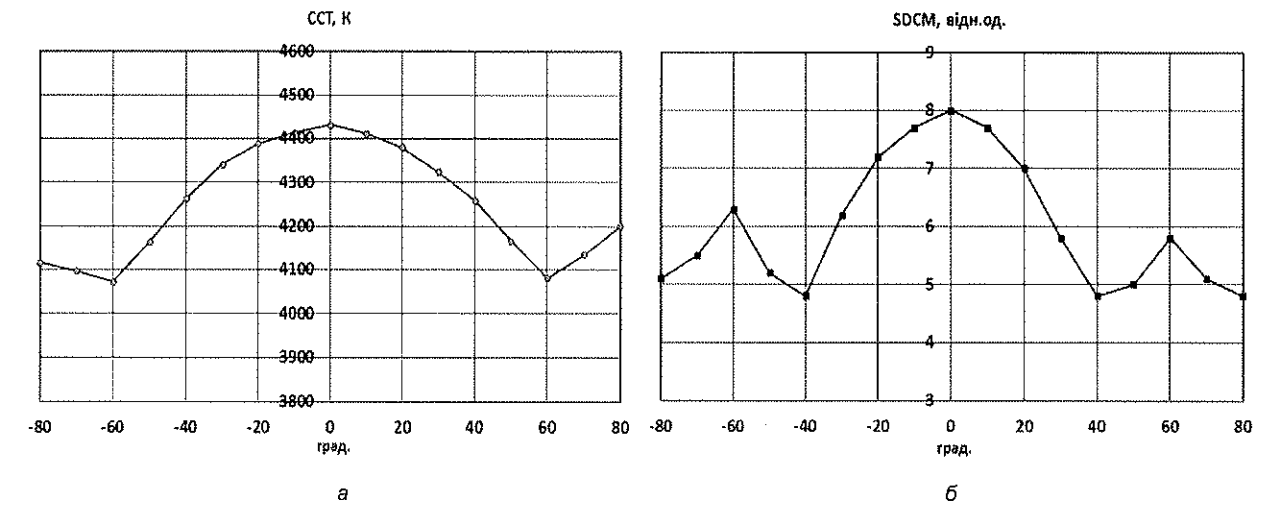


Рис. 3. Кутова залежність CCT (а) та SDCM (б) світлодіодного світильника з прозорим захисним склом

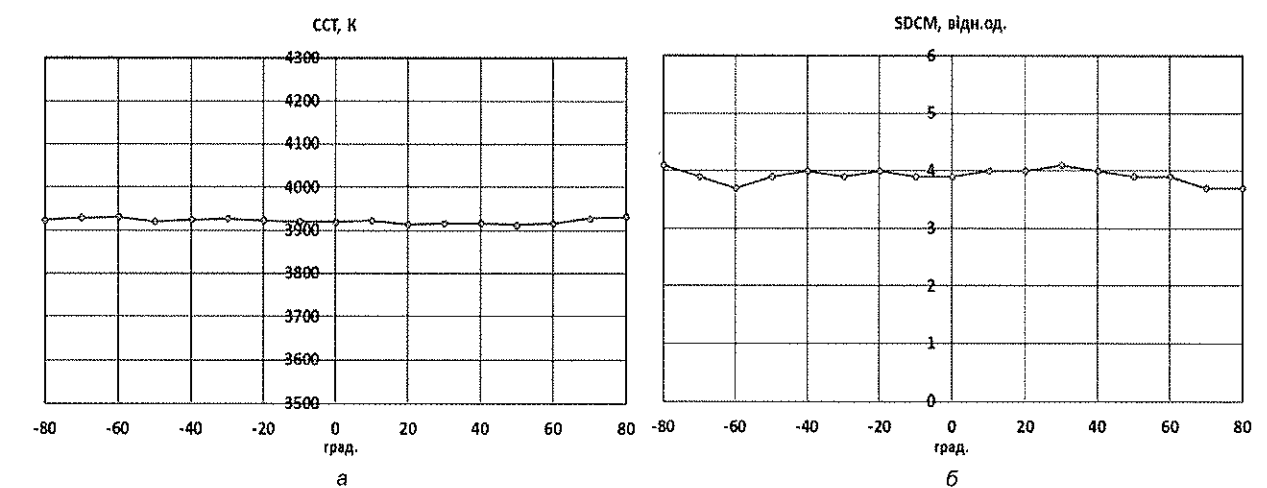


Рис. 4. Кутова залежність CCT (а) та SDCM (б) світлодіодного світильника з дифузним світлорозсіювачем

