

Специфіка дизайну систем розсіяного освітлення приміщень на основі світлодіодів

Лідія Коваль

Київський національний університет будівництва і архітектури
31, просп. Повітрофлотський, Київ, Україна, 03037
likocolor@gmail.com, orcid.org/0000-0002-7324-0377

DOI: 10.32347/2310-0516.2019.13.40-48

Анотація. У статті розглядається специфіка дизайну систем розсіяного освітлення приміщень на основі світлодіодів, яка визначається такими проблемами дизайнерського проектування світлодіодних освітлювальних систем: утворення множинних тіней при використанні груп відкритих світлодіодів у світильниках прямого світла; необхідність захисту зору користувачів від прямого попадання світла світлодіодів, у зв'язку з тим, що висока світлова ефективність і мініатюрні розміри сучасних світлодіодів призводять до концентрації значного світлового потоку в одній точці.

У процесі роботи визначено, що перспективним варіантом вирішення вище окреслених проблем є використання розсіяного освітлення, яке вважається одним з найбільш комфортних, з точки зору уникнення засліплення та блисків. Однак, розсіяне освітлення має такий недолік як монотонність. У результаті дослідження запропоновано способи уникнення монотонності світлового середовища, сформованого розсіяним світлом: основний – збагачення форми світильників і освітлювальних систем завдяки використанню для їх утворення складних і структурованих світлорозсіювальних поверхонь; додатковий – збагачення кольору освітлення за рахунок нюансових відмінностей у кольоровій температурі світла окремих світильників серед множини тих, що входять до загальної системи освітлення.

Практичного застосування окреслені вище теоретичні положення набули у: серіях спроектованих абажурів (ПУ 112427, ПУ 130594), в основі конструкції яких лежать правильні (гексаедр або куб, октаедр, ікосаедр) і напівправи



Лідія Коваль
докторант кафедри
архітектурних конструкцій
канд. мистецтвознавства, доц.

льні (кубоктаедр, ромбокубоктаедр) багатогранники; серіях світлодіодних світильників – для освітлення абажурів (ПУ 128832) і для формування систем розсіяного освітлення (ПУ 121313).

Також, виявлено, що в сучасному дизайні світильників розсіяного світла поширюється використання органічних світлодіодів (OLED) на жорсткій або гнучкій підкладці у якості джерел світла.

Ключові слова. Дизайн; системи освітлення приміщень; світильники розсіяного світла; світлодіоди.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

На сьогодні, визнаним фактом є те, що з точки зору енергоефективності світлодіодні освітлювальні системи є найбільш успішними [1, с. 14–15]. За матеріалами брифінгу Європейського парламенту, що пройшов у жовтні 2015 р., поняттю «енергоефективність» дається досить широке тлумачення, як «відношення вихідної продуктивності, послуг, товарів або енергії до вхідної енергії [2]». Відповідно до цього, якщо за основний критерій продуктивності освітлення взяти його комфортність для користувача,

енергоефективність зростатиме при покращенні якості освітлення за допомогою використання енергоощадних технологій. Сучасні світлодіоди продовжують удосконалюватися за рахунок підвищення не лише кількісних складових їх енергоефективності (світлова віддача, світлова ефективність, енергетичний коефіцієнт корисної дії), а і якісних показників випромінювання світлодіодів (наприклад, таких як спектр [1, с. 18; 3]).

Проте, одне з перших питань, що виникає у процесі дизайнерського проектування світлодіодних освітлювальних систем є проблема утворення множинних тіней при використанні груп відкритих світлодіодів у світильниках прямого світла. Також, висока світлова ефективність і мініатюрні розміри сучасних світлодіодів призводять до концентрації значного світлового потоку в одній точці, що визначає іншу проблему – необхідність захисту зору користувачів від прямого попадання світла як окремих світлодіодів, так і їх груп [4].

Перспективним варіантом вирішення вище окреслених проблем є використання розсіяного освітлення, яке вважається одним з найбільш комфортних з точки зору уникнення засліплення та блискавості. Однак, розсіяне світло світлових стель і світильників у вигляді великих площин, які, як правило, використовуються для загального освітлення приміщень, має певний недолік. Він полягає в тому, що світлове середовище, створюване цими засобами, є монотонним, а утворення тіней за такого освітлення дуже близьке до утворення тіней при природному освітленні з похмурим небозводом, яке психологічно пригнічує людину. Ця обставина актуалізує потребу більш детального дослідження специфіки дизайну систем розсіяного освітлення приміщень на основі світлодіодів.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Сучасні закордонні дослідники світлового дизайну, зокрема Джуль Оксанен (Julle Oksanen [5]) та Ульріка Венстрем Лінд (Ulrika Wänström Lindh [6]), розглядають

загальні проблеми архітектурного освітлення, не вдаючись у подробиці щодо особливостей дизайнерського проектування систем розсіяного світла. Окремі публікації містять керівництва щодо проектування якісного і водночас енергоефективного освітлення [7] або настанови для використання освітлення окремих типів будівель з метою покращення їх захисту (М. Perry, L. Fennelly [8]).

