УДК 628.98 **DOI 10.33042/2522-1809-2021-1-161-163-168**

Л.А. Назаренко, К.І. Суворова, О.В. Білик

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

ПРО ДИНАМІЧНЕ ЦИРКАДНЕ ОСВІТЛЕННЯ

Розглянуті питання незорового впливу світла на організм людини під час роботи офісних працівників та учнів навчальних закладів. Обґрунтовано необхідність створення якісного світлового середовища учбових приміщень та офісів шляхом відповідного сценарію динамічного освітлення з урахуванням незорових ефектів видимого світла. Показано необхідність перегляду рівнів освітленості на робочих поверхнях з урахуванням циркадних ефектів.

Ключові слова: *циркадний ритм, світловий дизайн, сценарій освітлення, динамічне освітлення, світлодіодізація, людиноцентричне освітлення, корельована колірна температура, невізуальний біологічний ефект.*

Постановка проблеми

Останні два десятиріччя відзначені революційними змінами в області освітлювального дизайну, серед яких є бурхливий розвиток і все більше зростання світлодіодного освітлення, що дозволяє отримувати динамічні світлові сцени, а також прогрес в знаннях фізіологічних механізмів, які регулюють циркадні ритми, та їх зв'язок зі світловими стимулами.

Світлове оточення не тільки впливає на візуальні характеристики, проте має суттєвий вплив на людей через так звані невізуальні ефекти або такі, що не формують зображення (БОЗ-ефекти) – настрій, бадьорість, циркадні ритми тощо.

Сьогодні добре підтверджено, світлотехніки-дизайнери все ще керуються нормами, які засновані на якісному наближенні. Складність частково полягає у тому, що відсутні встановлені метрики, прийняті науковою спільнотою. Багато досліджень було опубліковано про «циркадні» метрики, і як перенести наукові здобутки в практику освітлювального дизайну.

Звичайно великий інтерес представляє освітлення внутрішніх приміщень, де люди проводять більшу частину часу, такі як робочі приміщення, школи, шпиталі, резиденції для похилих людей тощо. Важливим є поєднання візуальних та невізуальних вимог із інноваційними світловими системами.

Циркадне освітлення повинно завжди бути оцінено на рівні очей, в типовому розташуванні людського буття в специфічному внутрішньому оточенні. Всі елементи світлового дизайну, включаючи стіни та меблі, впливають на освітлення, створене в приміщенні та навпаки, освітлення впливає на сприйняття оточення.

Сучасні технології можуть в будь-якому випадку надати інструменти для дизайну систем циркадного освітлення. В цьому сенсі, світлодіоди забезпечують фундаментальні характеристики, щоб створювати освітлювальні системи, що не вдавалося зробити іншими типами джерел світла, або вдавалося частково.

Покращений сценарій освітлення припускає синхронізацію світла з активністю і циркадними ритмами споживачів на протязі 24-годинного циклу. Повинні бути враховані сезонні зміни, які визначають тривалість дня, та погодні зміни, які впливають на присутність та тривалість природного світла. Використання циркадного освітлення, тобто світла, яке синхронізує людську циркадну систему, в помешканні, покращує якість життя, допомагає краще відпочивати вночі і залишатися активними протягом усього дня. Це також полегшує симптоми депресії.

Циркадна система освітлення, спроектована для цих цілей, повинна представляти зміни освітлення з часом і в відношенні до місця проживання. Циркадна система повинна також відноситися до природних циклів день-ніч, діючи через колірну кольорову температуру і рівні освітленості. Освітлення повинно бути стимулюючим фактором протягом світлового дня, з одного боку, та дестимулюючим ввечері та вночі, з іншого боку. Особливо, це стосується приміщень для перегляду телевізора або читання, в спальнях. Система, яка забезпечує освітлювальні сценарії повинна змінюватися автоматично, відповідно до часу, у відповідності, наприклад, встановленій програмі, яка розрахована на добу.

Асоціація Світлотехніків Європи, яка об’єднує тисячі виробників в освітлювальному секторі

© Назаренко Л.А., Суворова К.І., Білик О.В.