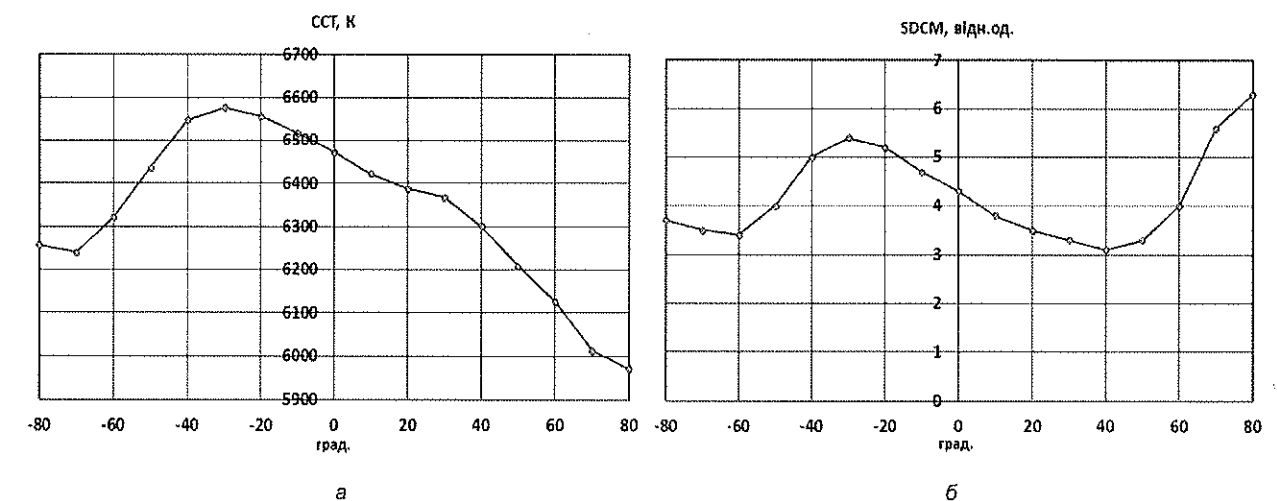


Рис. 5. Кутова залежність CCT (а) та SDCM (б) світильника залежно від типу використовуваного світлорозсіювача (прозорий пластик)

Для світильників без світлорозсіювачів та з напівпрозорими розсіювачами характер залежності CCT від кута спостереження мало відрізняється від залежності для окремих світлодіодів – максимальна кольорова температура знаходиться близько

до оптичної осі світильника та знижується зі збільшенням кута. Різниця між максимальними та мінімальними значеннями залежить від величини CCT: чим вища CCT світлодіода, тим більша різниця. Для CCT тепло-білої колірності (CCT ~ 3000 K)

різниця становить 40–80 К. Для CCT 6000–7000 К різниця може становити 600–800 К й більше. Загальний індекс кольоропередавання слабо залежить від кута спостереження (змінюється для різних конструкцій від 0 до 3 одиниць); при цьому найбільше змінюється індекс R_a (якість передавання червоного кольору).

