

НОВА ПАРАДИГМА ОСВІТЛЕННЯ

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Анотація.

Запровадження Міжнародною комісією з освітлення (CIE) системи величин для оцінювання невізуальної дії світла обумовило актуальність впровадження їх в сучасну проєктну практику і контроль в світловому середовищі. Для вирішення проблеми контролю невізуальної дії світла було запропоновано метод вимірювання циркадного впливу світла на людину і розроблено дизайн меланопічного дозиметра.

Ключові слова: меланопічна освітленість, білі світлодіоди, меланопсін.

Відкриття Берсоном і співавторами нового фоторецептора pRGC, пов'язаного з невізуальним впливом світла [1], призвело до необхідності переосмислення традиційної концепції дії освітлення і обумовило необхідність створення нових критеріїв і методів аналітичної оцінки та вимірювань його характеристик. Призначення освітлювальних систем перестало обмежуватися створенням відповідних чинним нормам умов освітлення для забезпечення візуального комфорту при виконанні зорових робіт. Світлові ефекти, що створюються сучасним світлодіодним освітленням, впливають на спосіб функціонування нашого тіла і, таким чином, впливають на наше здоров'я і самопочуття. Споживачі все більше потребують і очікують освітлювальних систем і застосувань, які можуть підтримувати їхнє здоров'я та самопочуття, позитивний настрій, а фахівці з освітлення мають бути готовими відповідати цим викликам.

Для опису характеристик світлового середовища з урахуванням не тільки традиційної, але й невізуальної дії Міжнародною комісією з освітлення (CIE) в CIE S 017/E:2020 було введено офіційний термін «інтегральне освітлення» як «освітлення, яке інтегрує (об'єднує) обидва візуальні і невізуальні ефекти і призводить фізіологічні і/або психологічні переваги для людей. Світлові технології в XXI сторіччі, таким чином, формують міст між дослідженнями в областях медицини, психології, біології, з одного боку, і архітектурному освітленні, технологічному розвитку світлодіодних систем, освітлювальній практиці, з іншого. Для світлотехнічної спільноти актуальним є розвиток і використання метрик, які характеризують невізуальний вплив світлового стимулу. Зважаючи на невізуальні світлові ефекти, опис оптичного випромінення єдиною фотопічною дією (функцією спектральної ефективності $V(\lambda)$ спектра не є можливим.

Для оцінки характеристик випромінення світлових систем за їх дією на всі фоточутливі клітини ока CIE було введено назви для п'яти зважених освітленостей (« α -опік» освітленостей) за їх фотопігметною назвою: меланопічна (для ipRGC), родопічна (для паличок), цианопічна (для S – колбочок), хлоропічна (для M – колбочок), еритропічна (для L – колбочок) освітленості, а також надані їх визначення [2]. Серед метрик, що пропонуються CIE, є «меланопічний люкс» – термін, який описує густину потоку, зваженого функцією світлової ефективності, максимальна чутливість якої знаходиться на довжині хвилі 480 нм і заснована на дії спектра меланопсіна [2].

Іншим підходом для оцінки невізуальної дії світла, що було запропоновано професором Rea [3], є модель «Циркадний стимул», яка базується на тому, що відклик людини на світло визначається в термінах пригнічення мелатоніна. Величина циркадно ефективного світла визначається в термінах циркадного світла CL_A . Подібно фотопічній освітленості CL_A вимірюється в люксах. На відміну від фотопічної освітленості, яка має пік спектральної чутливості на довжині хвилі 555 нм, значення CL_A мають піки чутливості або на довжині 460 нм, або 485 нм в залежності від спектра «білого» світла: які довжини хвилі домінують в спектрі: короткі чи довгі. Циркадне світло CL_A і циркадний стимул CS – це дві метрики, які характеризують спектральну й абсолютну чутливість людської циркадної системи. Освітлювальна система, яка створює циркадний стимул більше 0,3 протягом дня, частково протягом ранку і менше ніж 0,1 увечері, є значним початковим результатом. Відмітимо, що

введені метрики не прив'язані до стандартів СІЕ. Рекомендації СІЕ засновані на дослідженнях, проведених інститутами у всьому світі, одиниці пов'язані з величинами, узгодженими з міжнародною системою одиниць, що є суттєвим для можливості простежуваності вимірювань і міждисциплінарних керівництв.

Питаннями, які мають практичну важливість для вирішення проблеми є: спектр, інтенсивність і тривалість роботи системи освітлення, а також в який час доби світловий стимул може позитивно впливати на суб'єктивний і об'єктивний стани самопочуття споживачів освітлення. Емпірично доказано, що послідовні експозиції, яскраві дні і темні ночі підвищують здоров'я і самопочуття людей. В цьому контексті надзвичайно важливою є роль практично орієнтованих методів [4] і засобів вимірювання невізуальних ефектів відповідно до рекомендацій і визначень СІЕ. Дії спектрів запропонованого СІЕ α -опік підходу подані для зору 10°, в той же час як існуючі світловимірювальні засоби розроблені і калібровані для поля зору 2°, що обумовлює необхідність калібрування для зору 10°. На кафедрі світлотехніки і джерел світла ХНУМГ ім. О.М. Бекетова було запропоновано метод вимірювання невізуального впливу світла на людину і розроблено дизайн меланопічного дозиметра, який дозволяє вимірювати у вертикальній площині освітленості ока, що може міститися на окулярах. Разом з цим удосконалюється гоніометрична система GO-2000, яка дозволяє вимірювати спектральний розподіл потужності джерел світла і використовувати інформацію для розрахунку за допомогою α -опік Toolbox для імплементації СІЕ S026.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Berson D.M., Dunn F.A., Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science, 2002, 295, 1070-1073. doi: 10.1126/science.1067262.
2. CIE S 026/E:2018. CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-influenced Responses to Light. Vienna: CIE. doi: 10.25039/S026.2018.
3. Rea M.S., Figueiro M. Light as a circadian stimulus for architectural lighting. Lighting Research and Technology, 2016, No 4, 1-14. doi: 10.1177/147715351668368.
4. Nazarenko L., Felonenko D., Liashenko O. Metrics of non-visual effects of light. Ukrainian Metrological Journal, 2024, No.4, 36-42. doi: 10.24027/2306-7039.4.2024.319171.

Назаренко Леонід Андрійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри світлотехніки і джерел світла, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, leonnaz@ukr.net

Фелоненко Дмитро Юрійович, аспірант кафедри світлотехніки і джерел світла, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, felonenko7000@gmail.com

Ляшенко Олена Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри світлотехніки і джерел світла, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, olenalyashenko@kname.edu.ua

A NEW LIGHTING PARADIGM

Abstract.

The introduction by the International Commission on Illumination (CIE) of a system of quantities for assessing the non-visual effects of light has made their implementation in modern design practice and control in the lighting environment relevant. To solve the problem of controlling the non-visual effects of light, a method for measuring the circadian effects of light on humans was proposed and a design of a melanopic dosimeter was developed.

Keywords: melanopic illumination, white LEDs, melanopsin.

Nazarenko Leonid Andriyovych, D.Sc, Professor, Professor of Department of Lighting Technology and Light Sources, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, leonnaz@ukr.net

Felonenko Dmytro Yuriyovych, postgraduate student of Department of Lighting Technology and Light Sources, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, felonenko7000@gmail.com

Liashenko Olena Mykolayivna, Ph.D, Associate Professor, Associate Professor of Department of Lighting Technology and Light Sources, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, olenalyashenko@kname.edu.ua