Європейського Союзу, декларує чотири області досліджень і розвиток як фундаментальних:

- світлодіодізація (LEDification), тобто розвиток та впровадження світлодіодних технологій;
- інтелектуальні освітлювальні системи;
- людиноцентричне (Human Centric Lighting (HCL)), тобто орієнтоване на людину освітлення;
- «колова» економія (Circular economy).

Тема людиноцентричного (HCL) освітлення розглядається фундаментально важливою. Важливо відмітити, що в цьому контексті, в дійсності, визначення HCL є дуже подібним до концепції циркадного освітлення. Циркадне освітлення повинно бути одним з ключових елементів і дійсною фундаментальною частиною HCL.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Стан знань на сьогодні вказує на те, що для загрузки біологічного годинника і для прямих біологічних ефектів (що впливають на активність і життєві показники) мінімальна освітленість на очі є порядку 400-500 лк. Це витримується для джерел світла з корельованою колірною температурою між приблизно 3000 і 4000 К.

Для вищих колірних температур, величина, яка потрібна, є нижчою. Для значень біля 6500 К необхідне значення може бути на половину менше: 200-250 лк. Лампи з ККТ 3000-4000 К мають фактор меланопічного еквівалента денного світла (Д65) 0,4-0,6 і лампи з 6500 К приблизно 1,0 (рис.1).

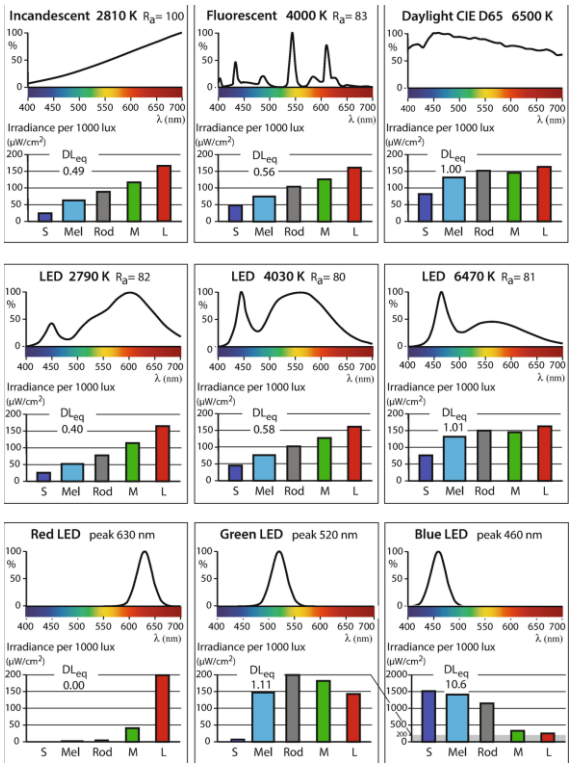

Рис. 1. Оптичне випромінення різних типів ламп на 1000 люкс на зовнішній поверхні ока

Ці рівні освітленості очей таким чином відповідають меланопічним еквівалентам денного світла (Д65) освітленості ($E_{eye,\ mel\ D65eq}$) приблизно 200-300 лк.

Невізуальний біологічний ефект світла не прямо керується освітленістю на робочій поверхні, а світлом, яке надходить в око. Для дизайнера освітлення, проте, більш зручно працювати з освітленістю на горизонтальній робочій поверхні. Таким чином, є необхідним перетворити необхідний рівень освітленості на око (для всіх локацій в просторі) в приблизно середнє значення горизонтальної освітленості робочої поверхні. Тобто середня горизонтальна освітленість на рівні робочої поверхні відповідає грубо трьом значенням вертикальної освітленості на рівні ока. На основі цього в табл. 1. дана мінімально необхідна середня горизонтальна освітленість на робочій площині.

Таблиця 1.

Мінімальна горизонтальна освітленість на робочій поверхні офісних приміщень

ККТ, К	E_{eye}, лк	$E_{eye,\ mel\ D65eq}$, лк	E_{hor}, лк
3000-4000	500	250	1500
6500	250	250	750

В більшості офісів і промислових приміщеннях ці рівні освітленості не можливі для денного світла, яке надходить в приміщення, особливо в зимовий час на тропічних широтах [1–4]. За цих умов штучного освітлення необхідно піклуватися про необхідність додаткового (extra) освітлення. Сценарій освітлення, який динамічно змінює рівень освітленості й колірні можливості оптимізації між енергетичними потребами з одного боку, і потребами візуальних і невізуальних ефектів, з іншого боку.

