

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



КОВАЛЬ ЛІДІЯ МИХАЙЛІВНА

УДК 745/749:628.9

**ЕСТЕТИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ДИЗАЙНУ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ**

05.01.03 – Технічна естетика

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України.

Науковий консультант – доктор технічних наук, професор
СЕРГЕЙЧУК Олег Васильович,
Київський національний університет будівництва і архітектури МОН України (м. Київ), професор кафедри архітектурних конструкцій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
САМОЙЛОВИЧ Валентин Васильович,
Київська державна академія декоративно-прикладного мистецтва і дизайну імені Михайла Бойчука МОН України (м. Київ), професор кафедри дизайну середовища;

доктор технічних наук, професор
КАРДАШ Олег Васильович,
Київський університет імені Бориса Грінченка МОН України (м. Київ), професор кафедри дизайну;

доктор технічних наук, професор
ПУГАЧОВ Євген Валентинович,
Національний університет водного господарства та природокористування МОН України (м. Рівне), професор кафедри основ архітектурного проектування, конструювання та графіки.

Захист відбудеться «27» квітня 2021 р. о 13⁰⁰ год на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.056.06 у Київському національному університеті будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського національного університету будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України за адресою: 03037, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31.

Автореферат розіслано «26» березня 2021 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

О. А. Бондар

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. В умовах глобальної енергетичної і екологічної кризи, поряд з важливістю забезпечення високих стандартів освітлення, особливо актуальним є питання щодо його енергоефективності. Водночас енергоефективність штучного освітлення є ключовим питанням будівельного регулювання при введенні в експлуатацію нових будівель та модернізації наявних освітлювальних систем. У контексті цього технічна естетика як теоретична основа та інструмент синтезу дизайну, архітектури і мистецтва, є саме тією науковою спеціальністю, у межах якої можливий синтетичний розгляд технологічно доступних шляхів вирішення проблеми створення комфортного середовища життєдіяльності людини, з дотриманням сучасних вимог щодо його енергоефективності. За оцінкою Міжнародного енергетичного агентства найбільший потенціал економії електроенергії зосереджений у розширенні виробництва і сфер застосування сучасних енергоефективних джерел світла (світлодіодів). За даними Міністерства енергетики США їх використання може зменшити на 50 % кількість енергії, яка використовується для освітлення в усьому світі. Широке застосування світлодіодів як джерел світла, призвело до трансформації технічної естетики освітлювальних приладів, яка потребує детального вивчення. З огляду на зв'язок із суміжною у цьому разі технічною галуззю – світлотехнікою, у межах окресленого питання, необхідно окремо проаналізувати способи візуалізації світлового розподілу світлодіодних світильників переважно прямого світла із застосуванням характерних для технічної естетики комп'ютерно-графічних моделей.

Ще однією сучасною технологією, яка забезпечує підвищення енергоефективності освітлення, є збільшення проникнення у приміщення денного світла, яким не створюються відблиски. Оцінки потенціалу зменшення споживання штучного освітлення завдяки збільшенню використання денного світла в комерційних будівлях варіюються від 15–30 % до 50–80 %. Окрім цього, світлодіодне освітлення з використанням автономних систем, що живляться за допомогою акумуляування енергії сонця, є енергоощадним та економічним рішенням, яке здатне задовольнити потреби домогосподарств без підключення до загальної електромережі. Цей комплекс уже доступних для широкого застосування енергоефективних технологій створює умови для забезпечення високих якісних показників світлового середовища та потребує детального вивчення, з метою формування теоретико-методологічного ядра їх упровадження, з використанням інструментальних засобів технічної естетики. Таке дослідження необхідне для визначення нового інтегрованого напряму розвитку технічної естетики та дизайну – світлового дизайну середовища приміщень.

Актуальність теми дослідження обумовлена такими тенденціями у науково-технічному і культурному розвитку суспільства: *появою* наприкінці XX – на початку XXI ст. ст. джерел світла (світлодіодів – LED) з принципово

новими властивостями, що характеризуються високим потенціалом у підвищенні енергоефективності освітлення; *широким упровадженням* у сучасне декоративне та функціональне освітлення новітніх джерел світла та освітлювальних технологій, з активним використанням світла як виразного засобу технічної естетики; *розвитком* нових технологічних властивостей освітлювальних приладів, які сприяють трансформації технічної естетики освітлення приміщень та обумовлюють потребу у проведенні цілеспрямованого теоретичного дослідження цього явища; *актуалізацією* проблем енергозбереження та раціонального використання невичерпних джерел енергії і, відповідно, необхідністю визначення на етапі дизайнерського проектування доступних засобів технічної естетики для підвищення енергоефективності освітлення приміщень за допомогою застосування новітніх технологій; *необхідністю* створення комфортного світлового середовища приміщень, диференційованого відповідно до потреб кожного користувача, спрямованого на стимулювання працездатності і збереження здоров'я людей та забезпеченого з дотриманням сучасних вимог щодо енергоефективності.

Складаючи теоретичну основу дизайну, технічна естетика як науковий напрям, зокрема, вивчає закономірності розвитку дизайнерського проектування та методи комплексної оцінки і прогнозування техніко-естетичних показників якості середовища життєдіяльності людини. З іншого боку, базовими основами сучасного світлового дизайну вважається естетичне сприйняття людини, ергономічний аспект (психофізіологічний вплив світла) та енергоефективність освітлення. Тому, розглядаючи в контексті технічної естетики, дизайн світлового середовища приміщень як новий напрям дизайнерської практики, доцільним і важливим завданням є визначення узагальнених естетико-технологічних закономірностей дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень.

Отже, тема дослідження ґрунтується на потребі забезпечення засобами технічної естетики високих якісних параметрів освітлення будівель за допомогою виявлення естетико-технологічних закономірностей дизайнерського проектування енергоефективного світлового середовища приміщень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури відповідно до плану наукових досліджень цієї кафедри. Робота виконувалась в рамках державної програми «Енергозбереження та охорони навколишнього середовища України» і тісно пов'язана з планами держбюджетної тематики Київського національного університету будівництва і архітектури на замовлення Міністерства освіти і науки України (№№ держреєстрації 0111U009156 та 0114U002579).

Дисертаційна робота за змістом та результатами відповідає чинному паспорту спеціальності 05.01.03 «Технічна естетика», зокрема за такими напрямками досліджень:

– пункту 1 – «Проблеми формування й дослідження теоретико-методологічного ядра та інструментальних засобів технічної естетики»;

– пункту 3 – «Технічна естетика як теоретична основа та інструмент синтезу дизайну, архітектури і мистецтва. Зв'язок технічної естетики з суміжними технічними, ... науками»;

– пункту 7 – «Візуальні, ... та комп'ютерно-графічні моделі в різних галузях і напрямках застосування технічної естетики»;

– пункту 8 – «Визначення нових інтегрованих напрямів розвитку дизайну. Методи, моделі та технології їх дослідження».

Мета та завдання дослідження. Мета дисертаційної роботи полягає у розробці нового напрямку у технічній естетиці – виявленні та науково обґрунтованому визначенні естетико-технологічних закономірностей дизайнерського проектування енергоефективного освітлення з високими якісними параметрами, які впливають на створення комфортного світлового середовища приміщень.

Для реалізації зазначеної мети, необхідно було виконати такі завдання:

– проаналізувати проблему енергоефективності у контексті технічної естетики світлового середовища;

– дослідити вплив застосування різних джерел світла на еволюцію технічної естетики освітлювальних приладів, підходів до їх проектування, використання фізіологічного і психологічного аспектів освітлення;

– систематизувати технологічні прийоми застосування світла та визначити їх вплив на технічну естетику дизайнерських і мистецьких об'єктів;

– дослідити технічну естетику світлових картин, шляхом експериментального встановлення візуальних результатів поєднання внутрішнього світлодіодного освітлення з різними образотворчими техніками;

– визначити специфіку проектування світлодіодних світильників і освітлювальних систем прямого та розсіяного світла з позицій технічної естетики;

– установити шляхи гармонійного поєднання природного та штучного світла згідно з вимогами технічної естетики при формуванні суміщеного освітлення та засоби взаємозв'язку зовнішнього світлового середовища з простором приміщення;

– окреслити сучасні напрями розвитку нормування енергоефективного штучного освітлення з високими якісними параметрами відповідно до технічної естетики;

– розробити концепцію організації на засадах технічної естетики міждисциплінарного дослідження естетичного і психофізіологічного сприйняття кольорового освітлення;

– виявити естетико-технологічні закономірності дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень;

– визначити естетичні складові та технологічні засоби втілення виявлених закономірностей як рекомендації для дизайнерського проектування освітлення приміщень, з дотриманням положень технічної естетики.

– упровадити одержані результати дослідження з технічної естетики у практику дизайну та образотворчого мистецтва.

Об'єктом дослідження є дизайн світлового середовища приміщень.

Предмет дослідження – естетико-технологічні закономірності дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень.

Межі дослідження. Хронологічні межі окреслено часом появи централізованого електричного освітлення наприкінці XIX ст. та періодом застосування для функціонального освітлення джерел світла підвищеного рівня енергоефективності (світлодіодів) з початку XXI ст. – понині; територіальні межі означено переважно країнами Європи та США, які є провідними щодо запровадження енергоефективного використання електроенергії в галузі освітлення, а також Китаю та України.

Методи дослідження. Аналіз проблеми формування комфортного світлового середовища приміщення було спрямовано на вивчення як застосовуваних у минулому, так і сучасних шляхів її вирішення, а також на визначення нових тенденцій щодо підвищення естетичної і психофізіологічної комфортності світлового середовища. Тому основним дослідницьким підходом визначено системний підхід, а допоміжним – історичний. Обрані підходи і використані методи у комплексі склали методіку дослідження. Загалом у процесі роботи було використано основні загальнонаукові методи: аналізу, синтезу і узагальнення, як органічні складові будь-якого наукового дослідження. Також було застосовано такі додаткові методи, як: історичної ретроспекції, порівняльного аналізу, адаптовані методи світлотехнічних розрахунків, метод моніторингу, вивчення й узагальнення досвіду (діяльності), наукового спостереження, комп'ютерного та візуально-графічного моделювання, творчого пошукового експерименту.

Комп'ютерне моделювання кривих світлового розподілу світильників було забезпечено такими спеціалізованими програмами, як IESGen та LDT Editor (DIAL GmbH), за допомогою яких створювалися візуалізації світлового розподілу у вигляді діаграм. А також програмою IESviewer, засобами якої було створено реалістичні візуалізації побудованих кривих у вигляді фотозображення світлового розподілу світильника. Програма Excel (Microsoft) сприяла проведенню автоматизації розрахунків світлового розподілу. При створенні світлових картин у техніці аплікації, було проведено графічне моделювання контурів засобами вузькоспеціалізованої програми Silhouette Studio.

Теоретичне значення дослідження. У дисертації розроблено новий напрям у технічній естетиці і теорії дизайну – вивчення закономірностей дизайну енергоефективного освітлення, які впливають на створення комфортного світлового середовища приміщень як в естетичному, так і в психофізіологічному сенсі. Теоретичне обґрунтування показників оптимального світлового середовища та використання для його втілення новітніх освітлювальних технологій може стати основою для подальших досліджень у галузях світлотехніки, архітектури та містобудування. Міждисциплінарний характер дослідження обумовлює і його теоретичне підґрунтя.