Наукові праці, що стосуються світлодіодних технологій, як правило, зосереджені на дослідженні техніко-експлуатаційних характеристик світлодіодів як джерел світла, залишаючи поза увагою специфіку дизайну освітлювальних приладів з їх використанням [1; 3]. У попередній публікації автора розглядалася специфіка дизайну світлодіодних світильників, але прямого [4], а не розсіяного світла. Вищезазначене свідчить, що в попередніх дослідженнях питання специфіки дизайну систем розсіяного освітлення приміщень на основі світлодіодів не розглядалося.

На теренах України, серед наукових праць з технічної естетики і світлової архітектури, на дане дослідження мали вплив роботи: Кашенка О. В., який розглядає, зокрема, і формоутворення освітлювальних приладів на основі моделювання біопрототипів [9]; Яковлева М. І. та Казакова Г. В., які стисло торкаються питань символічних значень основних геометричних форм у художньому формоутворенні [10] та архітектурі [11]. Окремі дані стосовно особливостей сучасних світлотехнічних матеріалів містить праця Зеленкова І. А [12].

Публікація Шарлотти та Пітера Філл (Charlotte & Peter Fiell [13]) стала джерелом прикладів відомих світильників, наведених для характеристики окремих положень статті. Робота цих дослідників, на сьогодні, є одним з найповніших ілюстрованих зібрань світильників у контексті розвитку історії дизайну.

У статті запропоновано пластичне збагачення форми світильників і освітлювальних систем у якості основного способу уникнення монотонності світлового середовища, сформованого розсіяним освітлен-

ням. Яскравими прикладами такого підходу до формоутворення є використання гранованих поверхонь, і зокрема, правильних і напівправильних багатогранників, які, як відомо, завжди привертали значну увагу художників і архітекторів. Першим зібранням правильних і похідних від них багатогранників, можна вважати трактат відомого німецького ювеліра Венцеля Ямніцера (Wenzel Jamnitzer [14]), створений у вигляді альбому ілюстрацій з метою використання в якості посібника для вивчення перспективи. Набагато сучаснішою роботою з широкою класифікацією багатогранників є праця Веннінджера М. (Magnus J. Wenninger [15]).

У статті запропоновано збагачення кольору освітлення у якості додаткового способу уникнення монотонності світлового середовища, сформованого розсіяним освітленням. Основою для цього стало наукове спостереження з наслідуванням методики викладення матеріалу таких дослідників світла і кольору, як Міннарт М. (Minnaert M. G. J. [16]), Пэдхем Ч., Сондерс Дж. (Padgham C. A., Saunders J. E. [17]).

ОСНОВНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

Уніфікація різних частин одної колекції виробів є необхідним заходом для об'єктів промислового дизайну (зокрема, для світильників). Важливим засобом такої уніфікації є модульність конструкції виробу. У такому контексті, перспективним напрямком отримання складних і структурованих світлорозсіювальних поверхонь є використання для утворення абажурів світильників модульних багатогранних форм, а зокрема, правильних і напівправильних багатогранників.

З історії розвитку дизайну світильників можна навести декілька прикладів застосування правильних багатогранників для формування структури виробу, зокрема для створення каркасу і основи, – це освітлювальна система дизайну Феліса Рагацо (Felice Ragazzo) 1969 р. [13, с. 438–439] та підвісний світильник дизайну Ахілла Кастільоні (Achille Castiglioni), 1988 р. [13, с. 549]. Проте, в контексті дослідження фор-

моутворення світлорозсіювальних поверхонь більшу цікавість становлять способи отримання складних багатогранних форм з використанням не каркасних, а м'яких матеріалів.

У цьому напрямку, значний потенціал зі збагачення форми мають прийоми паперової пластики. Прикладом їх застосування може бути складений із паперу рельєфний абажур підвісного світильника дизайну Каара Клінта (Kaare Klint) 1944 р. [13, с. 216–217]. Проте, використання паперу для виготовлення абажурів світильників є не досить практичним через швидку зношуваність цього матеріалу і недостатню стійкість (навіть обробленого спеціальними розчинами паперу) по відношенню до вологоти та механічних ушкоджень.