Рис. 2 показує приклад такого сценарію динамічного освітлення в денний час для робочого дня починаючи з 8.00 вранці і закінчуючи в 17.00.

Ранкове освітлення починається з рівня горизонтального освітлення в 750 лк і холодним білим кольором (приблизно 6500 К). Ця ситуація відповідає грубо 250 лк меланопічній еквівалентній денному світлу (D65) освітленості. Це допомогає завантажити біологічний годинник і викликає прямі фотобіологічні ефекти, які забезпечують бадьорість і потенціальні життєві показники. Такі умови освітлення продовжується 2,5-3 години, відповідно тривалості фазового розвитку піка кривої фазового відклику, що показано на рисунку 2.

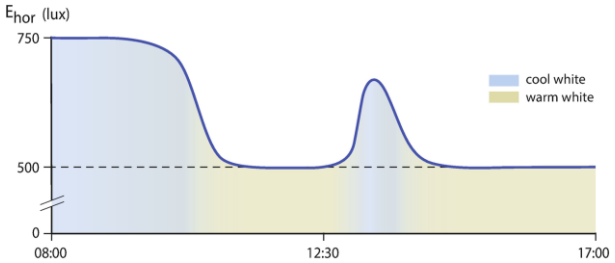

Рис. 2. Приклад сценарію динамічного освітлення для орієнтованого на людину освітлення в офісах (протягом світлового дня)

Після цього рівень освітлення поступово зменшується і колір поступово стає теплішим. Починаючи з обіду, біля часу ланча, рівень освітленості досягає найнижчого значення в 500 лк, в той же час колір має найтепліший відтінок (біля 3000-4000 К). Ця ситуація відповідає грубо 85 лк меланопічній еквівалентній (D65) освітленості. Рівень горизонтальної освітленості ніколи не стає нижчим за 500 лк, будучи мінімальним рівнем рекомендованим для візуальних характеристик і комфорту. Ситуація в середині дня за низького рівня освітленості і теплого кольору підтримує релаксацію навколо часу ланча. Це також сприяє коротким дрімамням для тих, кому це потрібно. При цьому, глибокі дрімання за час ланчу показали відчутне відновлення життєвих сил і покращання життєвих показників протягом 2-3 год в обід [5, 6]. Ці короткі дрімання повинні тривати 3-20 хв і відбуватися до 15.00 години.

Коротка експозиція яскравого світла після часу ланча також має життєвідновлюючий ефект [7].

Таким чином, короткотривалі (30 хв) післяланчеві зростання рівня освітлення комбінуються з вищою колірною температурою, включаються в сценарій рис.1. Як обговорювалося, високий рівень освітленості має нижчі ефекти бадьорості і покращення життєвих показників в обід, ніж вранці. Чи має такий же ефект висока ККТ освітлення в обід зовсім є сумнівним.

Таким чином, після ланчового зростання рівень освітленості знижується знову, в той же час колірна температура поступово повертається до 3000-4000 К. Відсутність яскравого холодного світла в обід не заважає поступовому зростанню мелатоніна пізніше в обід або раннього ранку.

Динамічний сценарій денного часу, який ілюструє рис. 1 заснований на мінімальних вимогах для повсякденних офісних зорових завдань. Для складних зорових завдань мінімальний рівень освітленості має бути вищим ніж 500 лк у відповідності із співвідношеннями між візуальними характеристиками, розміром і контрастом такого зорового завдання. Для завдань, що призводять до суворих наслідків у випадку помилок, вимоги бадьорості та життєвих показників можуть бути надзвичайно високі.

Це звичайно притримується для потенційно ризикових умов в промисловому освітленні. Для таких завдань або умов рівень освітленості повинен бути збільшений до 750 лк, і повинна бути розглянута корельована колірна температура вища ніж 6500 К.

Формулювання мети статті

Формування концепції створення якісного світлового середовища учбових приміщень та офісів шляхом відповідного сценарію динамічного освітлення з урахуванням незорових ефектів видимого світла.