Науково-теоретичною основою дисертаційної роботи слугували праці як українських, так і іноземних учених, згідно з напрямками їх досліджень:

– технічна естетика: С. О. Бердинських, О. В. Бессарабова, Т. В. Булгакова, А. Д. Гегер, О. О. Заварзін, В. В. Калашнікова, О. В. Кардаш, О. В. Кашенко, Н. Ф. Козак, Т. С. Кремець, І. О. Кузнецова, О. Є. Максименко, В. Є. Михайленко, К. Л. Пашкевич, А. О. Петрушевський, О. Д. Пилипчук, С. В. Прищенко, Н. С. Савчак, К. О. Сазонов, В. В. Самойлович, Н. О. Сурніна, П. М. Татівський, В. Ф. Ус, Н. П. Цой, В. Ф. Челомбїтько, М. І. Яковлєв, Л. Є. Янковська;

– дизайн: Н. С. Брижаченко, В. Я. Даниленко, О. В. Колосніченко, В. М. Косів, Д. А. Норман, Б. Мартін, Б. Ханінгтон, М. Л. Опалєв, В. А. Погорельчук, Т. Р. Сафонова, В. О. Свірко, О. В. Бойчук, В. М. Голобородько, А. Л. Рубцов, В. Д. Северин, Н. В. Сергєєва, Н. Є. Трегуб, В. В. Турчин, С. Уейншенк, Н. В. Чупріна;

– образотворче і декоративно-прикладне мистецтво: Л. А. Аль-Нуман, Р. Арнхейм, В. Є. Виноградов, І. С. Гах, Н. М. Гілязова, О. М. Голубець, Р. М. Грималюк, Е. Демпсі, О. В. Калімова, В. В. Кандинський, І. Опімах, К. В. Павлова, М. Т. Радомський, Ф. С. Ентеліс, А. Bräutigam, М. Е. Chevreul, E. Doran, F. Gualdoni;

– прикладна геометрія, інженерна графіка: Н. М. Болгарова, В. С. Буравченко, О. Т. Дворецький, Ю. М. Ковальов, О. В. Кривенко, Л. М. Куценко, В. Л. Мартинов, В. М. Найдиш, С. Ф. Пилипака, О. Л. Підгорний, В. О. Плоский, Є. В. Пугачов, О. В. Сергейчук, Л. В. Ушаков, W. Jamnitzer;

– світловий дизайн і світлова архітектура: І. С. Агавелян, В. С. Барков, А. Г. Батова, Н. В. Бистрянцева, Г. В. Казаков, В. Є. Карпенко, О. А. Кліш, М. С. Кухта, О. І. Лісна, А. Я. Малкін, Л. Мартін, Г. С. Матовников, М. Міннарт, В. І. Михайленко, Р. А. Насибулліна, В. М. Пейль, Ч. Педхем, Дж. Сондерс, І. Н. Скриль, С. І. Скриль, Р. М. Хуссейн, М. І. Щепетков, М. Б. Яців, A. Bermingham, C. Buchholz, Ch. Fiell, P. Fiell, H. Dalke, C. DiLouie, V. Fitt, J. Thornley, M. L. Fuller, G. Gordon, P. Gringras, G. Honey, B. C. Howard, J. Jackman, J. Oksanen, M. Karlen, J. R. Benya, U. W. Lindh, V. Paule, M. Perry, L. Fennelly, P. Tregenza, D. Loe, R. Ganslandt, H. Hofmann;

– світлотехніка: Ю. Б. Айзенберг, О. Б. Василенко, Ю. О. Васильєва, А. О. Гершун, М. М. Гуревич, С. Дарула, І. А. Зеленков, К. І. Іоффе, Г. М. Кноррінг, В. І. Корнага, В. С. Кришталь, Д. М. Макаров, Є. М. Мандельберг, Д. Ніколаєв, С. Щеглов, В. М. Сорокін, В. А. Стерлігов, К. Є. Трусова, Н. Saito, B. Schiller, R. H. Simons, A. R. Bean, V. Wördenweber, J. Wallaschek, P. Boyce, P. Hoffman;

– вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: О. М. Білоус, Д. Д. Гордіца, В. О. Єгорченков, Н. А. Муравйова, Д. О. Радомцев, К. І. Суворова, Л. Д. Гуракова, D. Carter;

– напрями медицини, пов'язані з використанням психофізіологічного впливу світла на організм людини: Л. В. Венгер, С. Б. Вермель, В. Гаусманн, С. А. Гуляр, Г. Дітріх, А. Л. Косаковський, В. Б. Ліщенко, В. Г. Мартиросова,

О. П. Мельниченко, К. І. Пагава, В. В. Пантьо, І. В. Прокопенко, А. П. Розен, О. Г. Селезньов, К. П. Серапін, Т. П. Тетеріна, В. В. Филипович, Н. Р. Фінсен, І. Г. Шеметило, М. Г. Воробйов, І. І. Шиманко, J. Fisch, H. Rieder, L. Zastrow, S. Zimmerman, R. Reiter;

– наукові дослідження світлодіодного освітлення і його апробаційне впровадження: D. Aurelien, Ch. Szu-Cheng, H. Haas, P. Haumer.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що дисертація є однією із перших комплексних розвідок, присвячених виявленню та науково обґрунтованому визначенню естетико-технологічних закономірностей дизайнерського проектування енергоефективного освітлення з високими якісними параметрами, які впливають на створення комфортного світлового середовища приміщень.

У результаті проведеного дослідження, сформульовано нові наукові положення й висновки, зокрема:

вперше:

– систематизовано технологічні прийоми застосування світла та з'ясовано їх естетичні прояви у мистецтві і дизайні;

– проаналізовано естетику світлових картин та експериментально встановлено візуальні результати поєднання графіки, живопису та аплікації з внутрішнім світлодіодним освітленням;

– визначено специфіку дизайнерського проектування світлодіодних світильників і освітлювальних систем прямого та розсіяного світла;

– встановлено шляхи гармонійного поєднання природного та штучного світла при формуванні суміщеного освітлення та засоби взаємозв'язку зовнішнього світлового середовища з простором приміщення;

– окреслено сучасні можливості щодо нормування штучного освітлення приміщень, узгодженого з біоритмами людини;

– запропоновано концепцію міждисциплінарного дослідження естетичного і психофізіологічного сприйняття кольорового освітлення;

– виявлено естетико-технологічні закономірності дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень;

– визначено естетичні складові та технологічні засоби втілення виявлених закономірностей як рекомендації для дизайнерського проектування освітлення приміщень;

удосконалено:

– основні дефініції щодо дизайну освітлення приміщень та виявлено межі компетентності проєктної діяльності зі світлового дизайну та світлової архітектури за принципом масштабності сприйняття;

дістало подальшого розвитку:

– структуризація еволюції дизайну освітлювальних приладів у контексті застосування різних джерел світла та історії використання фізіологічного і психологічного впливу світла на організм людини.

Практичне значення одержаних результатів полягає у тому, що основні висновки та положення роботи можуть бути використані під час:

проектування світлового середовища приміщень сучасних енергоефективних будівель із системами автоматизації, моніторингу та управління будівлями (АМУБ) класу А, а також для оптимізації і підвищення енергоефективності освітлення у будівлях із системами АМУБ класів В–D за класифікацією їх ефективності згідно з ДСТУ Б EN 15232:2011; складання методичних рекомендацій, навчальних посібників і їх розділів щодо освітлення приміщень за спеціальностями дизайнерського і архітектурного профілю; розроблену автономну систему освітлення на основі сонячної батареї та світлодіодних джерел світла можна застосовувати у новобудовах та інтегрувати у будівлі, зокрема з багатоповерховими житловими комплексами.

Окремі положення роботи увійшли до ДБН В.2.5-28:2018 (2019 р.), а окремі результати дисертації впроваджено: у практичну дизайнерську діяльність при проектуванні і виготовленні авторських світлодіодних світильників; в образотворче мистецтво при створенні світлових картин та їх експозиції на персональній і колективних виставках (виставковий зал Запорізької організації національної спілки художників України, м. Запоріжжя, 2016–2020 рр.); у розробку декоративного і рекламного освітлення для кавового обладнання (м. Запоріжжя, 2020 р.); у проектну і виробничу практику зі світлодіодного освітлення для зовнішньої реклами та святкової ілюмінації (м. Запоріжжя, 2020 р.); навчальний процес у Київському національному університеті будівництва і архітектури та Харківській державній академії дизайну і мистецтв.

Особистий внесок здобувача. Дослідження виконано дисертанткою самостійно. У публікації [3], виконаній у співавторстві з В. Єгорченковим та В. Мартиновим, авторкою визначено перспективні напрями дизайну світлодіодного освітлення, суміщеного з системами природного освітлення, та розроблено автономну систему освітлення на основі сонячної батареї і світлодіодних джерел світла. У публікації [4], виконаній у співавторстві з В. Єгорченковим та О. Сергейчуком, авторкою проведено аналіз технологічних прийомів дизайну штучного освітлення, наближеного до властивостей природного освітлення. У публікації [7], виконаній у співавторстві з А. Трегуб, дисертанткою проаналізовано і охарактеризовано особливості сприйняття світла від екранів різного призначення. У публікації [21], виконаній у співавторстві з В. Єгорченковим, Д. Радомцевим та О. Сергейчуком, здобувачкою особисто висвітлено питання розвитку енергоефективності штучного освітлення в ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення». У публікації [22], виконаній у співавторстві з В. Єгорченковим, О. Сергейчуком та В. Буравченком, та у публікації [23], виконаній у співавторстві з В. Єгорченковим та О. Сергейчуком, авторкою апробовано і підтверджено сформульовані положення.

Апробація результатів дослідження. Основні положення та висновки дисертаційного дослідження оприлюднено на науково-практичних конференціях, семінарах та симпозиумах різного рівня, зокрема на: II Міжнародній науковій конференції «ЕкоКомфорт та актуальні питання

в будівництві» (м. Львів, 2020 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Theoretical and empirical scientific research: concept and trends» (м. Оксфорд (Великобританія), 2020 р.); II Міжнародній науковій конференції «Scientific Development of New Eastern Europe» (м. Рига (Латвія), 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Problèmes et perspectives d'introduction de la recherche scientifique innovante» (м. Брюссель (Бельгія), 2019 р.); Науково-практичній конференції «Теорія і практика формування мікроклімату та енергопостачання будівель та споруд» (м. Київ, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Scientific discoveries: projects, strategies and development» (м. Единбург (Великобританія), 2019 р.); Міжнародній науковій конференції «Relevant Issues of the Development of Science in Central and Eastern European Countries» (м. Рига (Латвія), 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Perspectives et mise en oeuvre de l'innovation dans le domaine scientifique» (м. Женева (Швейцарія), 2019 р.); XVII Міжнародній науковій конференції «Актуальні проблеми будівництва та інженерії доквілля: Львів – Кошице – Жешув» (м. Львів, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Die Relevanz und die Neuheit der modernen wissenschaftlichen Studien» (м. Відень (Австрія), 2019 р.); Науково-практичній конференції «Модернізація та наукові дослідження: інтеграція науки та практики» (м. Одеса, 2019 р.); II Міжнародному літньому науковому симпозиумі «Інноватика в сучасній освіті та науці: теорія, методологія, практика» (м. Одеса, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Розвиток сучасних технологій та науковий потенціал світу» (м. Лондон (Великобританія), 2019 р.); Науково-практичній конференції «Сучасні світові тенденції розвитку науки, технологій та інновацій» (м. Ужгород, 2019 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Традиції та нові наукові стратегії у Центральній та Східній Європі» (м. Київ, 2019 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Новини наукового прогресу та актуальні наукові дослідження сучасності» (м. Краків (Польща), 2019 р.); VII Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні проблеми світлотехніки», що проходила в рамках Міжнародного світлотехнічного форуму Light Forum 2019 (м. Харків, 2019 р.); XIX Міжнародній науково-практичній конференції «Енергоінтеграція – 2019» (м. Київ, 2019 р.); Всеукраїнському науковому семінарі з прикладної геометрії та технічної естетики (м. Київ, 2018 р.); Науково-практичній конференції «Тиждень науки» (м. Запоріжжя, 2013 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 57 друкованих праць. *Основні результати* дослідження викладено у 31 науковій публікації, з яких: 21 – *статті* у наукових періодичних виданнях інших держав, які входять до Організації економічного співробітництва та розвитку та/або Європейського Союзу, у фахових виданнях України та у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз (2 з них – у виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection); 1 – *розділ колективної монографії*, виданої закордонним видавництвом на території Європи, 1 –

одноосібна монографія (*авторське свідоцтво* № 58876); 8 – *патенти*. *Апробацію матеріалів* дисертації засвідчують 16 праць. *Додатково відображають* наукові результати дисертації 10 праць, серед яких 1 – каталог дизайнерських і образотворчих робіт здобувачки, створених на основі теоретично обґрунтованих положень розвідки (*авторське свідоцтво* № 69447).