Не мають цих недоліків сучасні полімерні плівки. Як зазначає Зеленков І. А., полімери займають найважливіше місце серед світлотехнічних матеріалів. Це пояснюється тим, що вони мають малу вагу, стійкі до корозії, добре формуються та відносно недороговартісні. Полімери можуть бути безколірними і забарвленими, прозорими та з різною мірою розсіювання [12, с. 39–42].

Те, що тонкі полімерні плівки за своїми пластичними властивостями близькі до паперу, але при цьому набагато більш пружні і не схильні до розривів при згинанні, сприяло широкому застосуванню прийомів паперової пластики для роботи з цим матеріалом при формуванні складних за пластичною структурою абажурів світильників розсіяного світла. Поява тонкого листового ПВХ (полівінілхлорид) білого кольору з гарними світлорозсіювальними властивостями призвела до використання цього матеріалу для створення цілої низки абажурів світильників розсіяного світла, серед яких: світильники дизайну Пола Крістіансена (Poul Christiansen) 1967–1969 рр. та 1972 р. [13, с. 442–443, 497]; підвісний світильник з само-збірною конструкцією дизайну Симона Каркова (Simon Karkov) 1969 р. [13, с. 368]; підвісний світильник з само-збірною конструкцією дизайну Холгера Строма (Holger Strøm) 1972 р. [13, с. 496].

В якості первинної бази у формуванні авторської пропозиції абажурів (розсіювачів) для спроектованих світильників і системи розсіяного світла використано своєрідне поєднання методів паперової пластики і складного модульного формоутворення багатогранників, виражене в різновиді мистецтва модульного орігамі – кусудам. Історія появи кусудам пов'язана з їх використанням в Японії під час релігійних містерій, які склалися на основі магічного сонячного культу. Як правило, кусудами виготовляються з набору модулів трьох типів на основі правильних трикутника, чотирикутника і п'ятикутника, а елементи кусудам (модулі) між собою склеюються [18; 19; 20].

Виготовлення запропонованих світло-розсіювальних абажурів передбачається з тонких полімерних плівок, наприклад, ПП (поліпропілен), товщина яких все ж значно більша, ніж у паперу для орігамі. Тому, структура модулів, які складають ту чи іншу форму абажура, потребувала значних спрощень. З цією ж метою, в якості основ абажурів обрано правильні і напівправильні багатогранники, які містять грані тільки у формі правильних трикутника і чотирикутника (квадрата).

У Табл.1 наведені варіанти геометричних основ для абажурів, які можуть бути складені з використанням розроблених модулів, подано назви цих багатогранників та значення їх складових: форма і кількість граней, вершин, ребер. У такому контексті, форма і кількість граней багатогранника

(геометричної основи абажура) визначають форму і кількість базових модулів, а кількість ребер – кількість з'єднуючих модулів.

Яковлев М. І. зазначає, що «ідеалістичне наслідування принципам формоутворення на основі простих геометричних фігур – квадрата, кола, рівнобічного трикутника, правильних багатокутників і багатогранників, тощо – пов'язаних з тими чи іншими елементами космогонічних концепцій було притаманне зодчим різних епох, а правильні багатогранники пов'язувалися з певними стихіями на основі абстрактної спільності властивостей [10, с. 21]». Тому, окрім явно вираженого солярного символізму самих кусудам, відповідно до історії виникнення цього мистецтва, доцільно виявити додаткові символічні значення основних геометричних форм, що становлять складові частини кусудам, на предмет їх співвіднесення із символікою світла.

Так, трикутник з направленою вверх вершиною, символізує вогонь і спрямованість усіх речей до вищої єдності. Ламана, що утворюється боковими сторонами трикутників, розміщених у вигляді послідовного ланцюга, також символізує вогонь. Два трикутника, один в нормальному положенні, а другий – в перевернутому, представляють, відповідно, вогонь і воду, накладаючись так, щоб утворити шестикутну зірку – символ душі людини [21, с. 307–435].