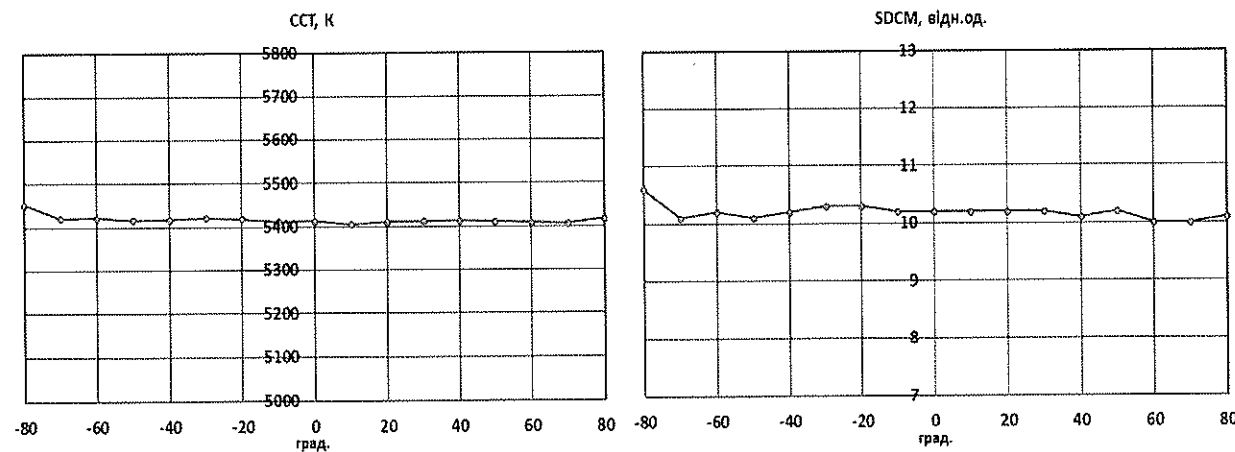


Рис. 6. Кутова залежність CCT (а) та SDCM (б) світильника залежно від типу використовуваного світлорозсіювача (дифузно пропускатимий полікарбонат)

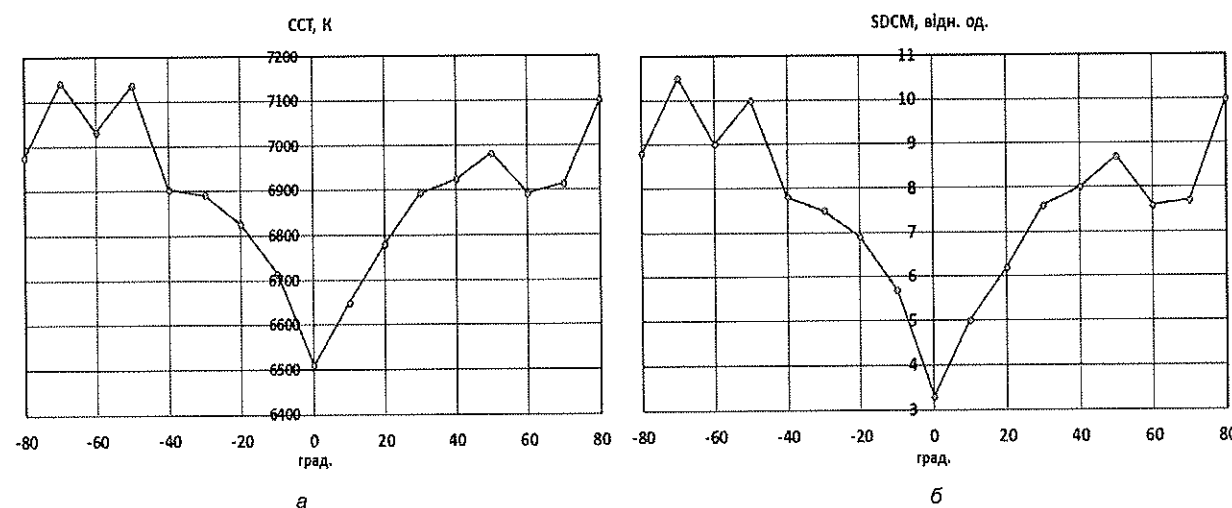


Рис. 7. Кутова залежність CCT (а) та SDCM (б) світильника залежно від типу використовуваного світлорозсіювача (полікарбонат з мікропризматичним розсіювачем на поверхні)

Оскільки в цьому випадку не відбувається суттєвого поглинання синього світла, то не знижується і середнє значення CCT. Що стосується світлової ефективності, то дифузні розсіювачі мають у порівнянні з направлено-розсіювальними менший ККД на 15–20%.