Структура та обсяг дисертації. Робота складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 638 сторінок, з них основного тексту – 330 сторінок. Праця містить 54 рисунки та 19 таблиць. Список використаних джерел налічує 501 найменування та займає 61 сторінку. Додатки розміщено на 112 сторінках, які висвітлюють акти впровадження, патенти, авторські свідоцтва та 77 сторінок альбому ілюстрацій і авторських розробок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **Вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження; вказано на зв'язок роботи з науковою тематикою; визначено мету, завдання, об'єкт, предмет, сформульовано методологічну основу дослідження; висвітлено наукову новизну, науково-теоретичне та практичне значення одержаних результатів; наведено відомості про апробацію результатів дослідження, структуру та обсяг дисертації.

Розділ 1 «Теоретичні, методологічні та історичні основи дослідження світлового середовища приміщень» присвячено визначенню основних теоретичних, методологічних та історичних засад дослідження світлового середовища. Установлено, що дизайн освітлення приміщень є органічною складовою світлового дизайну. Базисом сучасного світлового дизайну вважається естетичне сприйняття людини, ергономічний аспект та енергоефективність освітлення.

У контексті історії деякі дослідники констатують, що світловий дизайн сформувався на стику архітектури, світлотехніки та дизайну, частково замінивши поняття «світлова архітектура». Однак термін «світлова архітектура» набув поширення на початку 70-х рр. ХХ ст., майже одночасно з терміном «світловий дизайн». Тому у ході дослідження за основу для розмежування цих суміжних понять було взято принцип масштабності сприйняття. Згідно з ним рішення освітлення, які впливають на загальний світловий образ міста, будівель і споруд загалом та на об'єкти дизайну архітектурного середовища зокрема, віднесено до компетентності світлової архітектури. А рішення меншого масштабу, які формують світлове середовище приміщень (інтер'єру), вхідних груп, що ведуть усередину будівель, прибудинкових територій у межах найближчого оточення користувача, віднесено до проектної діяльності зі світлового дизайну.

Окрім того, встановлено перелік наукових галузей, дотичних до дизайну світлового середовища приміщень (рис. 1).

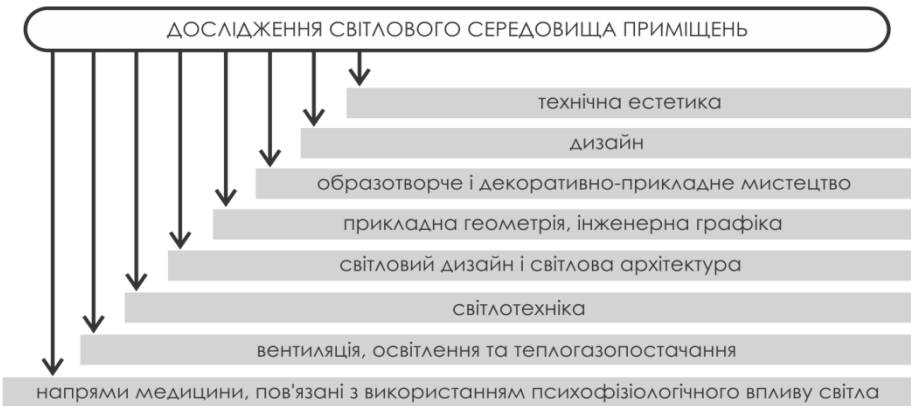


Рис. 1 Основні наукові напрями, дотичні до дизайну світлового середовища приміщень

На підставі переліку, сформовано джерельну базу та визначено основні термінологічні дефініції у межах цього дисертаційного дослідження, зокрема:

- *світлове середовище приміщення* – це просторове утворення, заповнене випромінюванням видимого діапазону, яке генерується джерелами природного та/або штучного світла і складається з прямих, пропущених, розсіяних та відбитих променів, сукупність яких забезпечує належний світловий клімат, нормальну зорову працездатність та зоровий комфорт людини;

- *енергоефективне світлове середовище приміщення* – це світлове середовище, створене унаслідок проектної діяльності з використанням як природного, так і штучного світла, яке відрізняється тим, що містить комплекс раціональних світлотехнічних рішень і технологічних систем, які забезпечують зниження прямих та опосередкованих витрат на освітлення приміщення без погіршення його якості, створюючи сприятливі для життя людини і організації функціонально-технологічних процесів умови;

- *естетичне світлове середовище приміщення* – це просторове утворення, заповнене диференційованим, залежно від пріоритетної функції і часу доби, випромінюванням видимого діапазону у кількості, достатній для забезпечення нормальної зорової працездатності, якісні показники якого сприяють психологічно зрівноваженому, позитивно емоційному стану користувача, уможливаючи періодичне спрямування погляду на відстань і формуючи відчуття комфортності місця перебування.

Згідно з окресленими дефініціями сформовано критерії оцінки естетичного рівня світлового середовища приміщення, якими визначено:

- можливість налаштування в автоматичному та/або ручному режимі параметрів системи освітлення залежно від часу доби і призначення приміщення або його функціональної зони;

- наявність оптимальної освітленості для виконання відповідних зорових завдань із забезпеченням необхідного рівня видимості та візуальної продуктивності;

- відповідність світлового розподілу та колірної температури джерел штучного світла певному періоду доби;
- можливість періодичного спрямування погляду в далечінь або на відстань;
- формування суб'єктивного відчуття комфортності місця перебування.

З'ясовано перелік методик для застосування у межах дослідження світлового середовища приміщень. Ключовим дослідницьким підходом у роботі визначено *системний*, а допоміжним – *історичний*. Окрім того, використано такі основні загальнонаукові методи, як: аналіз, порівняння, синтез і узагальнення. Було застосовано й додаткові методи, зокрема: історичної ретроспекції, порівняльного аналізу, адаптовані методи світлотехнічних розрахунків, метод моніторингу, вивчення й узагальнення досвіду (діяльності), наукового спостереження, комп'ютерного та візуально-графічного моделювання, творчого пошукового експерименту.

Установлено, що перед тим, як закласти початок окремої проектної практики зі світлового дизайну, галузь освітлення пройшла тривалий шлях еволюції: від нецентралізованого освітлення полум'ям, газового централізованого освітлення, перших прикладів упровадження централізованого електричного освітлення до етапів кількісного та якісного дизайну освітлення. Зазначено, що на етапі *якісного дизайну освітлення* (друга пол. ХХ ст. і донині) дизайн освітлювальних приладів характеризується експериментами з різними джерелами світла (галогенні, люмінесцентні лампи, неон, світлодіоди) та сприйняттям освітлювальних приладів як складових єдиної освітлювальної системи, стиранням меж між окремим освітлювальним приладом і освітлювальною системою. На підставі аналізу історії застосування психофізіологічного впливу світла в лікуванні людини, узагальнено найсуттєвіші висновки з цієї проблематики.

Розділ 2 «Технологічні прийоми застосування світла на прикладі візуальних мистецтв і, зокрема, дизайну світильників» містить визначення переліку основних технологічних прийомів застосування світла і їх характеристику на прикладі візуальних мистецтв.

З'ясовано, що вплив розвитку штучного освітлення на візуальні мистецтва проходив у двох основних напрямках: перший – забезпечення відповідних для створення предметів мистецтва умов (зокрема, зорових) у штучному середовищі життєдіяльності людини; другий – виконання ролі зображально-виражального мистецького засобу. Констатовано, що завдяки науковим дослідженням властивостей світла і особливостей зорового сприйняття, трансформувалося трактування світла в живописі, через що були сформовані нові художні напрями: імпресіонізм, неоімпресіонізм, футуризм, синхронізм, орфізм, лучізм, абстрактний експресіонізм (його відгалуження – живопис кольорового поля). Також відбувся розвиток застосування електричного штучного освітлення в театрі та поява таких нових мистецтв, як мистецтво фотографії і кіномистецтво (рис. 2).

Систематизовано види світлової проєкції, з-поміж яких виокремлено: фронтальну проєкцію і проєкцію «на просвіт» (залежно від розміщення глядачів

відносно екрана і проєктора); плоску, стереоскопічну і голографічну проєкції (залежно від «об'ємності» утвореного проєкційного зображення); статичні діапроєкцію і епіпроєкцію та динамічну кінопроєкцію (залежно від «динамічності» утвореного проєкційного зображення); транспарантну проєкцію; 3D-проєкцію (або відеомепінг); ефект просторовості проєкції. На основі аналізу конкретних прикладів застосування світлової проєкції на різних масштабних рівнях (архітектура, об'єкти, люди), визначено основні технологічні прийоми її взаємодії з середовищем, а саме: технологічний прийом, який базується на перпендикулярному спрямуванні осі проєктора е напрямі екрану (відбиваючої поверхні); технологічний прийом, який базується на спрямуванні осі проєктора під довольним кутом у напрямі екрану (відбиваючої поверхні).

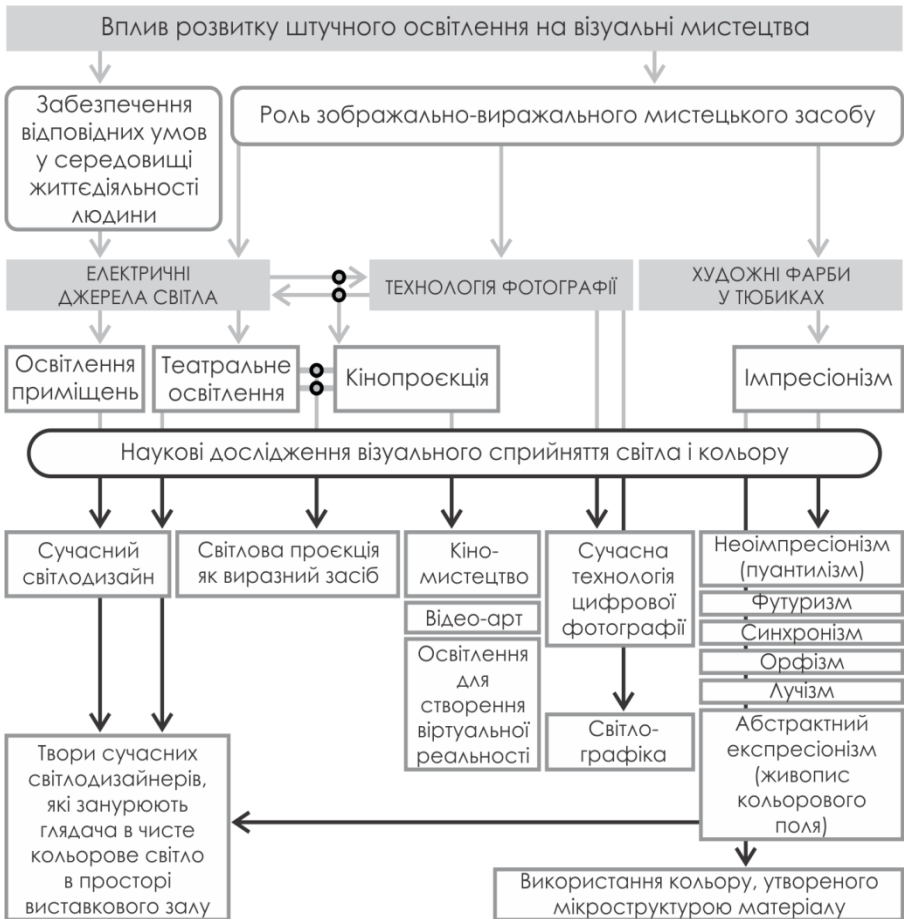


Рис. 2 Схема взаємозв'язку теорії візуального сприйняття, науково-технічного розвитку та ролі світла в мистецтві

Установлено, що технологічні особливості взаємодії світних покриттів із середовищем полягають у виявленні їх світних властивостей при застосуванні випромінювання різних діапазонів оптичного спектра – ультрафіолетового або видимого. При цьому для обох випадків взаємодії із середовищем характерна така специфіка візуальної композиції: підвищена контрастність і насиченість кольору; силуетність композиційних елементів; візуальне нівелювання плавних тонових переходів; відсутність впливу повітряної перспективи на сприйняття кольору; візуальне сприйняття перспективи за рахунок фізичного віддалення об'єктів або за рахунок розмірних співвідношень композиційних елементів.