Проте, найбільш глибоку просторово-світоглядну символіку, наближену до архі-

Табл. 1. Багатогранники та їх складові (за [20, с. 238–239])

Table 1. Polyhedra and their constituents (according to [20, p. 238–239])

№	Багатогранники	Форма і кількість граней	Грані	Вершини	Ребра
1	Правильний тетраедр	$\triangle \times 4$	4	4	6
2	Гексаедр (куб)	$\square \times 6$	6	8	12
3	Октаедр	$\triangle \times 8$	8	6	12
4	Ікосаедр	$\triangle \times 20$	20	12	30
5	Кубооктаедр	$\triangle \times 8; \square \times 6$	14	12	24
6	Ромбокубооктаедр	$\triangle \times 8; \square \times 18$	26	24	48
7	Snub-куб	$\triangle \times 32; \square \times 6$	38	24	60

текстурної творчості, має ідея об'єднання тридільності та чотиристоронності, висловлена у формулі «ЗХ4» [11, с. 26], де «З» символізує тридільну структуру світу (верхній світ богів – небо, зорі, світила; середній світ людей – рослини, тварини; нижній світ предків – земля, вода), а «4» означає чотири сторони світу. В архітектурних об'єктах тридільність розгортається по вертикалі – підвіконна, віконна та надвіконна частини приміщення [11, с. 393].

У Табл.2 класифіковано спроектовані абажури за типом багатогранників, що лежать в основі їх конструкції, а саме: правильні (гексаедр або куб, октаедр, ікосаедр) та напівправильні (кубооктаедр, ромбокубооктаедр), а також подано фотозображення виготовлених екземплярів з цих серій. Більш детально розробки описано у відповідних патентах [22; 23].

Перші варіанти запропонованих абажурів (ПУ 112427) мали клейові з'єднання модулів. Відомо, що склеювання, як спосіб з'єднання деталей з полімерних матеріалів, широко застосовується у світлотехнічній промисловості. Перевагами склеювання є простота способу, герметичність шва, міцність з'єднання. До недоліків слід віднести: необхідність точного підбору деталей, низьку термостійкість шва, схильність клейового шва до старіння, токсичність багатьох

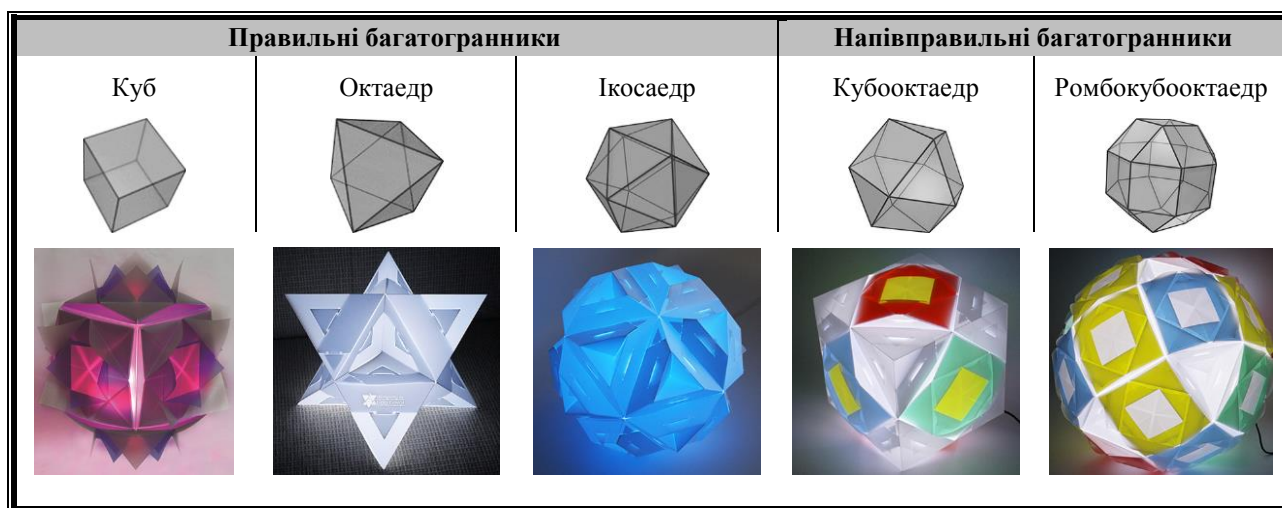
клеїв, які застосовуються [12, с. 86].

З огляду на вищезазначені недоліки клейового з'єднання полімерів, наступним кроком стала розробка конструкції серії абажурів з безклейовим з'єднанням модулів, а саме, за допомогою прорізів і зачіпок (ПУ 130594). У результаті було отримано абажури, які містять каркас, виконаний у вигляді корпусу з м'яко-пружного матеріалу модульного типу, та мають за основу об'ємні форми багатогранників. За такої умови, використовується два типи модулів – базові та з'єднуючі, що виконуються з одного або декількох шарів м'яко-пружного матеріалу, які можуть мати різну світлопроникність.