Виклад основного матеріалу

Освітлення в аудиторіях освітніх установ повинно, в першу чергу, виконувати необхідні зорові вимоги і створювати комфорт учням і студентам. Функціональне освітлення для офісів може бути використане як рекомендоване для аудиторного освітлення. Проте є одна критична відмінність. Молодий вік школярів і студентів робить виконання зорового завдання для них легшим. Це тому, що функції ока дитини фізіологічно кращі, ніж ока дорослої людини, і молодші люди мають кращий зір на коротких відстанях. Діти в дійсності рухають головою відповідно до зорового завдання, що робить їх завдання візуально легшим. Більшість світлових стандартів тому вірно визначають нижчі рівні освітлення для класних кімнат. Проте, там може бути пастка для цього. Фіксовані низькі рівні освітлення в класних кімнатах, зручні для використання дітьми і студентами, можуть не бути зручними для дорослого ввечері.

Окрім створення зорових умов і комфорту, освітлення може також позитивно впливати на якість сну в нічний час, активність вдень, релаксацію і емоційний стан учнів та студентів.

Як наслідок, освітлення може впливати на учбові показники. На рис. 3 показані два шляхи отримання цих ефектів. Для школярів та студентів цей шлях відрізняється. Три різні шляхи також відносяться до ефектів трьох порядків [8]:

– шлях 1 (ефекти першого порядку) – прямі ефекти світла, які прямо впливають на активність, увагу, концентрацію і настрій;
– шлях 2 (ефекти другого порядку) – довготривалі циркадні ефекти ритму день-ніч, які діють, зокрема, на якість сну вночі, які також впливають на активність, увагу, концентрацію і настрій учнів наступного дня;

– шлях 3 (ефекти третього порядку) – освітлення, яке має позитивний ефект першого і другого порядків може зменшувати збуджену поведінку деяких учнів, навпаки позитивний ефект на увесь клас повністю.

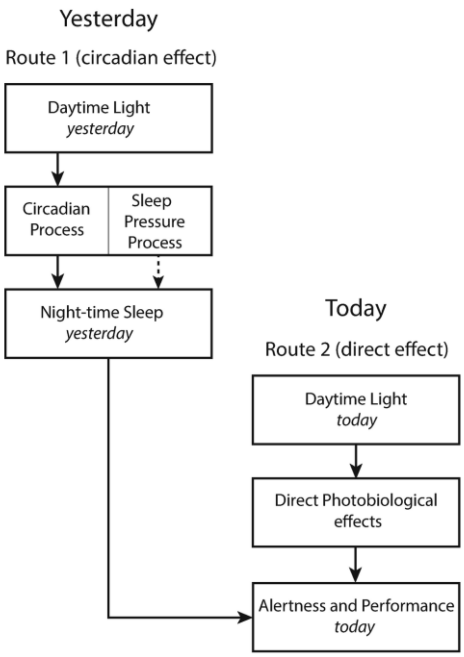

Рис. 3. Два шляхи, через які денне світло може впливати на денну пильність та ефективність

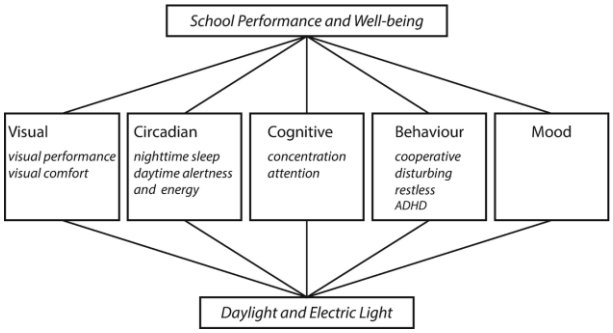

Рис. 4. Співвідношення між світловими ефектами, які в сукупності впливають на успішність у школі та добробут учнів та студентів

Рис. 4 показує схему, запропоновану Mott et al [9], що показує відношення більшості ефектів трьох шляхів з показниками і самопочуттям учнів.

Було проведено декілька досліджень щодо впливу сталого і динамічного аудиторного освітлення на показники учнів і студентів. Динаміка освітлення стосується як рівня освітленості, так і колірної температури (ККТ). Так, раніше в 1981р., фізіологічні і поведінкові зміни в освітньому просторі (в випадку з дітьми з вадами) були проаналізовані за різних умов освітлення [10]. Це дослідження в 1993 році отримало розвиток у PhD дослідженні в приміщеннях з шестирічними дітьми [11].