Для оцінювання рівня кутової однорідності колориметричних параметрів світлодіодної продукції досліджувались світлодіодні лампи для прямої заміни ламп розжарювання (ЛР) та трубчаті лінійні світлодіодні лампи з дифузно світлорозсіювальними колбами, світильники для внутрішнього освітлення з прозорим та дифузним захисним пластиком і лінзовою оптикою.

При використанні направлено-розсіювальних матеріалів (наприклад, пластику з шершавою або призматичною поверхнею) необхідної рівномірності колірних параметрів не досягається. При використанні призматичних розсіювачів можливе навіть збільшення нерівномірності, як це показано на рис. 5–7.

Для порівняння було проведено дослідження кутової рівномірності компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) та ЛР. Результати дослідження кутової однорідності колориметричних параметрів світлодіодних ламп і світильників, що надходять на ринок України, наведено в табл.

Всі досліджені світлодіодні лампи та світильники з дифузними розсіювачами мають хорошу рівномірність колірних параметрів. Кутова нерівномірність $\Delta_{u,v}$ не перевищує 0,0031, що менше 3-ступеневих еліпсів Мак-Адама (один ступінь відповідає значенню 0,0013).

Світильники з прозорим захисним склом, призматичними розсіювачами та з лінзовою оптикою

Результати вимірювання кутової однорідності колориметричних параметрів комерційних зразків світлодіодних джерел світла

Назва та особливості дослідного об'єкту	CCT, K		$\Delta_{u,v}$, відн. од.	R_a , відн. од.	
	0°	80°		0°	80°
1 Лампа світлодіодна з дифузно пропускатимий колбою	3083	3089	0,0014	83,5	83,5
2 Лампа світлодіодна з дифузно пропускатимий колбою	3994	4064	0,0031	72,9	72,9
3 Лампа світлодіодна з дифузно пропускатимий колбою	2992	3035	0,0017	71,3	71,3
4 Лампа світлодіодна з дифузно пропускатимий колбою	3989	4040	0,0012	84,5	82,0
5 ^{*)} Лампа люмінесцентна компактна (КЛЛ)	2701	2706	0,0014	81,4	81,6
6 Світлодіодний світильник для внутрішнього освітлення з прозорим склом	6472	6257	0,0070	73,6	73,3
7 Світлодіодний світильник для внутрішнього освітлення з дифузно пропускатимим склом	5413	5453	0,0019	72,9	73,0
8 Світлодіодний світильник для внутрішнього освітлення з призматичним склом	6510	6976	0,0096	71,6	75,9
9 Світлодіодний світильник для вуличного освітлення з лінзовою оптикою	4097	3819	0,0069	75,0	75,3
10 Світлодіодний світильник для зовнішнього освітлення з прозорим захисним склом	4264	4109	0,0048	70,4	69,1

^{*)} Дані по КЛЛ, наведені для порівняння

мають нерівномірність, що перевищує 3-ступеневі еліпси Мак-Адама. Кутова нерівномірність цих дослідних світильників $\Delta_{u,v}$ знаходилася в інтервалі значень 0,0048–0,0096. Найбільшу нерівномірність мають світильники з лінзовою оптикою.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що кутова нерівномірність світлодіодних ламп для загального освітлення, які практично всі мають дифузно світлорозсіювальну колбу, знаходиться в межах 3-ступеневого еліпса Мак-Адама ($\Delta_{u,v} \leq 0,0039$), що відповідає вимогам до якісного освітлення і не поступається за цим параметром КЛЛ. Світлодіодні світильники з пропускатимими дифузними світлорозсіювачами також мають кутову нерівномірність колірності, що не перевищує 3-ступеневих еліпсів Мак-Адама ($\Delta_{u,v} \leq 0,0039$). Для таких світильників і ламп, на наш погляд, достатньо декларувати усереднені значення колориметричних параметрів і категорію відхилення їх від номінальних значень.