Також, було розроблено світлодіодний світильник (ПУ 128832 [24]), який встановлюється всередину абажурів, закріплюючись там за допомогою клею, чи одним або декількома фіксаторами (зовнішнім та/або внутрішнім). Для формування системи розсіяного освітлення, запропоновано світильник на світлодіодах (ПУ 121313 [25]), який містить плафон (абажур), джерело світла, що підсвічує плафон зсередини та має будь-яку кількість плафонів, кожен з яких кріпиться до корпусу, що містить блок живлення та складається з лицьової та тильної частин, які з'єднуються за допомогою клею (або рами, болтів та/або шурупів).

Табл. 2. Конструктивні схеми, що лежать в основі абажурів для світлодіодних світильників розсіяного світла

Table 2. Design schemes that are base for LED-illuminators of diffused light



На лицьовій частині корпусу є отвори для кріплення плафону (плафонів). Кріплення плафону до корпусу здійснюється за допомогою дроту. Корпуси, які розміщені в одній площині, можуть з'єднуватися в цілісну конструкцію. Дроти, що з'єднують плафони з корпусом можуть бути закріплені безпосередньо в середині корпусу або ж підключатися до нього за допомогою USB-розніму.

Кашенко О. В. зазначає [9, с. 237], що дизайн освітлювальної арматури часто вбирає формоутворювальні ідеї природних аналогів, а конструкції світильників, створені з можливістю трансформування, мають природний аналог гнучкої конструкції опори – плазунів. Зважаючи на це, у запропонованому світильнику (світильниках) передбачена можливість такого роду трансформації, з'єднанням плафонів з корпусом за допомогою гнучкого дроту в оболонці з жорсткого матеріалу.

Останнім часом у дизайні світильників все частіше зустрічається застосування органічних світлодіодів (OLED) в якості джерел світла, наприклад [26]. Відповідно до технологічного процесу виготовлення, органічні світлодіоди, як правило, є площинами різної ширини і довжини (іноді пропорційно наближаючись до лінії), з різним ступенем гнучкості (на жорсткій або гнучкій підкладці). На відміну від неорганічних світлодіодів (LED), OLED не потребують використання додаткових світлорозсіювальних елементів завдяки тому, що безпосередньо випромінюють розсіяне світло в один із двох півпросторів, суміжних відносно монтажної поверхні.

Цільність органічних світлодіодів на гнучкій підкладці не може бути порушена розрізами для згортання і формування об'єму, тому світильники з їх використанням мають за основу джерела світла, розташовані на замкнених або незамкнених поверхнях нульової гауссової кривини. При використанні органічних світлодіодів на жорсткій підкладці, світильники або освітлювальні системи, як правило, мають за основу множину джерел світла у вигляді прямокутних, квадратних чи круглих площин, які можуть поєднуватися в складні об'ємні структури.

Відомо, що колір значно підвищує радість життя і задоволення, яке люди від нього отримують [17, с. 241–242]. Це дозволяє припустити, що додатковим способом уникнення монотонності світлового середовища приміщення може бути включення до загальної схеми розсіяного освітлення поодиноких елементів кольорового світла. Але, заливальне або загальне кольорове освітлення в інтер'єрі не тільки спотворює візуальне враження від кольору об'єктів, але також, може мати негативний психологічний вплив при довготривалій дії на користувача, особливо при використанні одночасно з функціональним (робочим) освітленням. Однак, якщо проаналізувати специфіку сприйняття кольорового світла в природному світловому середовищі (наслідуючи Міннарта М., стосовно характеру такого аналізу [16]), можна знайти відповідне рішення для відтворення психологічно сприятливого ефекту присутності кольорового освітлення в штучному світловому середовищі приміщення.

Одне з найяскравіших і найприємніших відчуттів кольору, знайоме кожній людині з нормальним зором, є зорове враження від веселки. Це природне явище характерне для денного освітлення, відповідно, його естетичні особливості можуть бути використані у процесі проектування функціонального освітлення. Кольори веселки, як правило, спостерігаються в оточенні загально-яскравого природного освітлення, тому на його фоні, при одночасному збереженні чистоти кольору, не сприймаються занадто контрастними до оточення.