Освітлення і кольори стін в приміщенні змінювались 3 рази на протязі 30-денного тестового періоду. Поведінка учнів була відображена на відео, фіксувалася в туж саму годину кожного дня і відповідно аналізувалася. Кров'яний тиск вимірювався кожен день також в той же самий час. Через 10 днів з повним спектром освітлення і блакитними стінами, кров'яний тиск був менший, ніж той, що був у 10-денний період з люмінесцентним освітленням і білими стінами. До випробування він був на 22 % нижче.

Приблизно після 2000 р., коли освітлювальна громада познайомилася з фундаментальними механізмами невізуальних біологічних ефектів, набагато більше вивчено у відношенні показників і шкільного освітлення [12–20]. Експериментальні умови цих досліджень відрізняються суттєво в локаціях на землі; дизайном вікон в будівлях; порою року (і, таким чином, впливом денного світла) і таймингом експериментів. Інші відмінності торкаються рівнів штучного освітлення в контрольній ситуації (діапазон горизонтальної освітленості від 300 лк до 500 лк, корельованої колірної температури від 3000 К до 4000 К); в експериментальній ситуації (діапазон горизонтальної освітленості від 500 до 1000 лк і ККТ від 4000 К до 17000 К); тип освітлювальної інсталяції і коефіцієнт відбиття кімнати і, таким чином, яскравості кімнати. Остаточно, також тип тестових персон (діти і студенти, відповідно) і тип тестів учнів і студентів, що проводилися, відрізнявся: від характерних тестів на читання, письма, математики, до тестів на увагу, концентрацію, мотивацію і настрій.

Деталізоване взаємне порівняння є, таким чином, неможливе. Хоча деякі з цих результатів є конфліктуючими, більшість досліджень показує, що підвищення рівня освітленості, особливо в ранкові часи покращують результати навчання і настрій. Покращення результатів навчання можуть вже бути одержані збільшенням рівня горизонтальної освітленості від 300 лк до 500 лк [14]. Дослідження, в яких також вивчався ефект колірної температури головним чином демонструвало, що покращення результатів навчання і настрою співпадає з результатами, найбільш яскраво вираженими в темні зимові місяці і обідні години. Позитивні результати найбільш яскраво виражені в темні зимові місяці з дизайном вікон і місця розташування, які забезпечують більше проникнення денного світла в приміщення.

За учбових процесів, періоди фокусування і концентрації повинні бути альтернативними періодам релаксації. Освітлення може бути використане для сприяння цьому процесу: нижчий рівень, тепліше для релаксації і вищий рівень, холодніше світло для концентрації і фокусування.

Одне дослідження показало ефект освітлення на основі бажаної активності і настрою [20]. Дослідження показало, що такий освітлення в дійсності позитивно впливає на навчання і настрій студентів.

Висновки

Таким чином, освітлення аудиторії може стати більш ефективним від динаміки освітлення, тобто динамічних рівнів освітлення і колірної температури.

В темні періоди року і ситуації зі слабким проникненням денного світла рекомендується збільшувати рівень освітлення від часто рекомендованого повсякденного рівня в 300 лк горизонтальної освітленості до по крайній мірі 500 лк із збільшенням колірної температури до 6500 К на протязі перших 2 годин вранці. Сценарій освітлення, представлений на рис. 2, прийнятий до 500 лк, може служити як керівництво. Для приміщень ВНЗ, сценарій освітлення повинен бути прийнятий до 750 лк. Щоб дати можливість вчителю підлаштовувати рівень освітленості і колірної температури до бажаної активності і настрою, повинні бути зроблені по крайній мірі дві можливі сцени для вчителя. Одна «релаксаційна» сцена, яка забезпечує зменшення освітленості і колірної температури і інша «сцена концентрації», яка забезпечує збільшення рівня освітленості і колірної температури.

Обов'язковою умовою повинен стати автоматичний контроль освітлення, що залежить від динаміки денного світла та звичайно має бути вбудований в смарт інсталяцію динамічного освітлення.