З'ясовано, що технологічний прийом з формування снопів світла забезпечується завдяки наявності у середовищі дрібних часток, здатних розсіювати світло, а при незначній потужності прожектора і високій чистоті середовища вузький пучок направлено світла візуально не сприймається як сніп, але сприяє підкресленню пластики форми освітленого об'єкта.

Зазначено, що технологічний прийом створення світлових об'ємів розсіяного світла полягає у розміщенні джерела світла всередині світлорозсіювальних оболонок або в підсвічуванні в торець об'ємних конструкцій, складених з елементів, виготовлених із прозорого матеріалу з матовим зовнішнім торцем.

Визначено індивідуальні композиційні особливості застосування світла від кожного з основних типів відкритих джерел: люмінесцентні лампи – композиційний елемент у вигляді прямої світної лінії однакової товщини і довжини; неон – композиційний елемент у вигляді світної лінії однакової товщини, але з досить широкою колірною палітрою і здатністю до плавного згинання; світлодіод – композиційний елемент у вигляді світної точки з майже необмеженими колірною палітрою і здатністю до програмування.

Досліджено вітраж із природним освітленням і визначено, що його використання як засобу світлового дизайну, обумовлене взаємозалежністю між властивостями вітражного світла та факторами, що на них впливають, а також – основними композиційними прийомами застосування вітражів. Основними властивостями вітражного світла є: «дисперсність» утвореного освітлення; «геометрично-просторова обмеженість» світлової форми вітража. На кожну з властивостей вітражного світла, відповідно, впливають такі фактори: розміщення у просторі і віддаленість від світлового прорізу людини, об'єкта від поверхні, яка відбиває світло; пропорційне співвідношення між насиченістю світлом внутрішнього простору і яскравістю світлового прорізу.

До основних композиційних прийомів світлового дизайну із застосуванням вітражів з природним освітленням запропоновано віднести: візуальне нівелювання світлоносності вітража; унеможливлення утворення проєкційних зображень, відблисків та розсіяного відбивання кольорового вітражного освітлення на поверхнях огорожувальних конструкцій і предметного наповнення приміщення; використання у сусідніх вітражних застосуваннях різних властивостей вітражного світла; поєднання в одному вітражному полотні елементів різної

світлопроникності; забезпечення проєкційних відблисків або повного проєкційного відображення світла вітражів; забезпечення розсіяного відбивання кольорового світла вітражів від огорожувальних поверхонь і поверхонь об'єктів; застосування в храмовому інтер'єрі штучних джерел світла для підтримки світлового розподілу природного освітлення.

Проаналізовано вітраж зі штучним освітленням як засіб світлового дизайну, та виявлено такі напрями його використання у внутрішньому середовищі громадських та житлових приміщень, як: вітражні світильники та вітражні світлові панно. Визначено особливості застосування вітража зі штучним освітленням: використання як основи для вітража світлорозсіювальної поверхні (притаманне вітражним світловим панно); виготовлення вітража зі скла насичених кольорів з помірною прозорістю, що забезпечує рівномірний розподіл світла, запобігаючи утворенню різких перепадів яскравості освітлення у межах загальної композиції (притаманне вітражним світильникам).

Запропоновано умовний поділ світлових панно зі скла на два типи: з вільним використанням сучасних технік обробки скла без прив'язки до стилістичної специфіки вітража; з дотриманням відомих вітражних технік або з їх візуальною імітацією. Установлено, що вітражні світлові панно можуть мати вигляд: світлових плафонів з пласкою лицьовою поверхнею; світлових панелей, що імітують бокові віконні прорізи чи верхні світлові ліхтарі; складових частин світлової стелі.

З'ясовано, що в двох основних напрямках застосування для формування простору (як самодостатніх композицій та як композиційного елемента простору) використовуються світлопроникні поверхні трьох типів: безбарвні (звичайне скло, прозорий пластик); кольорові високої прозорості; напівпрозорі (мутні).

Розділ 3 «Поєднання графіки, живопису та аплікації з внутрішнім світлодіодним освітленням як новий виразний засіб просторово-часового мистецтва» містить теоретичне обґрунтування і практичне дослідження застосування технік графіки, живопису та аплікації у поєднанні з внутрішнім світлодіодним освітленням для створення різних видів світлових картин, як форми сучасного просторово-часового мистецтва.

Визначено місце світлових картин у межах основних класифікаційних напрямів сучасних візуальних мистецтв. Відповідно до цього встановлено, що світлові картини належать до просторово-часових візуальних мистецтв, а такі види образотворчого мистецтва, як живопис, графіка та колаж, становлять зображальну основу світлових картин. Залежно від просторової форми втілення, світлові картини можуть бути площинними або рельєфними (рис. 3).

З'ясовано концептуальні основи дослідження світлових картин, зокрема концепцію пошарового сприйняття світлових оболонок різних якостей і різної світлопроникності, яка при використанні внутрішнього підсвічування зображення, сформованого з декількох шарів світлорозсіювального та світлопрозорого листового пластику, може стати базовою у створенні складних багат шарових світлових об'єктів.

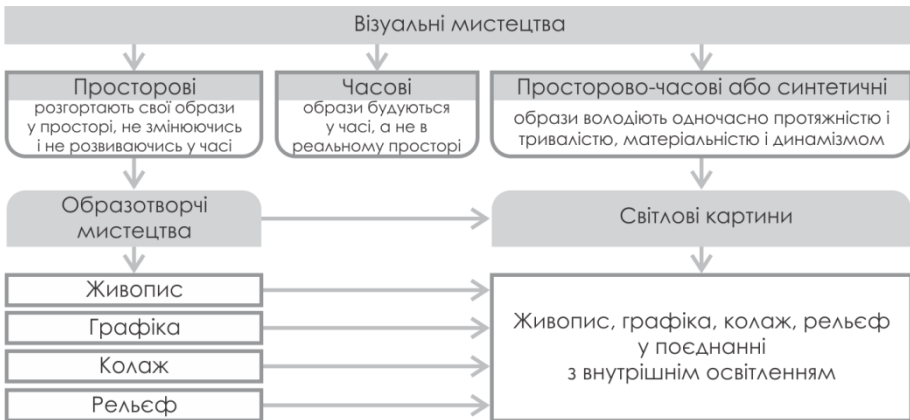


Рис. 3 Місце світлових картин у межах сучасних візуальних мистецтв

На підставі одержаних теоретичних висновків, розроблено низку варіантів конструкції світлових картин (zareєстровано у вигляді патенту на корисну модель ПУ 135975) з такими технологічними особливостями, як: корпус, який складається із задньої та передньої частин, при цьому, передня частина, з погляду естетики, виконує функцію паспарту до зображення картини; джерелом світла слугували світлодіоди, які можуть бути розташовані або уздовж периметру, або уздовж всієї площини задньої частини корпусу; внутрішня поверхня корпусу обов'язково повинна бути білою – для забезпечення рівномірності освітлення; блок живлення розміщується переважно у нижній частині конструкції.

Зважаючи на те, що отримати найбільш адекватне враження від світлового середовища і світлових об'єктів можна при їх сприйнятті в безпосередньому оточенні, у межах дослідження було створено низку творів (світлових картин) для експериментального встановлення візуальних особливостей естетичного результату застосування різних образотворчих технік у поєднанні з внутрішнім освітленням. Ці світлові картини класифіковано відповідно до типу відтворення їх зображальної компоненти, а саме: живопис у поєднанні з освітленням, чорно-біла графіка в поєднанні з освітленням, багатошарові картини в поєднанні з освітленням. Експериментально встановлено різні варіанти одержаного візуального результату, залежно від способу поєднання зображення і внутрішнього освітлення картини.

Якщо живопис поєднується з білим внутрішнім освітленням та динамічним додаванням RGB світла у різних пропорціях, відбувається зміна колориту картини. При поєднанні умовного живопису з білим внутрішнім освітленням та динамічним додаванням світла такого кольору, який домінує у кольоровій гамі зображення, спостерігається зменшення контрастності цього зображення. Чорно-біла графіка поєднується з внутрішнім RGB освітленням – зміна фонового кольору. Багатошарова картина, де верхній (видимий при зовнішньому освітленні) світлорозсіювальний шар виконано ахроматичним, а нижні світлопрозорі шари (не

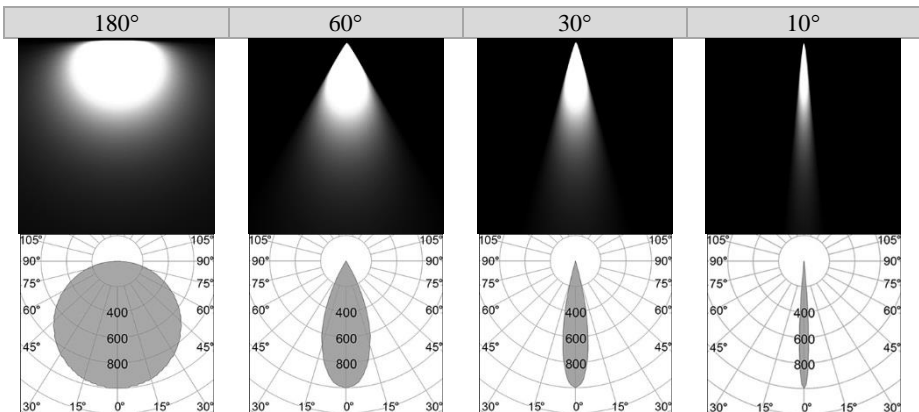
видимі при зовнішньому освітленні) виконано із застосуванням кольору, поєднується з білим внутрішнім освітленням – проявлення усіх нижніх шарів та формування з них та верхнього шару єдиного поліхромного зображення. Багат шарова картина, де усі шари є монохромними та світлорозсіювальними, а зображення виконано в техніці аплікації, поєднується з білим або RGB внутрішнім освітленням – проявлення усіх шарів та формування з них єдиного зображення, кількість тонових градацій якого визначається кількістю використаних шарів.

Розділ 4 «Особливості дизайнерського проектування енергоефективних світильників на основі світлодіодів для громадських і житлових приміщень» присвячено дослідженню особливостей дизайнерського проектування світлодіодних світильників для громадських і житлових приміщень на засадах енергоефективності.

Запропоновано спрощену методику наближеного визначення світлових параметрів і візуалізації світлового розподілу світлодіодних світильників переважно прямого світла, орієнтовану на промислових дизайнерів, які займаються проектуванням світильників, дизайнерів інтер'єру, чії проектні пропозиції потребують індивідуальних освітлювальних рішень, та на студентів спеціальності «дизайн». Як приклад застосування цієї методики, у таблиці 1 подано криві сили світла та візуалізації світлового розподілу окремих світлодіодів з силою світла $I_0 = 1$ кд і різними кутами поширення світлового потоку.