З огляду на це, можна припустити, що для досягнення подібного враження при штучному освітленні, необхідно одночасно зі звичайним (білим) загальним освітленням застосовувати в окремих світильниках розсіяне світло, утворене поєднанням світла кольорових та білих світлодіодів. Додавання окремих світильників з освітленням різних розбілених кольорів до загальної системи розсіяного світла сприятиме її візуальному збагаченню, зменшить монотонність, але водночас не спотворюватиме колір оточуючих об'єктів, зберігаючи загальний індекс кольоропередавання системи на достатньому рівні.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У результаті дослідження розглянуто специфіку дизайну систем розсіяного освітлення приміщень на основі світлодіодів і запропоновано способи уникнення монотонності світлового середовища, сформованого розсіяним світлом:

- основний – збагачення форми світильників і освітлювальних систем завдяки використанню для їх утворення складних і структурованих світлорозсіювальних поверхонь;

- додатковий – збагачення кольору освітлення за рахунок нюансових відмінностей у кольоровій температурі світла окремих світильників серед множини тих, що входять до загальної системи освітлення.

Практичного застосування окреслені вище теоретичні положення набули у:

- серіях спроектованих абажурів (ПУ 112427, ПУ 130594), в основі конструкції яких лежать правильні (гексаедр або куб, октаедр, ікосаедр) і напівправильні (кубоктаедр, ромбокубоктаедр) багатогранники;

- серіях світлодіодних світильників – для освітлення абажурів (ПУ 128832) і для формування систем розсіяного освітлення (ПУ 121313).

Виявлено, що в сучасному дизайні світильників розсіяного світла поширюється використання органічних світлодіодів (OLED) на жорсткій або гнучкій підкладці в якості джерел світла.

У подальшому, продовжуючи дослідження специфіки дизайну світильників і систем освітлення на основі світлодіодів, доцільно проаналізувати особливості їх суміщення з різними системами природного освітлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Світлодіоди: Новинки. Практика. Перспективи.** Офіційний каталог виставки світлодіодного освітлення LED expo. Матеріали конференції LED Progress. 13–15 вересня 2017. 128 с.
2. **Erbach G.** Understanding energy efficiency. European Parliamentary Research Service (EPRS). Briefing, October 2015. 10 p.
3. **Cintia Ezquerro, Elisa Fresta, Elena Serrano, Elena Lalinde, Javier García-Martínez, Jesús R. Berenguer and Rubén D. Costa.** White-emitting organometallo-silica nanoparticles for sun-like light-emitting diodes. *Materials Horizons*, Sep 2018.
4. **Коваль Л. М.** Специфіка дизайну світлодіодних світильників прямого світла. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник*. Вип. 30. Київ : КНУБА, 2019. С. 34–42
5. **Oksanen J.** Design Concepts in Architectural Outdoor Lighting Design Based on Metaphors as a Heuristic Tool. Aalto University publication Doctoral Dissertations 73/2017. Helsinki, Finland, 2017. 294 p.
6. **Wänström L. U.** Light Shapes Spaces. Experience of Distribution of Light and Visual Spatial Boundaries. Gothenburg (Sweden): School of Design and Crafts University of Gothenburg, 2012. 305 p.
7. **Manual for quality, energy efficient lighting.** – New York: NYC Department of Design & Construction by Gruzen Samton LLP with Hayden McKay Lighting Design Inc., expanded July 2006. 159 p.
8. **Perry M., Fennelly L.** The Handbook for School Safety and Security. Waltham, USA: Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2014. 420 p.
9. **Кащенко О. В.** Формоутворення в дизайні та архітектурі на основі моделювання біопрототипів: дис... д-ра. техн. наук: 05.01.03 – технічна естетика. К. : КНУБА, 2013. 329 с.
10. **Яковлев М. І.** Геометричні принципи художнього формоутворення: дис... д-ра. техн. наук: 05.01.03 – технічна естетика. К. : КНУБА, 1999. 415 с.
11. **Казаків Г. В.** Сучасна світлова архітектура. Львів : Видавництво «Растр-7», 2010. 620 с.
12. **Зеленков І. А.** Світлотехнічні матеріали. Київський міжнар. ун-т цивільної авіації, 1995. 98 с.
13. **Charlotte & Peter Fiell.** 1000 Lights. Köln: TASCHEN GmbH, 2013. 639 p.
14. **Jamnitzer W.** *Perspectiva Corporum Regularium.* Nuremberg, 1568. 116 p.
15. **Wenninger M.** Polyhedron models. Cambridge : Cambridge University Press, 1971. 228 p.
16. **Minnaert M. G. J.** Light and Color in the Outdoors. Springer, 1995. 449 p.
17. **Padgham C.A., Saunders J.E.** The Perception of Light and Colour. London: G. Bell, 1975.