Що стосується світильників без світлорозсіювачів і світлорозсіювачів, у яких короткохвильове світло зазнає незначного розсіювання і поглинання (направлено-розсіювальні матеріали), то вони мають значну кутову нерівномірність. Для світильників, що призначені для внутрішнього освітлення, потрібно вимірювати і декларувати, крім усереднених значень колірності, також кутову рівномірність і колірність у заданому напрямку. Для світильників зовнішнього освітлення, де колірність менш критична, достатньо декларувати тільки усереднені значення.

Висновки

На основі проведеного аналізу літературних джерел та власних досліджень нами сформульовано такі висновки та пропозиції:

1. Практично всі світлодіоди, що використовуються для виробництва світлодіодних ламп та світильників, мають кутову нерівномірність колірних параметрів.

2. Для світильників без світлорозсіювачів (та напівпрозорих розсіювачів) характер залежності CCT від кута спостереження мало відрізняється від цієї залежності для окремих світлодіодів – максимальна CCT знаходиться близько до оптичної осі та знижується зі збільшенням кута до $\pm 90^\circ$.

3. Розсіювачі з дифундантами, розміри частинок яких менші за довжину хвилі світла, при малих кутах спостереження розсіюють переважно короткохвильове синє світло, пропускаючи довгохвильове без суттєвого розсіювання і поглинання. При використанні таких розсіювачів зменшується частка синього світла, що випромінюється при малих кутах, і, таким чином, підвищується кутова рівномірність колірності.

4. Досліджені комерційні зразки світлодіодних ламп та світильників із дифузними світлорозсіювачами мають кутову рівномірність у межах 3-ступеневих еліпсів Мак-Адама. Світильники з прозорим захисним склом, з призматичними розсіювачами та лінзовою оптикою мають значну кутову нерівномірність, що в окремих випадках перевищує 7-ступеневі еліпси Мак-Адама.

5. Для світильників, що призначені для внутрішнього освітлення, де вимагається висока якість світла, доцільно визначати і декларувати, крім усереднених значень колірності, також кутову нерівномірність або параметри колірності в заданому напрямку.

Исследования угловой равномерности колориметрических параметров светодиодных ламп и светильников

С.В. Шпак¹, С.Г. Кислиця², Н.В. Ермилова², Г.М. Кожушко²

¹ Государственное предприятие "Полтавский региональный научно-технический центр стандартизации, метрологии и сертификации", ул. Г. Духова, 16, 36014, Полтава, Украина
ndcvel.to@gmail.com

² Национальный университет "Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка", Первомайский проспект, 24, 36011, Полтава, Украина
kozhuskogn@gmail.com

Аннотация

Представлены результаты исследований угловой равномерности цветовых параметров светодиодных ламп и светильников для общего освещения. Показано, что применение диффузных рассеивателей света обеспечивают угловую равномерность в диапазоне 3-шаговых эллипсов Мак-Адама. Светильники без светорассеивателей и с рассеивателями, которые создают направленное рассеивание света, могут иметь угловую неравномерность цветностей, превышающих 7 и более шагов эллипсов Мак-Адама. Сделаны выводы и предложения по информированию потребителей о цветности света светодиодных ламп и светильников, которые используются для внутреннего освещения.

Ключевые слова: индекс цветопередачи; коррелированная цветовая температура; светодиоды; лампы; светильники; угловая зависимость.