Література

1. *Aries M (2005) Human lighting demands, healthy lighting in the office environment. Public presentation of PhD thesis/ University of Technology Eindhoven, Eindhoven.*
2. *Hubalek S et al (2010) Office workers daily exposure to light and its influence on sleep quality and mood. Lighting research and Technology 42 : 33-50.*
3. *Smolders KCHJ, De Kort YAW, Van Den Berg SM (2013) Daytime light exposure and feelings of vitality/ Results of a field study during regular weekdays. Journal of Environmental Psychology 36: 270-279.*
4. *Figueiro MG, Rea MS (2016) Office lighting and personal light exposures in two seasons: impact on sleep and mood. Lighting research and Technology 48 : 52-64.*
5. *Stampi C (ed) (1992) Why we nap; evolution, chronobiology, functions of polyphasic and ultrashort sleep. Springer Science Business Media, New York.*
6. *Takahashi M et al (2004) Post-lunch nap as a worksite intervention to promote alertness on the job. Ergonomics 47 : 1003-1013.*
7. *Kaida K et al (2013) The effects of short afternoon nap and bright light on task switching performance and error-related negativity. Sleep Biological Rhythms 11: 125-134.*
8. *Novotny P, Fischke H (2014) Lighting for health and well-being in education, work places, nursing homes, domestic application and smart cities. SSL-erate consortium, Brussels, Belgium.*
9. *Mott MS, Robinson DH, Walden A, Burnette J, Rutherford AS (2012) Illuminating the effects of dynamic lighting on student learning. SAGE Open 2 : 1-9.*
10. *Wohlfarth K, Sam C (1981) The effects of color/lighting changes on severely handicapped children. Planning and Research Branch. Alberta education.*
11. *Cranguard EM (1993) Effects of color and light on selected elementary students. Dissertation University of Nevada, Las Vegas.*
12. *Winterbottom M, Wilkins A (2009) Lighting and discomfort in the classroom. Journal of Environmental Psychology 29 : 63-75.*
13. *Figueiro MG, Rea MS (2010) Lack of short-wavelength light during school day delays dim light melatonin onset (Dimo) in middle school students. Neuro Endocrinol Lett 31 : 92-96.*
14. *Goven T et al (2010) Influence of ambient light on the performance mood, endocrine systems and other factors of schoolchildren. Proceedings of the 27th Session of the CIE, Sun City.*
15. *Rautkyla E et al (2010) Effects of correlated colour temperature and timing of light exposure on daytime alertness. In lecture environments. J. Light Vis Env 34 : 59-68.*
16. *Barkmann C et al (2012) Applicability and efficacy of variable light in schools. Physiol Behav 105(3) : 621-627.*
17. *Sleegers PJC et al (2013) Lighting affects students concentration positively : findings from three Dutch studies, Lighting research and Technology 45 : 159-175.*
18. *Keis O et al (2014) Influence of blue-enriched claasroom lighting on students cognitive performance. Trends Neuroscience Education 3 : 86-92.*
19. *Gentle N et al (2018) A field study of fluorescent and LED classroom lighting. Lighting research and Technology 50 : 631-651.*
20. *Morrow BL, Kanakri SM (2018) The impact of fluorescent and LED lighting on students attitudes and behavior in the classroom. Adv Pediatr Res 5 : 15.*

References

1. Aries M (2005) Human lighting demands, healthy lighting in the office environment. Public presentation of PhD thesis/ University of Technology Eindhoven, Eindhoven.
2. Hubalek S et al (2010) Office workers daily exposure to light and its influence on sleep quality and mood. Lighting research and Technology 42 : 33-50.
3. Smolders KCHJ, De Kort YAW, Van Den Berg SM (2013) Daytime light exposure and feelings of vitality/ Results of a field study during regular weekdays. Journal of Environmental Psychology 36: 270-279.
4. Figueiro MG, Rea MS (2016) Office lighting and personal light exposures in two seasons: impact on sleep and mood. Lighting research and Technology 48 : 52-64.