- 192 p.
18. **Beech Rick.** *Origami – The Complete Guide to the Art of Paperfolding.* Lorenz Books, 2001. 256 p.
 19. **Yamaguchi Makoto.** *Kusudama. Ball origami. Fascinating Folds. Origami and the Paper Arts.* Shufunotomo / Japan publication: Printed in Japan, 1990. 76 p.
 20. **Fusè Tomoko.** *Unit origami. Multidimensional Transformations.* Tokyo and New York: Japan Publications, Inc. Printed in U.S.A. First edition: October 1990. 243 p.
 21. **Cirlot J. E.** *A Dictionary of Symbols / Juan E. Cirlot.* – London: Routledge, 1971. This edition published in the Taylor & Francis e-Library, 2001. – 507 p.
 22. **Коваль Л.М.** Патент 112427 Україна. МПК F21V 1/00, F21V 1/02. Абажур, заявл. 18.07.2016, опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23. 9 с. URL: <http://uapatents.com/11-112427-abazhur.html>
 23. **Коваль Л.М.** Патент 130594 Україна. МПК F21V 1/00, F21V 1/02. Абажур, заявл. 13.07.2018, опубл. 10.12.2018, Бюл. № 23. – 22 с. URL: https://library.uipv.org/get_pdf?zayavkanumber=u201807856&doctype=ou#page=1&zoom=auto,-212,853
 24. **Коваль Л.М.** Патент 128832 Україна. МПК F21Y 101/00, F21V 17/00, F21S 4/00, F21S 10/00. Світлодіодний світильник, заявл. 10.04.2018, опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19. – 10 с. URL: <https://library.uipv.org/?e=ou#page=1&zoom=auto,-13,843>
 25. **Коваль Л.М.** Патент 121313 Україна. МПК F21V 17/00, F21S 10/00, F21Y 115/10. Світильник на світлодіодах, заявл. 03.07.2017, опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22. – 10 с. URL: <http://uapatents.com/12-121313-svitilnik-na-svitlodiodakh.html>
 26. **Lighting Science Brings Dual-Spectrum Technology to the Palm of Your Hand, 2018.** – URL: https://www.led-professional.com/project_news/lamps-luminaires/lighting-science-brings-dual-spectrum-technology-to-the-palm-of-your-hand
 2. **Erbach, G. (2015).** Understanding energy efficiency. *European Parliamentary Research Service. Members' Research Service PE 568.361.* Retrieved from [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568361/EPRS_BRI\(2015\)568361_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568361/EPRS_BRI(2015)568361_EN.pdf)
 3. **Ezquerro C., Fresta E., Serrano E., Lalinde E., García-Martínez J., Berenguer J.R., Costa R.D. (2018).** White-emitting organo-metallo-silica nanoparticles for sun-like light-emitting diodes. *Materials Horizons.* Retrieved from <https://pubs.rsc.org/en/content/article/nding/2018/mh/c8mh00578h#!divAbstract>
 4. **Koval, L. M. (2019).** Design Specificity of LED Direct Light Fixtures. *Ventyliatsiia, Osvitlennia ta Teplohazopostachannia, 30, 34–42.* (in Ukrainian).
 5. **Oksanen, J. (2017).** *Design Concepts in Architectural Outdoor Lighting Design Based on Metaphors as a Heuristic Tool* (Doctoral Dissertations). Retrieved from https://shop.aalto.fi/media/filer_public/8b/25/8b253f49-c052-4249-b518-5f754dd199b5/oksanen_verkkoversio.pdf
 6. **Wänström, L.U. (2012).** *Light Shapes Spaces. Experience of Distribution of Light and Visual Spatial Boundaries.* Gothenburg, Sweden: HDK – School of Design and Crafts University of Gothenburg. Retrieved from https://www.academia.edu/38392439/Light_Shapes_Spaces
 7. **Manual for quality, energy efficient lighting. (2006).** New York: NYC Department of Design & Construction by Gruzen Samton LLP with Hayden McKay Lighting Design Inc., 159.
 8. **Perry, M., Fennelly L. (2014).** *The Handbook for School Safety and Security.* Waltham, Massachusetts: Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 420.
 9. **Kashchenko, O.V. (2013).** *Formation in design and architecture based on bioprototype modeling* (Doctoral Dissertations). Kyiv: KNUCA, 329. (in Ukrainian).
 10. **Yakovliev, M.I. (1999).** *Geometric principles of artistic formation* (Doctoral Dissertations). Kyiv: KNUCA, 415. (in Ukrainian).
 11. **Kazakov, H.V. (2010).** *Contemporary Lighting Architecture.* Lviv: «Rastr-7» Publishing, 620. (in Ukrainian).
 12. **Zelenkov, I.A. (1995).** *Materials for Light Engineering.* Kyiv: Kyiv International University of Civil Aviation, 98. (in Ukrainian).
 13. **Fiell, C., Fiell, P. (2013).** *1000 Lights.* Köln, Germany: TASCHEN GmbH, 639.