Таблиця 1

Візуалізація світлового розподілу та зображення кривих сили світла світлодіодів (у міліканделах) з різними кутами поширення світлового потоку



Для зручності розрахунків прийнято, що відстань від центра джерела до розрахункової поверхні $r = 1$ м, крок між розрахунковими напрямками – 1° (симетричність світлового розподілу світлодіодів дає змогу обмежитися діапазоном значень для кута падіння променів від 0° до 90°). Далі визначено освітленість E (лк) у розрахункових напрямках. Для безкорпусного SMD (Surface Mounted Device) світлодіода, що випромінює світло в півсферу та має кут поширення світлового потоку 180° за формулою:

$$E = \frac{I_0 \cos \alpha}{r^2}. \quad (1)$$

Для трьох варіантів світлодіодів з первинною оптикою, яка концентрує світло у світловому тілі з кутом розкриття світлового потоку 60°, 30°, 10°, діаграма світлового розподілу виражатиметься не косинусною, а глибокою або концентрованою кривою світлового розподілу, яка матиме аналітичний вираз:

$$I_\alpha = I_0 \cos m \alpha, \quad (2)$$

де: E – освітленість у розрахунковій точці; α – кут падіння променя (кут між променем, який падає, і перпендикуляром, поставленим до поверхні в точці падіння променя); m – коефіцієнт, значення якого залежить від кута розкриття світлового потоку світлодіода або світильника.

Далі було створено за допомогою програми IESGen, файл формату IES. Потім у програмі LDT Editor від DIAL GmbH внесено усі розрахункові дані за кожним зі світлодіодів і отримано відповідні діаграми кривих сили світла. На основі отриманих файлів, засобами програми IESviewer, створено графічні візуалізації попередньо побудованих кривих сили світла у вигляді фотозображення світлового розподілу світлодіодів (табл. 1).

При проведенні за цією методикою розрахунків світлового розподілу світлодіодних світильників (табл. 2) було прийнято такі припущення:

- на початковому етапі дизайнерського проектування для побудови кривих світлового розподілу світильника відбите від монтажної поверхні світло можна не враховувати;

- джерелом у світильниках слугують однакові безкорпусні світлодіоди з однаковим світловим розподілом, тому $I_{0LED} = 1$ кд прийнято як розрахункове значення сили світла для кожного окремого світлодіода;

- за інших рівних однакових умов освітленість буде пропорційна силі світла джерела, а два однакових джерела, розміщених поряд (за умови, якщо їх осьові сили світла спрямовані паралельно одна до одної), посилатимуть у цьому напрямі удвічі більше світлової енергії за одиницю часу, ніж одне джерело, і такі джерела можна замінити одним, сила світла якого удвічі більша. Тому максимальна розрахункова сила світла світильника (за умови, якщо його вісь паралельна осям світлодіодів, наприклад, світильники з табл. 2) I_0 дорівнюватиме добутку осьової сили світла одного світлодіода I_{0LED} на загальну кількість світлодіодів n у світильнику;

- для проведення розрахунків при значних відстанях від розрахункової точки освітлюваної поверхні до світильника, порівняно з розмірами самого світильника, відстань від кожного окремого світлодіода можна вважати рівною усередненій для всіх світлодіодів відстані від умовної центральної точки світильника до розрахункової точки. Тоді освітленість будь-якої точки на розрахунковій поверхні буде пропорційна тій кількості світлодіодів, що не екрануються стінками світильника (а точніше – пропорційна силі світла цієї кількості світлодіодів у такому напрямі):

$$I_\alpha = I_{0LED} n_\alpha \cos m \alpha, \quad (3)$$

де n_α – кількість світлодіодів, які не екрануються відбивачем (монтажною поверхнею) у розрахунковому напрямі α ;

– за умовну центральну точку світильника обрано точку, яка лежить на перетині крайніх променів, що не екрануються монтажною поверхнею, проведених з центрів світлодіодів, які розміщені найближче до отвору світлового виходу світильника;

– якщо світлодіоди розміщені на поверхні відбивача зі спрямуванням їх осевих сил світла не паралельно осі світильника, а довільно, то сила світла світильника у цьому напрямі, зокрема з I_0 , дорівнюватиме сумі сил світла у цьому напрямі кожного окремого світлодіода – з тих, що не екрануються монтажною поверхнею:

$$I_\alpha = I_{0LED} \cos \alpha_1 + I_{0LED} \cos \alpha_2 + \dots + I_{0LED} \cos \alpha_n, \quad (4)$$

де: α – кут між віссю світильника і розрахунковим напрямом; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – кути між осями кожного окремого світлодіода і розрахунковим напрямом α . При використанні у світильнику світлодіодів з однаковими глибокими або концентрованими кривими світлового розподілу:

$$I_\alpha = I_{0LED} \cos m_{LED} \alpha_1 + I_{0LED} \cos m_{LED} \alpha_2 + \dots + I_{0LED} \cos m_{LED} \alpha_n. \quad (5)$$

Для більш точних розрахунків, порівняно з попередньою методикою, запропоновано визначення світлового розподілу світлодіодних світильників на основі форми їх світної поверхні. Пропозиція базується на припущенні, що поверхню відбивача світильника зі змонтованими на ній безкорпусними (SMD) світлодіодами можна вважати світною поверхнею за умови розташування світлодіодів один від одного на відстанях, близьких до їх власних геометричних розмірів.

Розподіл сили світла рівномірно яскравій світній поверхні за різними напрямками спостереження визначає закон Ламберта: $I_\varphi = I_0 \cos \varphi$, де I_φ – сила світла у заданому напрямі; I_0 – сила світла ділянки поверхні у перпендикулярному до неї напрямі; φ – кут між нормаллю і напрямом спостереження. Для рівномірно яскравих поверхонь, які випромінюють світло згідно з законом Ламберта, співвідношення між світимістю і яскравістю виражається як $M = L\pi$.

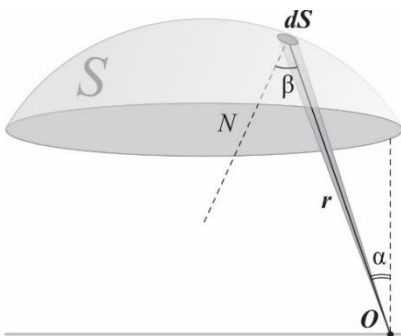


Рис. 4 Світна поверхня S , яка рівномірно випромінює світло

Прийнято, що світна поверхня S (рис. 4) випромінює світло рівномірно, тобто яскравість L кожної елементарної ділянки dS (назвемо її точковим елементом) у всіх напрямках однакова. Виділимо на поверхні S точковий елемент dS , віддалений від деякої точки O , що лежить поза світною поверхнею на відстань r від елемента dS .

Сила світла елемента dS у напрямі до точки O , який створює кут β з нормаллю N , проведеною до dS , виражатиметься як:

$$dI = L dS \cos \beta. \quad (6)$$

А тілесний кут, під яким з точки O видно світний елемент dS , визначається за формулою:

$$\frac{dS \cos \beta}{r^2} = d\omega. \quad (7)$$

Елемент dS створює в точці O освітленість:

$$dE = \frac{LdS \cos \beta \cos \alpha}{r^2} = L d\omega \cos \alpha. \quad (8)$$

За умови відсутності самозатінення точки O світною поверхню, інтеграл цього виразу дає освітленість у точці O від усієї поверхні S :

$$E = L \int_0^s d\omega \cos \alpha. \quad (9)$$

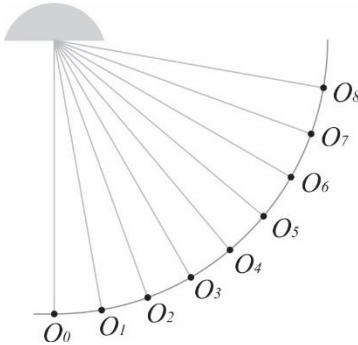


Рис. 5 Схема світильника з розрахунковими точками

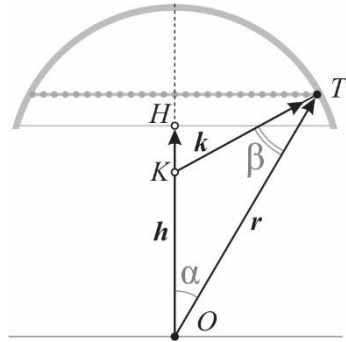


Рис. 6 Схема щодо визначення параметрів r , $\cos \alpha$ і $\cos \beta$

На основі цих формул можна визначити світловий розподіл світильника. Для цього спершу необхідно знайти освітленість E в розрахунковій точці O_0 (рис. 5) на відстані 1 м від точки перетину осі круглосиметричного світильника і центральної точки світильника. За такої умови отримані значення освітленості E можна вважати рівними значенню максимальної сили світла світильника, тобто I_0 . Розраховані в точках O_1 – O_8 (рис. 5) відповідні значення E_α (на площинах, перпендикулярних напрямкам, що розглядаються), за умови відстані від осевого центра відбивача в 1 м, можна вважати рівними значенню сили світла I_α світильника у заданому напрямі.

Знаходимо загальну площу світної поверхні і розбиваємо її на n -комірок площею S/n , наприклад, за допомогою радіальних ліній і концентричних кіл (для плоскої поверхні) або за допомогою медіальних і широтних ліній (для об'ємних поверхонь). Для визначення тілесного кута між розрахунковою точкою і світною «точкою» (комірком) поверхні відстань r та значення косинусів для кутів α і β (рис. 6), можна знайти за координатами розрахункової

точки і координатами світної «точки» (центра ваги комірки) поверхні, використовуючи формули:

$$r = \sqrt{(x_T - x_O)^2 + (y_T - y_O)^2 + (z_T - z_O)^2}, \quad (10)$$

$$\cos \alpha = \frac{x_r * x_h + y_r * y_h + z_r * z_h}{\sqrt{x_r^2 + y_r^2 + z_r^2} * \sqrt{x_h^2 + y_h^2 + z_h^2}}, \quad (11)$$

$$\cos \beta = \frac{x_r * x_k + y_r * y_k + z_r * z_k}{\sqrt{x_r^2 + y_r^2 + z_r^2} * \sqrt{x_k^2 + y_k^2 + z_k^2}}, \quad (12)$$

де: x_T, y_T, z_T – координати світної «точки» поверхні; x_O, y_O, z_O – координати розрахункової точки; x_r, y_r, z_r – координати r як вектора з початком у розрахунковій точці, та кінцем у «точці» світної поверхні; x_h, y_h, z_h – координати розрахункового напрямку як вектора h з початком у розрахунковій точці, та кінцем у центрі світильника; x_k, y_k, z_k – координати нормалі до світної поверхні як вектора k з початком у точці перетину з віссю світильника (для увігнутих поверхонь), або в точці перетину з горизонтальною площиною (для плоских поверхонь) та кінцем у «точці» світної поверхні, до якої проведена нормаль.

Координати означених векторів при цьому визначаються за формулами:

$$\vec{r}(x_r; y_r; z_r) = \overrightarrow{OT}(x_T - x_O; y_T - y_O; z_T - z_O), \quad (13)$$

$$\vec{h}(x_h; y_h; z_h) = \overrightarrow{OH}(x_H - x_O; y_H - y_O; z_H - z_O), \quad (14)$$

$$\vec{k}(x_k; y_k; z_k) = \overrightarrow{KT}(x_T - x_K; y_T - y_K; z_T - z_K). \quad (15)$$

На відміну від плоских світних поверхонь, при розрахунках освітленості від увігнутих світних поверхонь, необхідно враховувати їх самозатінення з кожної з розрахункових точок. Для круглосиметричних світильників сукупність точок світної поверхні, що не затіняються, можна визначити за допомогою системи рівнянь, яка містить рівняння світної поверхні та рівняння конічної поверхні з вершиною у розрахунковій точці і напрямною у вигляді вихідного отвору відбивача.