5. Stampi C (ed) (1992) Why we nap; evolution, chronobiology, functions of polyphasic and ultrashort sleep. Springer Science Business Media, New York.
6. Takahashi M et al (2004) Post-lunch nap as a worksite intervention to promote alertness on the job. Ergonomics 47 : 1003-1013.
7. Kaida K et al (2013) The effects of short afternoon nap and bright light on task switching performance and error-related negativity. Sleep Biological Rhythms 11: 125-134.
8. Novotny P, Fischke H (2014) Lighting for health and well-being in education, work places, nursing homes, domestic application and smart cities. SSL-erate consortium, Brussels, Belgium.
9. Mott MS, Robinson DH, Walden A, Burnette J, Rutherford AS (2012) Illuminating the effects of dynamic lighting on student learning. SAGE Open 2 : 1-9.
10. Wohlfarth K, Sam C (1981) The effects of color/lighting changes on severely handicapped children. Planning and Research Branch. Alberta education.
11. Cranguard EM (1993) Effects of color and light on selected elementary students. Dissertation University of Nevada, Las Vegas.
12. Winterbottom M, Wilkins A (2009) Lighting and discomfort in the classroom. Journal of Environmental Psychology 29 : 63-75.
13. Figueiro MG, Rea MS (2010) Lack of short-wavelength light during school day delays dim light melatonin onset (Dimo) in middle school students. Neuro Endocrinol Lett 31 : 92-96.
14. Goven T et al (2010) Influence of ambient light on the performance mood, endocrine systems and other factors of schoolchildren. Proceedings of the 27th Session of the CIE, Sun City.
15. Rautkyla E et al (2010) Effects of correlated colour temperature and timing of light exposure on daytime alertness. In lecture environments. J. Light Vis Env 34 : 59-68.
16. Barkmann C et al (2012) Applicability and efficacy of variable light in schools. Physiol Behav 105(3) : 621-627.
17. Sleegers PJC et al (2013) Lighting affects students concentration positively : findings from three Dutch studies, Lighting research and Technology 45 : 159-175.
18. Keis O et al (2014) Influence of blue-enriched claasroom lighting on students cognitive performance. Trends Neuroscience Education 3 : 86-92.
19. Gentle N et al (2018) A field study of fluorescent and LED classroom lighting. Lighting research and Technology 50 : 631-651.
20. Morrow BL, Kanakri SM (2018) The impact of fluorescent and LED lighting on students attitudes and behavior in the classroom. Adv Pediatr Res 5 : 15.

Рецензент: доктор технічних наук, проф., зав. каф. світлотехніки та джерел світла П.І. Неєжмаков, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: НАЗАРЕНКО Леонід Андрійович
доктор технічних наук, професор кафедри світлотехніки та джерел світла
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – lnazar@ukr.net

Автор: СУВОРОВА Кристина Ігорівна
кандидат технічних наук, доцент кафедри світлотехніки та джерел світла
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – kisuvorova17@gmail.com
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8687-3547

Автор: БІЛИК Олена Вікторівна
аспірант, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова;
інженер І категорії, Національний науковий центр "Інститут метрології"
E-mail – olena.bilyk@metrology.kharkov.ua

ABOUT DYNAMIC CIRCADE LIGHTING

L. Nasarenko, K. Suvorova, E. Bilyk
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The issues of light non-visual influence on the human body during the work of office workers and students of educational institutions are considered. The necessity of creating a high-quality lighting environment of educational premises and offices by means of the corresponding dynamic lighting scenario taking into account non-visual effects of visible light is substantiated. The necessity of light levels revision of on working surfaces taking into account circadian effects is shown. The rapid development and increasing growth of LED lighting, which allows to obtain dynamic light scenes, as well as progress in knowledge of physiological mechanisms that regulate circadian rhythms, and their relationship with light stimuli allows to implement really high quality artificial lighting. The light environment not only affects the visual characteristics, but also has a significant impact on people through the so-called non-visual effects or those that do not form images (BOZ-effects) - mood, vivacity, circadian rhythms and more. It is important to combine visual and non-visual requirements with innovative lighting systems. Circadian lighting should always be evaluated at eye level, in the typical location of human existence in a specific internal environment. The improved lighting scenario involves synchronizing the light with the activity and circadian rhythms of consumers over a 24-hour cycle. Lighting in the auditoriums of educational institutions should meet the necessary visual requirements and create comfort for pupils and students. Audience lighting can be more efficient than lighting dynamics or dynamic lighting levels and color temperature. Automatic lighting control, which depends on the dynamics of daylight and should usually be built into the smart installation of dynamic lighting, should be a must.

Keywords: *circadian rhythm, light design, lighting scenario, dynamic lighting, LED, human-centered lighting, correlated color temperature, non-visual biological effect.*