Research of angular uniformity of colorimetric parameters of led lamps and led luminaires

S. Shpak¹, S. Kyslytsia², N. Yermilova², G. Kozhushko²

¹ State Enterprise "Poltava Regional Research and Technical Center of Standardization, Metrology and Certification", Henerala Dukhova Str., 16, 36014, Poltava, Ukraine
ndcvel.to@gmail.com

² National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Pershotravnevyi Ave., 24, 36011, Poltava, Ukraine
kozhuskogn@gmail.com

Abstract

The results of research of the angular uniformity of color parameters of LED lamps and luminaires for ambient light are presented. It is shown that the use of completely diffusing diffusers provides angular uniformity within three step Mac-Adam ellipses. Lamps both with or without diffusers that enable directional light scattering can have a rather large angular unevenness. Based on the study of commercial samples, it was found that the angular color unevenness $\Delta u', v'$ for LED lamps and luminaires with diffusely transmitting diffusers does not exceed 0.0031 at the uniform-chromaticity-scale diagram CIE(u', v') (located within 3 step MacAdam ellipses). Lamps with prismatic diffusers and transparent protective plastic have an angular unevenness of almost 0.01 (out of 7 step MacAdam ellipses). The use of diffuse light diffusers, in addition to increasing the uniformity of color, reduces the correlated color temperature (CCT). For CCTs exceeding 6000 K, the decrease can reach 1000 K or more. At low CCTs changes are not so significant – no more than 200 K. When changing the viewing angle, the overall color rendering index R_a for lamps and luminaires with completely diffusing diffusers practically does not change. For lamps without light diffusers, as well as for lamps with prismatic diffusers and lens optics, the difference may reach 7 units or more of the standard deviation of the comparison color. In order to inform consumers about the unevenness of color parameters at different viewing angles, it is proposed to indicate the angular uniformity in addition to average color values in the catalogues. This shall only apply to LED lamps and luminaires used for indoor lighting and those that have angular unevenness that exceed the 3 step MacAdam ellipses.

Keywords: color rendering index; correlated color temperature; LED; lamps; luminaires; angular uniformity.

Список літератури

1. Справочная книга по светотехнике: Айзенберг Ю.Б. (ред.). 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Знак, 2006. 972 с.
2. CIE 158:2009. Ocular Lighting Effects on Human Physiology and Behaviour. Vienna, 2009. 59 p.
3. Глинтер Сейкора. Применение светодиодов для общего освещения. Полупроводниковая светотехника. 2010. № 2. С. 50–52.
4. Никифоров С. Исследования параметров светодиодов CREE XLamp XP-E/XP-G/XM-L. Полупроводниковая светотехника. 2011. № 2. С. 12–18.
5. Никифоров С. Исследование светодиодов большой мощности от Seoul Semiconductor для применения в освещении. Полупроводниковая светотехника. 2013. № 5. С. 22–26.
6. ДСТУ EN 62612:2017 (EN 62612:2013, IDT). Лампи світлодіодні з умонтованим пускорегулювальним пристроєм для загального освітлення на напругу понад 50 В. Вимоги до робочих характеристик. Київ, 2017. 48 с.
7. ДСТУ EN 62717:2018 (EN 62717:2017, IDT; IEC 62717:2014, MOD). Модулі світлодіодні для загального освітлення. Вимоги до робочих характеристик. Київ, 2018. 55 с.
8. ДСТУ EN 62722-2-1:2018 (EN 62722-2-1:2016, IDT; IEC 62722-2-1:2014, MOD). Робочі характеристики світильників. Частина 2-1. Додаткові вимоги до світлодіодних світильників. Київ, 2018. 22 с.
9. CIE TN 001:2014. Technical Note: Chromaticity difference specification for light sources. Vienna, 2014. 9 p.
10. Маннинен Паси. Измерение параметров светодиодных источников света, ламп и светильников с помощью гониометра. Полупроводниковая светотехника. 2014. № 6. С. 46–49.
11. ДСТУ EN 13032-4:2017 (EN 13032-4:2015, IDT). Світло та освітлення. Вимірювання та представлення фотометричних даних ламп та світильників. Частина 4. Світлодіодні лампи, модулі та світильники. Київ, 2017. 66 с.
12. ДСТУ CIE 013.3:2017 (CIE 013.3–1995, IDT). Метод вимірювання та визначення кольоропередавання джерел світла. Київ, 2019.
13. ДСТУ CIE 127:2017 (CIE 127:2007, IDT). Вимірювання світловипромінювальних діодів. Київ, 2019.