Розрахунки світлового потоку світильників проводилися на основі отриманих значень сили світла у різних розрахункових напрямках. Елементарний світловий потік $d\Phi$, який поширюється у межах елементарного тілесного кута $d\omega$, визначається як:

$$d\Phi = I_{\text{ср}} d\omega. \quad (16)$$

Загальний світловий потік світильника Φ , знайдений уздовж усієї кривої світлового розподілу, можна визначити сумуванням зональних світлових потоків, які поширюються в межах елементарних тілесних кутів. Для будь-якої конічної зони простору, яка лежить між плоскими кутами α_1 і α_2 , світловий потік круглосиметричного світильника визначається як:

$$\Phi_{\alpha_1-\alpha_2} = 2\pi I_{\text{ср}} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2). \quad (17)$$

Для розрахунку ККД світних поверхонь різних форм використано формулу для визначення ККД світильників з дифузними відбивачами:

$$\eta = \Phi_{\text{св}} / \Phi_{\text{пов}}, \quad (18)$$

де: $\Phi_{\text{св}}$ – загальний світловий потік світної поверхні, який надходить на розрахункову площину, визначений за попередніми розрахунками; $\Phi_{\text{пов}}$ – номінальний світловий потік, який випромінюється світною поверхнею.

Для визначення світлового потоку світлодіодного світильника, з урахуванням його часткового відбиття монтажною поверхнею, можна скористатися формулою:

$$\Phi_{\text{св}} = m_1 \Phi_{\text{пов}} + \rho t \Phi_{\text{пов}} \kappa u, \quad (19)$$

де: m – частка світлового потоку, випромінюваного світлодіодами, яка спочатку падає на частину монтажної поверхні, яка відбиває світло; m_1 – частка світлового потоку, випромінюваного світлодіодами, яка падає безпосередньо на вихідний отвір відбивача світильника; κ – коефіцієнт багаторазового відбивання; ρ – коефіцієнт відбиття світлорозсіювальної (монтажної поверхні); u – частка відбитого світлового потоку, що потрапляє на світловий отвір, яку прийнято називати коефіцієнтом використання поверхні відбивача відносно вихідного отвору.

Коефіцієнт багаторазового відбивання $\kappa \geq 1$ для всіх увігнутих поверхонь відбивачів, а його значення розраховується за формулою:

$$\kappa = \frac{1}{1 - \rho(1 - u)}, \quad (20)$$

де: u – частка відбитого світлового потоку, що потрапляє на світловий отвір; ρ – коефіцієнт відбиття світлорозсіювальної (монтажної поверхні).

Коефіцієнт відбиття ρ монтажної поверхні між світлодіодами для всіх світних поверхонь було прийнято рівним 0,7. Коефіцієнт використання поверхні відбивача u відносно вихідного отвору знаходиться за формулою:

$$u = S_{\text{в.о}}/S_{\text{пов}}, \quad (21)$$

де: $S_{\text{в.о}}$ – площа вихідного отвору відбивача світильника; $S_{\text{пов}}$ – площа поверхні відбивача. Коефіцієнт використання поверхні відбивача $u \leq 1$ для увігнутих поверхонь, $u = 1$ для плоских поверхонь.

Одержані у межах дослідження результати розрахунків світлового потоку світильників та значення їх ККД довели, що при розстановці світлодіодів зі спрямуванням осьових сил світла їх випромінювання паралельно осі світильника (перпендикулярно до освітлюваної площини), ККД у середньому на 5,5 % вище, ніж при розстановці світлодіодів зі спрямуванням осьових сил світла на нормалях до монтажної поверхні.

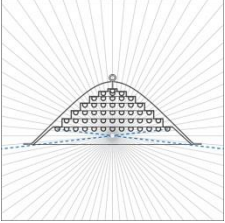
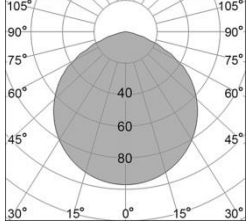

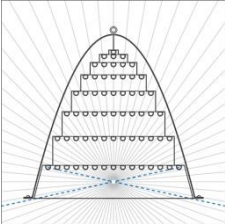
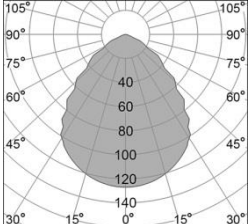
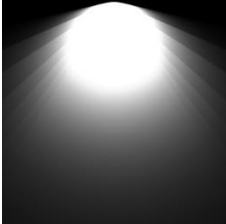
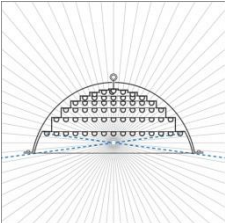
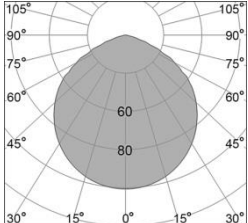
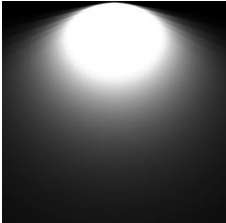
У межах дослідження запропоновано спосіб визначення світлового розподілу при нерівномірному розміщенні світлодіодів на поверхнях великої площі. Для світних поверхонь з масивом безкорпусних (SMD) світлодіодів було використано формули і методики розрахунку освітленості від світних поверхонь. Основою розрахунків освітленості в приміщенні від масиву світлодіодів з тілесним кутом випромінювання $\leq \pi$ та первинною оптикою стало поняття сили світла кожного окремого світлодіода у заданому напрямі.

Досліджено специфіку дизайну світлодіодних світильників переважно прямого світла. Установлено, що вона полягає у комплексі заходів для

забезпечення покращення характеристик освітлювального приладу. Зокрема, підвищенню загальної світлової ефективності світильника сприяє спрямування осьових сили світла кожного джерела перпендикулярно до освітлюваної площини, завдяки використанню для монтажу світлодіодів ступінчастої внутрішньої поверхні оболонки відбивача світильника. До покращення теплового режиму світильника ведуть такі заходи: використання для монтажу світлодіодів поверхні якомога більшої площі; застосування алюмінію або теплопровідного пластику як матеріалу для виготовлення відбивачів; передбачення отворів у зовнішній обмежувальній поверхні оболонки відбивача світильника. Використання світлодіодів з різними тілесними кутами випромінювання і надання можливості автономного управління невеликими групами світлодіодів, є інструментами забезпечення варіативності світлового розподілу світильника. Розміщення світлодіодів з якомога меншою відстанню між їх центрами сприяє пом'якшенню множинних тіней. Застосування в одному світильнику світлодіодів з однаковими формами лінз (або їх відсутністю) сприяє естетичній узгодженості виробу.

Таблиця 2

Відбивачі на основі: 1 – гіперboloїда, 2 – параболоїда, 3 – сфери

Конструктивні схеми	Криві сили світла	Візуалізація	№
			1
			2
			3

Практичного застосування встановлені положення, які визначають специфіку дизайну світлодіодних світильників переважно прямого світла, набули у двох серіях спроектованих світильників цього типу (зареєстровано у











вигляді патенту на корисну модель ПУ 135975): з двома площинами симетрії та круговою симетрією відбивача. З використанням запропонованої у межах дослідження спрощеної методики, для цих світильників побудовано діаграми та візуалізації світлового розподілу. У таблиці 2 подано ці результати для світильників з круглосиметричними відбивачами.

Досліджено специфіку дизайну систем розсіяного освітлення приміщень на основі світлодіодів, і запропоновано способи уникнення монотонності світлового середовища, сформованого розсіяним світлом. Основний спосіб – 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 колірній температурі світла окремих світильників серед множини тих, що входять до загальної системи освітлення. Установлено, що в сучасному дизайні світильників розсіяного світла поширюється використання органічних світлодіодів (OLED) на жорсткій або гнучкій підкладці як джерела світла.

Окреслені теоретичні положення набули практичного застосування в: серіях спроектованих абажурів з клейовою і безклейовою зборкою (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).

Таблиця 3

Конструктивні схеми абажурів для світлодіодних світильників розсіяного світла

Правильні багатогранники			Напівправильні багатогранники	
Куб	Октаедр	Ікосаедр	Кубоктаедр	Ромбокубоктаедр
				
				

Розділ 5 «Суміщене освітлення як додатковий засіб взаємозв'язку зовнішнього світлового середовища з простором приміщення» містить усебічний аналіз суміщеного освітлення як додаткового засобу забезпечення взаємозв'язку зовнішнього і внутрішнього просторів відносно будівлі.

Визначено основні імітаційні способи відтворення властивостей природного освітлення засобами штучного освітлення в громадських і житлових приміщеннях, зокрема: імітація виду назовні; імітація природного освітлення; одночасна імітація природного освітлення і виду назовні.

Установлено, що до засобів імітації виду назовні належать: внутрішнє підсвічування світлопроникної поверхні з нанесеним, методом високоякісного кольорового друку, реалістичним зображенням неба та хмар або рослин; вбудовані в архітектурний контекст екрани з високою роздільною здатністю, за допомогою яких транслюється відеозапис, знятий фіксованою відеокамерою, відтворюючи вид з вікна в природній динаміці. До засобів імітації природного освітлення належить: штучне освітлення, колірна температура якого підлаштовується під колірну температуру природного освітлення. До засобів одночасної імітації і природного освітлення, і виду назовні належать: віртуальна світлова стеля з попередньо запрограмованим світлодіодним освітленням, за допомогою якого імітується природна динаміка руху хмар через відтворення відповідного відеозображення; складні оптичні системи для візуального віддалення штучного неба і забезпечення паралельності світлових променів, які падають.

З'ясовано умови використання засобів імітації природного освітлення та виду назовні для суміщеного освітлення приміщень, а саме: автоматичне налаштування в реальному часі колірної температури штучного світла відповідно до колірної температури природного світла; візуальне узгодження статичного чи динамічного зображення, яке транслюється штучною освітлювальною системою, з дійсним станом зовнішнього середовища; візуальне узгодження світлових властивостей систем природного і штучного освітлення.

Досліджено підґрунтя неусвідомленого сприйняття світла від екранів на основі аналізу архетипів, які його обумовлюють, а саме: архетипу сонця і архетипу вогню. Констатовано, що денне світло можна вважати прототипом будь-якої системи функціонального робочого освітлення, а світло полум'я – прототипом систем освітлення, призначених для відпочинку та спілкування. Зазначено, якщо екран має світлові властивості, споріднені зі світлом полум'я, він створює у приміщенні атмосфери спокою та захищеності, яка може сприяти підтриманню циркадного ритму людини. І навпаки, якщо світлові властивості екрана значно відрізняються від властивостей світла полум'я, втрачається зв'язок із підсвідомими архетиповими конструкціями, зникає заспокійливий ефект і такі екрани можуть зумовлювати порушення циркадного ритму людини.

Установлено, що для формування емоційно і фізіологічно сприятливого штучного світлового середовища, його властивості повинні бути максимально наближеними до властивостей природного світлового середовища. На основі аналізу характерних особливостей природного освітлення, було визначено такі технологічні прийоми дизайну функціонального штучного освітлення, наближеного до властивостей природного: наслідування тільки тієї частини добового сценарію денного освітлення, коли інтенсивність світла достатня, а світловий розподіл має позитивний емоційно-психологічний вплив; поєднання розсіяного і прямого світла та використання для них джерел різної колірної температури; узгодження динаміки системи функціонального штучного освітлення з 24-годинним добовим циклом із забезпеченням непомітних при короткочасному спогляданні переходів між світловими сценами.