REFERENCES

1. **LEDs: New. Practice. Perspectives (2017).** The official exhibition catalog of LED lighting LED expo. *Materials of Conference the LED Progress. September 13 - 15, 2017,* 128. (in Ukrainian).

14. **Jamnitzer, W. (1568).** *Perspectiva Corporum Regularium*. Nuremberg, 116. Retrieved from https://kupdf.net/download/wenzel-jamnitzer-amp-jost-amman-perspectiva-corporum-regularium-1568_58f546cddc0d605c42da9853_pdf#
15. **Wenninger, M. (1971).** *Polyhedron Models*. Cambridge: Cambridge University Press. 228.
16. **Minnaert, M. G. J. (1995).** *Light and Color in the Outdoors*. Springer: Corrected edition, 449.
17. **Padgham, C. A., Saunders, J. E. (1975).** *The Perception of Light and Colour*. London: G. Bell, 192.
18. **Beech, R. (2001).** *Origami – The Complete Guide to the Art of Paperfolding*. Lorenz Books, 256.
19. **Yamaguchi, M. (1990).** *Kusudama. Ball origami. Fascinating Folds. Origami and the Paper Arts*. Shufunotomo/Japan publication: Printed in Japan, 76.
20. **Fusè, T. (1990).** *Unit origami. Multidimensional Transformations*. Tokyo and New York: Japan Publications, Inc. Printed in U.S.A., 243.
21. **Cirlot, J. E. (1971).** *A Dictionary of Symbols*. London: Routledge, 507.
22. **Koval, L. M. (2016).** Patent 112427 Ukraine. MPK F21V 1/00, F21V 1/02. *Lampshade*, Bulletin No. 23, 9. (in Ukrainian).
23. **Koval, L. M. (2018).** Patent 130594 Ukraine. MPK F21V 1/00, F21V 1/02. *Lampshade*, Bulletin No. 23, 22. (in Ukrainian).
24. **Koval, L. M. (2018).** Patent 128832 Ukraine. MPK F21Y 101/00, F21V 17/00, F21S 4/00, F21S 10/00. *LED luminaire*, Bulletin No. 19, 10. (in Ukrainian).
25. **Koval, L. M. (2017).** Patent 121313 Ukraine. MPK F21V 17/00, F21S 10/00, F21Y 115/10. *Luminaire on LEDs*, Bulletin No. 22, 10. (in Ukrainian).
26. **Lighting Science Brings Dual-Spectrum Technology to the Palm of Your Hand. (2018).** Retrieved from https://www.led-professional.com/project_news/lamps-luminaires/lighting-science-brings-dual-spectrum-technology-to-the-palm-of-your-hand

The design specifics of the diffused lighting system of premises based on LEDs

Lidiya Koval

Summary. In the article the design specifics of the diffused lighting system of premises based on LEDs is being considered, which is determined by such problems of the designing LEDs lighting systems: formation of multiple shadows using groups of open LEDs in luminaires direct light; the need for vision protection of the users from the direct light of LEDs as the high light efficiency and miniature sizes of modern LEDs lead to the significant luminous flux in one point.

In the process of work it was defined that the promising solution to the problems outlined above is using the diffused lighting, which is considered to be one of the most comfortable in terms of avoidance of disability glare and discomfort glare. However, the diffused lighting has such a disadvantage as monotony. As a result, the study suggests ways to avoid the monotony of the light environment which is formed by the diffused lighting: the main one is the enrichment of the shape of the luminaires and lighting systems through the use of complex and structured light diffusing surfaces to form them; the additional one is the enriching the colour of the light due to the nuanced differences in colour temperature of separate luminaires among the variety of those, which are in the general lighting system.

The theoretical position outlined above are practically applied in: the series designed shades (PU 112427, PU 130594), which construction is based on regular (hexahedron or cube, octahedron, icosahedron) and semi-regular (cuboctahedron, rhombicuboctahedron) polyhedrons; the series LED luminaires for lighting of shades (PU 128832) and for forming the systems of diffused lighting (PU 121313). Also, it was found, that contemporary design of the luminaires with diffused light have frequent use OLED on a rigid or flexible lining as light sources.

Key words. Design; lighting system of premises; diffused lighting luminaires; LEDs.