References

1. Eisenberg Yu.B. (Ed.). Spravochnaya kniga po svetotekhnike [Lighting Reference Book]. 3rd ed. Moscow, Znak, 2006. 972 p. (in Russian).
2. CIE 158:2009. Ocular Lighting Effects on Human Physiology and Behaviour. Vienna, 2009. 59 p.
3. Gliner Sejkora. Primenenie svetodiodov dlya obshhego osveshheniya [LED Application for General Lighting]. Poluprovodnikovaya svetotekhnika, 2010, no. 2, pp. 50–52 (in Russian).
4. Nikiforov S. Issledovaniya parametrov svetodiodov CREE XLamp XP-E/XP-G/XM-L [Research parameter LED CREE XLamp XP-E/XP-G/XM-L]. Poluprovodnikovaya svetotekhnika, 2011, no. 2, pp. 12–18 (in Russian).
5. Nikiforov S. Issledovanie svetodiodov bol'shoj moshchnosti ot Seoul Semiconductor dlya primeneniya v osveshhenii [Seoul Semiconductor High Power LED Study for Lighting Applications]. Poluprovodnikovaya svetotekhnika, 2013, no. 5, pp. 22–26 (in Russian).
6. DSTU EN 62612:2017 (EN 62612:2013, IDT). Self-ballasted LED lamps for general lighting services with supply voltages > 50 V – Performance requirements. Kyiv, 2017. 48 p.
7. DSTU EN 62717:2018 (EN 62717:2017, IDT; IEC 62717:2014, MOD). LED modules for general lighting – Performance requirements. Kyiv, 2018. 55 p.
8. DSTU EN 62722-2-1:2018 (EN 62722-2-1:2016, IDT; IEC 62722-2-1:2014, MOD). Luminaire performance – Part 2-1: Particular requirements for LED luminaires. Kyiv, 2018. 22 p.
9. CIE TN 001:2014. Technical Note: Chromaticity difference specification for light sources. Vienna, 2014. 9 p.
10. Manninen Pasi. Izmereniye parametrov svetodiodnykh istochnikov sveta, lamp i svetil'nikov s pomoshch'yu goniometra [Measurement of parameters of LED light sources, lamps and luminaires using a goniometer]. Poluprovodnikovaya svetotekhnika, 2014, no. 6, pp. 46–49 (in Russian).
11. DSTU EN 13032-4:2017 (EN 13032-4:2015, IDT). Light and lighting – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires – Part 4: LED lamps, modules and luminaires. Kyiv, 2017. 66 p.
12. DSTU CIE 013.3:2017 (CIE 013.3–1995, IDT). Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources. Kyiv, 2019 (in Ukrainian).
13. DSTU CIE 127:2017 (CIE 127:2007, IDT). Measurement of LEDs. Kyiv, 2019 (in Ukrainian).

Керівництва для авторів!

“Український метрологічний журнал”/“Ukrainian Metrological Journal” приймає для публікації статті з результатами оригінальних досліджень, пов’язаних із поліпшенням точності вимірювань у таких галузях, як фізика, технічні науки, фізикохімія. Журнал запрошує також авторів з оригінальними статтями з теоретичної та законодавчої метрології.

Стаття подається українською або англійською мовами в електронному вигляді відповідно до “Керівництва для авторів” (<http://umj.metrology.kharkov.ua/about/submissions#authorGuidelines>).

На першій сторінці мовою оригіналу статті повинні бути: індекс УДК; назва статті; прізвище, ім’я та по батькові автора(ів); повна назва організації, де працює автор, поштова адреса; e-mail; анотація (1500 знаків); ключові слова (5-6 слів). Текст (в одну колонку) і таблиці мають бути набрані шрифтом Times New Roman у редакторі Microsoft Word. Розмір шрифту: у тексті – 14, у таблиці – 12, міжрядковий інтервал – 1,5; верхнє і нижнє поле – 2 см, ліве – 2,5 см, праве – 1,5 см; абзац – 1,25 см.