Визначено перспективні напрями дизайну світлодіодного освітлення, суміщеного з системами природного освітлення, а саме: суміщення з

системами верхнього природного освітлення; суміщення з системами денного транспортованого освітлення; суміщення з системами бокового природного освітлення. Способами суміщення світлодіодного освітлення із системами природного освітлення зазначено: конструктивне поєднання структурних складових систем природного і штучного освітлення; додавання світлового потоку штучних джерел до сонячного випромінювання (суміщене освітлення); комбінацію цих двох способів.

Теоретичні висновки цього розділу отримали практичне застосування у процесі розробки проєктної пропозиції щодо світлодіодного освітлення, конструктивно поєднаного з системами бокового природного освітлення. Запропонованій автономній системі освітлення на основі сонячної батареї і світлодіодних джерел світла (zareєстровано у вигляді патенту на корисну модель ПУ 137082), притаманні такі характерні риси: наявність лише конструктивного поєднання структурних елементів систем штучного і природного освітлення, при цьому суміщення світлових потоків природного і штучного освітлення не відбувається; використання невичерпних джерел для живлення світлодіодів за рахунок акумулювання в денну пору доби енергії від небозводу; сприяння зменшенню світлового забруднення завдяки унеможливленню або мінімізації виходу штучного світла через віконні прорізи з приміщення назовні.

Розділ 6 «Комплексне дизайнерське проєктування енергоефективного світлового середовища приміщень» присвячений характеристиці комплексного дизайнерського проєктування світлового середовища і визначенню закономірностей забезпечення його енергоефективності.

З'ясовано, що передумовами для розробки норм зі штучного освітлення, узгодженого з біоритмами людини, є поява нових знань про вплив на організм людини світлового випромінювання біологічно-активного видимого діапазону та близького інфрачервоного діапазону, а також широке впровадження світлодіодних технологій, які потенційно є найбільш перспективними стосовно відтворення властивостей природного освітлення, синхронізації з ним та імітації виду з вікна.

Визначено актуальні напрями розвитку норм зі штучного освітлення: регулювання наявності в спектрі освітлювальних систем випромінювання біологічно-активного видимого діапазону та близького інфрачервоного діапазону; визначення інтенсивності і тривалості дії цього випромінювання, залежно від різних добових періодів; розробка методики кореляції світлових і візуальних характеристик установок штучного освітлення та дійсного виду з вікна; синхронізація освітлювальних норм з нормами щодо застосування технології LiFi.

Розроблено і теоретично обґрунтовано концепцію міждисциплінарного дослідження естетичного, психологічного і фізіологічного впливу хроматичного світлового середовища на людину. У процесі дослідження виявлено, що основними умовами практичного втілення цієї концепції є: забезпечення, у межах середовища для проведення дослідження, комплексного впливу хроматичного освітлення на користувача як через органи зору, так і через шкіру; організація цілісного, безперервного і позбавленого будь-яких

додаткових семантичних нашарувань хроматичного світлового середовища; унеможливлення проявів блискавості та засліплення користувача, шляхом використання для дослідження простору, який складається з внутрішніх поверхонь із рівномірним розсіяним освітленням помірної яскравості; одночасний комплексний аналіз естетичного, психологічного і фізіологічного впливу кольорового світла на користувача в середовищі його перебування.

Виявлено рівні впливу оптичного випромінювання візуального діапазону на середовище: *детермінанта візуального сприйняття* кольору і форми, яка для людини виражається через рівень візуальної продуктивності, ступінь концентрації уваги, швидкість сприйняття і обробки візуальної інформації, усвідомлене естетичне задоволення від сприйняття візуальної інформації; *детермінанта природних циклів життєдіяльності* живих істот, яка для людини виявляється у забезпеченні циклу сну/бадьорості, забезпеченні циркадного регулювання фізіологічних процесів, психологічному впливі на емоції, настрої і почуття життєрадісності.

Розроблено комплекс практичних завдань з освітлення інтер'єру, спрямованих на формування у студентів-дизайнерів навичок створення різних варіантів світлового середовища у межах одного простору, а саме – на вирішення світлової композиції: при денному освітленні, при змішаному освітленні, під час переходу від денного до штучного та при функціональному і декоративному штучному освітленні.

Визначено естетико-технологічні закономірності дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень через їх технологічні засоби втілення та естетичні складові, зокрема.

1. *Закономірність проектування освітлення приміщень у часовому контексті* виражається через таку *естетичну складову*, як відповідність естетики світлового середовища емоційним потребам користувача, залежно від часу (періоду) доби. Передбачає такі *технологічні засоби* втілення:

- створення гнучкої системи освітлення з можливістю вільного налаштування, в якій способи управління визначаються залежно від пріоритетного рівня впливу світлового середовища на людину;

- забезпечення автоматизованого налаштування світлових параметрів системи, орієнтованих переважно на підтримку природних циклів життєдіяльності людини і несвідомих реакцій її організму;

- облаштування системи освітлення засобами персонального управління світловими параметрами, орієнтованими переважно на забезпечення візуальної функції;

- диференційоване забезпечення системи освітлення простими у використанні та інтуїтивно зрозумілими елементами керування освітленням, залежно від часу доби і призначення приміщення або його функціональної зони;

- забезпечення систем загального освітлення елементами автоматичного налаштування світлового розподілу та колірної температури джерел штучного світла відповідно до певного періоду доби;

- забезпечення належного розподілу яскравості в полі зору користувача, диференційованого залежно від часу доби, особливо в робочій і навколишній зонах;

- включення в загальну систему додаткових джерел місцевого освітлення з функцією індивідуального налаштування для формування в користувача суб'єктивного відчуття комфортності місця перебування;

- забезпечення мінімального чергового освітлення в тих функціональних зонах приміщення, які візуально сприймаються, але не використовуються за призначенням у вечірній та сутінковий час.

2. *Закономірність пошуку оптимальних рішень щодо поєднання систем природного і штучного освітлення* виявляється завдяки такій естетичній складовій, як естетична узгодженість зовнішнього і внутрішнього просторів, зв'язок користувача з естетикою природи та естетикою архітектурного середовища населеного пункту. Передбачає такі *технологічні засоби* втілення:

- забезпечення оптимальної освітленості для виконання відповідних зорових завдань, необхідного рівня видимості та візуальної продуктивності, незалежно від того, використання якої з систем освітлення (природного чи штучного) переважає у цей період доби;

- забезпечення психологічного зв'язку із зовнішнім простором або можливості погляду на відстань (для візуального комфорту і запобігання втомлюваності очей), переважно за допомогою облаштування віконних прорізів, або за неможливості такого рішення – за допомогою імітаційних чи компенсаторних світлових систем;

- облаштування відповідних засобів обмеження як надмірного сонячного світла, так і занадто яскравого направленої світла штучних джерел, для запобігання відблискам, надмірній внутрішній освітленості та перегріву приміщень влітку;

- передбачення пристроїв персонального контролю над можливими джерелами блискавості для забезпечення належного рівня індивідуальної візуальної продуктивності, залежно від суб'єктивного психологічного стану конкретного користувача;

- організація освітлення вхідних зон у приміщення у такий спосіб, щоб мінімізувати необхідність в адаптації зору користувача до різниці яскравості між внутрішнім і зовнішнім світловим середовищем;

- використання систем електричного освітлення, характеристики яких дають змогу забезпечити світлове середовище з низьким рівнем мерехтіння і шуму та високим індексом кольоропередавання (CRI або Ra – вимірюється в діапазоні від 0 до 100), що позначає здатність штучного джерела світла забезпечити такий самий вигляд кольору об'єкта, як і при природному денному освітленні;

- використання в установках суміщеного освітлення електричних джерел світла зі спектральними характеристиками, що дають змогу забезпечити динамічне штучне освітлення, узгоджене зі спектром природного світла, колірна температура якого змінюється протягом світлового дня від 2000 К до 7000 К;

- передбачення суміщеного освітлення в глибоких приміщеннях з боковими світлопрорізами, у зонах з недостатнім природним освітленням, а також у періоди одночасного використання природного і штучного світла, наприклад, у ранкові і вечірні години, коли зовнішньої природної освітленості недостатньо для забезпечення необхідних умов роботи всередині приміщення;

– організація у системах суміщеного освітлення синхронізації колірної температури та інтенсивності штучного і природного світла, забезпечення способів їх автоматичного та/або ручного регулювання.

3. *Закономірність взаємообумовленості підвищення енергоефективності і якості світлового середовища приміщень* виявляється завдяки такій *естетичній складовій*, як забезпечення індивідуальних естетичних уподобань користувача на основі загальних підходів щодо проектування комфортного світлового середовища приміщень. Передбачає такі *технологічні засоби* втілення:

– планування системи освітлення на початкових стадіях проектування;

– розгляд природного денного світла як основного компонента освітлення, його пріоритет у всіх приміщеннях і різних функціональних зонах, зокрема з коридорами та переходами;

– використання світловодів і систем транспортування денного світла;

– використання в системах штучного і суміщеного освітлення електричних джерел світла з високими показниками енергоефективності;

– поєднання денного транспортованого та/або природного акумульованого освітлення з сучасними світлодіодними технологіями в межах цілісної системи;

– використання для штучного освітлення електричних систем з тривалим терміном експлуатації та простими заходами обслуговування;

– комплексне проектування освітлення з розробкою інтегрованих у середовище приміщення конструктивних систем, елементів кріплення та управління;

– диференційований підхід щодо забезпечення відповідних рівнів освітленості для виконання візуальних завдань відповідної складності, наприклад, вищі рівні освітленості – для читання та письма, порівняно з нижчими рівнями освітленості для виконання таких візуальних завдань, як харчування або пересування;

– диференційований підхід щодо забезпечення адекватного рівня освітленості різних функціональних зон та для забезпечення комфортного візуального спілкування;

– забезпечення доречного для візуального спілкування освітлення через уникнення різких тіней, зокрема, на обличчях користувачів;

– використання додаткової функції освітлення як засобу для формування напрямків пересування користувачів у приміщеннях великих розмірів;

– використання систем управління освітленням з інтегрованими датчиками руху для приміщень і функціональних зон, які не використовуються постійно;

– зменшення потреби в освітленні, шляхом зниження його поглинання, за допомогою використання для обробки поверхонь приміщення матеріалів з високим коефіцієнтом відбиття;

– зменшення потреби в освітленні, завдяки покращенню видимості зорового завдання, за допомогою використання особливостей візуального сприйняття кольору і контрасту;

– забезпечення психологічно і фізіологічно сприятливого світлового середовища через мінімізацію загального світлового забруднення.

ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження присвячено вирішенню наукової проблеми, яка полягала у забезпеченні засобами технічної естетики високих якісних параметрів освітлення будівель за допомогою виявлених естетико-технологічних закономірностей дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень.

Значення роботи для науки – розробка нового напрямку в технічній естетиці – вивчення закономірностей дизайну енергоефективного освітлення, які впливають на створення комфортного світлового середовища приміщень як в естетичному, так і в психофізіологічному сенсі.

Значення роботи для практики – сформульовано рекомендації щодо проєктування естетичного світлового середовища приміщень сучасних енергоефективних будівель та оптимізації і підвищення енергоефективності наявних систем освітлення із забезпеченням необхідних естетичних складових.

За результатами дослідження сформульовано такі висновки:

1. Проаналізовано проблему енергоефективності у контексті технічної естетики світлового середовища, уточнено основні дефініції та сформовано джерельну базу на основі визначеного переліку наукових галузей, дотичних до дизайну світлового середовища приміщень. Виявлено межі компетентності проєктної діяльності зі світлового дизайну та світлової архітектури за принципом масштабності сприйняття.