Списки літератури складаються у порядку посилання в тексті й надаються двома блоками. Перший “Список літератури” оформлюється відповідно до ДСТУ 8302:2015 “Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання”, другий “References” – відповідно до міжнародних стандартів. У разі наведення посилань на нормативні документи необхідно перевіряти їх чинність згідно з каталогом нормативних документів, який розміщено на сайті національного органу стандартизації (ДП “УкрНДНЦ”) за посиланням: <http://uas.org.ua/ua/natsionalnyi-fond-normativnih-dokumentiv/katalog-normativnih-dokumentiv-2/>

Формули мають бути подані тільки у форматі MathType та нумеруватися в круглих дужках з правого боку. Нумеруються тільки ті формули, на які в тексті є посилання.

Рисунки вставляти без обтікання текстом. Ілюстрації (чорно-білі), виконані не в графічному редакторі Word, мають бути надані в окремих файлах у форматі tif, bmp, jpg з густиною точок на дюйм 300–600 dpi. На кожну формулу, таблицю, рисунок обов’язково мають бути посилання в тексті.

Стаття та всі необхідні матеріали направляються електронною поштою на e-mail: journal@metrology.kharkov.ua

До редакції направляються:

- текст статті в електронному вигляді у форматі doc, docx (загальний обсяг статті разом із графічними матеріалами 14-м кеглем через 1,5 інтервалу – від 12 до 14 сторінок А4);
- вихідні рисунки, графіки, тощо – додатково окремими файлами;
- трьома мовами (українською, англійською та російською) подаються анотації (укр./англ. – не менш 1800 зн., рос. – 1000 зн.) і ключові слова (5-6 слів), які мають представляти зміст статті;
- картка автора(ів) на окремому аркуші трьома мовами – прізвище, ім’я та по батькові повністю, посада, вчений ступінь та звання, місце роботи (повна назва організації та поштова адреса), контактні телефони, e-mail кожного автора статті, h-індекс, ORCID, ResearcherID;
- офіційний лист від закладу, в якому виконано роботу, із зазначенням головного та/або наукового редактора та підписом керівника організації, де працює автор;
- разом зі статтею до редакції має бути подано документ про можливість відкритої публікації матеріалів, а також про згоду авторів на поширення цих матеріалів у мережі Інтернет (сканована копія з підписами авторів);
- оформлення статей має відповідати міжнародним стандартам;
- матеріали, які не відповідають зазначеним вимогам, редакцією не розглядаються.

Увага! Усі матеріали на етапі рецензування перевіряються на плагіат.

ЖУРНАЛ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ В УСІХ ВІДДІЛЕННЯХ ЗВ’ЯЗКУ
АБО ПРИДБАТИ В РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ

(ПЕРЕДПЛАТНИЙ ІНДЕКС – 40515)

6-8 жовтня 2020 р., м. Харків



XII Міжнародна науково-технічна конференція Метрологія та вимірювальна техніка

На конференції планується розглянути такі питання:

- Відтворення та поширення одиниць SI
- Фундаментальна метрологія та простежуваність
- Результати міжнародних звірень
- Еталони та вимірювальні системи
- Сенсори, давачі та інтелектуальні системи
- Індустрія 4.0 та адитивні технології
- Комп’ютерне моделювання для потреб метрології
- Метрологія для підвищення ефективності та надійності енергетичних систем та мереж
- Нові документи та стандарти в метрології, законодавча метрологія

У рамках конференції планується проведення нової секції
“Метрологічні аспекти обліку природного газу”



Національний науковий центр
«Інститут метрології»



Передплатний індекс 40515

Адреса редакції:

61002, м. Харків, вул. Мироносицька, 42,

ННЦ “Інститут метрології”

Тел: (057) 704-98-43

E-mail: journal@metrology.kharkov.ua