2. Досліджено вплив застосування різних джерел світла на еволюцію технічної естетики освітлювальних приладів, підходів до їх проєктування, використання фізіологічного і психологічного аспектів освітлення. Встановлено, що наразі триває етап якісного дизайну освітлення, який бере свій початок з другої половини ХХ ст. Виявлено, що для дизайну світлового середовища особливо важливим фактом є вплив світла через циркадну систему на біологічні ритми людини, синхронізовані з сонячним добовим циклом.

3. Систематизовано технологічні прийоми застосування світла та визначено їх вплив на технічну естетику дизайнерських і мистецьких об'єктів. Установлено, що до основних технологічних прийомів застосування світла в мистецтві та дизайні належать проєкційне освітлення, флуоресценція, снопи світла, світлові об'єми розсіяного світла, світло відкритих джерел в об'ємно-просторових і просторово-часових мистецтвах, вітраж з природним і штучним освітленням та світлопроникні поверхні в мистецтві інсталяції.

4. Досліджено технічну естетику світлових картин, шляхом експериментального встановлення візуальних результатів поєднання внутрішнього світлодіодного освітлення з такими образотворчими техніками, як графіка, живопис та аплікація, які можуть виражатися через зміну колориту картини, зменшення контрастності зображення, зміну кольору фону, проявлення всіх шарів багат шарової картини та формування з них єдиного

поліхромного або монохромного зображення, кількість тонових градацій якого обумовлена кількістю шарів.

5. У контексті технічної естетики визначено специфіку проектування світлодіодних світильників і освітлювальних систем переважно прямого світла через перелік відповідних заходів, які забезпечують підвищення загальної світлової ефективності світильника, покращення його теплового режиму, збільшення варіативності світлового розподілу та пом'якшення множинних тіней. Виявлено, що вплив на технічну естетику світлодіодних світильників і освітлювальних систем розсіяного світла виражається в заходах уникнення монотонності світлового середовища, сформованого розсіяним світлом.

6. Установлено шляхи гармонійного поєднання природного та штучного світла, з урахуванням вимог технічної естетики при формуванні суміщеного освітлення та засоби взаємозв'язку зовнішнього світлового середовища з простором приміщення. Визначено, що денне світло має сприйматися як прототип будь-якої системи функціонального робочого освітлення, а світло полум'я – як прототип систем освітлення, призначених для відпочинку та спілкування. Виявлено основні технологічні прийоми дизайну функціонального штучного освітлення, наближеного до властивостей природного освітлення.

7. Окреслено сучасні напрями розвитку нормування енергоефективного штучного освітлення з високими якісними параметрами відповідно до технічної естетики, та ґрунтуючись на попередньо визначених передумовах для їх розробки.

8. Розроблено і теоретично обґрунтовано концепцію організації на засадах технічної естетики міждисциплінарного дослідження (за участі спеціалістів зі світлового дизайну, світлотехніки, психології та медицини) естетичного і психофізіологічного сприйняття кольорового освітлення, визначено необхідні для її практичного втілення умови.

9. Виявлено естетико-технологічні закономірності дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень: проектування освітлення в часовому контексті, пошук оптимальних рішень щодо поєднання систем природного і штучного освітлення, взаємообумовленість підвищення енергоефективності та якості світлового середовища.

10. Визначено естетичні складові та технологічні засоби втілення виявлених закономірностей, які можуть трактуватися як перелік рекомендацій забезпечення засобами технічної естетики високих якісних параметрів освітлення при дизайнерському проектуванні внутрішнього простору будівель.

11. Теоретичні результати досліджень з технічної естетики впроваджено в практику дизайну та образотворчого мистецтва. Окремі теоретичні положення і практичні здобутки задіяні в освітньому процесі.

Матеріали дисертації відкривають перспективи подальших досліджень у напрямі створення комфортного світлового середовища у межах приміщень різного призначення, з дотриманням сучасних вимог щодо енергоефективності будівель. Міждисциплінарний характер роботи відповідає сучасним умовам розвитку технічної естетики та технологій освітлення, який супроводжується змінами наукових, культурних та проєктних парадигм.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії та розділи в колективних монографіях

1. Koval L. Luminous pictures as a form of the contemporary visual art // New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors. 7th ed. Riga, Latvia: «Baltija Publishing», 2019. P. 449–467. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-15-0-149>.
2. Коваль Л. М. Дизайн & LED-технології: монографія. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. 132 с., іл. (*Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 58876*).

Статті в наукових періодичних виданнях інших держав та виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз

3. Koval L., Yehorchenkov V., Sergeychuk O. Technological Approaches to Design of Artificial Lighting Approximated to the Properties of Natural Lighting // In: Blikharskyi Z., Koszelnik P., Mesaros P. (eds) Proceedings of CEE 2019. CEE 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, 2020. Vol 47. Springer, Cham. P. 174–179. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27011-7_22. (*Збірник індексується міжнародними наукометричними базами даних Scopus та Web of Science*). *Особистий внесок здобувача: визначення й аналіз технологічних прийомів дизайну штучного освітлення, наближеного до властивостей природного освітлення.*
4. Koval L. Defining of Parameters of Illuminance from LEDs with Different Expansion Angles // European Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna: Premier Publishing s.r.o., 2019. № 5–6. P. 7–11. DOI: <https://doi.org/10.29013/EJTNS-19-5.6-7-11>. (*Збірник входить до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus та включений до сховища відкритого доступу UlrichsWeb: Global Serials Directory*).
5. Koval L. Means of Simulating Natural Light and View Out in Public and Residential Premises // European Journal of Technical and Natural Sciences. Vienna: Premier Publishing s.r.o., 2019. № 4. P. 3–5. DOI: <https://doi.org/10.29013/EJTNS-19-4-3-5>. (*Збірник входить до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus та включений до сховища відкритого доступу UlrichsWeb: Global Serials Directory*).
6. Koval L., Tregub A. Archetypes of Perception of Light from Screens // European Journal of Humanities and Social Sciences. Vienna: Premier Publishing s.r.o., 2019. № 3. P. 22–25. DOI: <https://doi.org/10.29013/EJHSS-19-3-22-25>. (*Збірник індексується в наступних міжнародних наукометричних базах даних: Index Copernicus, GIF impact factor, Google Scholar та включений до сховищ відкритого доступу*). *Особистий внесок здобувача: визначення й аналіз особливостей сприйняття світла від екранів різного призначення.*
7. Коваль Л. М. Технологічні прийоми взаємодії світлової проєкції з середовищем // Науковий журнал «Молодий вчений». Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2019. № 7 (71). С. 6–9. DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-7-71-2>. (*Журнал*

включено до міжнародних каталогів наукових видань і наукометричних баз: *Index Copernicus, GoogleScholar, CiteFactor, Research Bible*).

8. Koval L. Technological and Compositional Features of the Interaction of Light Coatings with the Built Environment // Intellectual Archive. Toronto: Shiny World Corp., 2019. Volume 8. No. 3 (July/September). P. 146–150. DOI: 10.32370/IA_2019_09_17. *(Збірник розповсюджується серед основних бібліотек Канади та США, реферується та відображається в наступних міжнародних наукометричних базах даних: Arxiv.org, WorldCat.org, Google Scholar та інші).*
9. Коваль Л. М. Вітраж зі штучним освітленням як засіб світлового дизайну // East European Scientific Journal. Warsaw: EESJ, 2019. Volume 4. № 10 (50). P. 6–11. *(Збірник індексується в наступних міжнародних наукометричних базах даних: Index Copernicus (IC), Research Bible, International Scientific Indexing (ISI), Cosmos impact factor, SlideShare та включений до сховищ відкритого доступу).*
10. Коваль Л. М. Основні етапи і тенденції світлового дизайну у контексті розвитку джерел світла // East European Scientific Journal. Warsaw: EESJ, 2019. Volume 4. № 11 (51). P. 4–10. *(Збірник індексується в наступних міжнародних наукометричних базах даних: Index Copernicus (IC), Research Bible, International Scientific Indexing (ISI), Cosmos impact factor, SlideShare та включений до сховищ відкритого доступу).*
11. Koval L., Yehorchenkov V., Martynov V. Promising Trends in Design of LED Lighting Combined with Systems of Natural Lighting // In: Blikharsky Z. (eds) Proceedings of EcoComfort 2020. EcoComfort 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, 2021. Vol 100. Springer, Cham. P. 212–219. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_26. *(Збірник індексується міжнародними наукометричними базами даних Scopus та Web of Science). Особистий внесок здобувача: визначення перспективних напрямів дизайну світлодіодного освітлення, суміщеного з системами природного освітлення, розробка і теоретичне обґрунтування автономної системи освітлення на основі сонячної батареї і світлодіодних джерел світла.*
12. Koval L. Simplified Method of Visualization of Light Distribution at the Initial Stage of Design of Symmetrical LED Luminaires // Intellectual Archive. Toronto: Shiny World Corp., 2020. Volume 9. No. 1 (January/March). P. 17–23. DOI: 10.32370/IA_2020_01_4. *(Збірник розповсюджується серед основних бібліотек Канади та США, реферується та відображається в наступних міжнародних наукометричних базах даних: Arxiv.org, WorldCat.org, Google Scholar та інші).*

Статті в наукових фахових виданнях України

13. Коваль Л. М. Методика викладання курсу «Освітлення інтер'єру» для студентів спеціальності 022 Дизайн // Технічна естетика і дизайн. Київ: КНУБА, 2017. Вип. № 13. С. 162–166.
14. Коваль Л. М. Вітраж з природним освітленням як засіб світлового дизайну // Теорія та практика дизайну: збірник наукових праць / Технічна естетика. Київ: «Компрінт», 2018. Вип. 15. С. 59–78. DOI: 10.18372/2415-8151.15.13469. *(Збірник реферується та відображається в наступних міжнародних наукометричних базах даних: РІНЦ, Google Scholar).*
15. Коваль Л. Специфіка дизайну систем розсіяного освітлення приміщень на основі світлодіодів // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Київ: КНУБА, 2019. № 13. С. 40–48. DOI: 10.32347/2310-0516.2019.13.40-48.

16. Коваль Л. М. Деякі технологічні прийоми застосування світла в мистецтві і дизайні // Технічна естетика і дизайн. Київ: КНУБА, 2019. Вип. № 15. С. 83–96. DOI: <https://doi.org/10.32347/2221-9293.2019.15.83-96>.
17. Коваль Л. М. Специфіка дизайну світлодіодних світильників прямого світла // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник / відповідальний редактор В. П. Корбут. Київ: КНУБА, 2019. Вип. 30. С. 34–42. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2019.30.34-42>. (Збірник індексується в Google Scholar та Index Copernicus International).
18. Сторченков В., Коваль Л., Радомцев Д., Сергейчук О. Розвиток питань енергоефективності у ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. Київ: КНУБА, 2019. № 12. С. 7–19. DOI: [10.32347/2310-0516.2019.12.7-19](https://doi.org/10.32347/2310-0516.2019.12.7-19). *Особистий внесок здобувача*: висвітлення питань розвитку енергоефективності штучного освітлення у ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».
19. Коваль Л. М. Передумови і перспективи нормування штучного освітлення, узгодженого з біоритмами людини // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник. / відповідальний редактор В. П. Корбут. Київ: КНУБА, 2019. Вип. 31. С. 42–54. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2019.31.42-54>. (Збірник індексується в Google Scholar та Index Copernicus International).
20. Коваль Л. М. Вплив розвитку штучного освітлення, наукових досліджень властивостей світла та особливостей зорового сприйняття на візуальні мистецтва // Технічна естетика і дизайн. Київ: КНУБА, 2019. Вип. № 16. С. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.32347/2221-9293.2019.16.16-25>.
21. Yehorchenkov V., Koval L., Sergeychuk O., Buravchenko V. Simulation of Solar Energy Gain through Natural Lighting Systems of Complex Geometry // Theory and Building Practice / Editor-in-Chief Vasyly Zhelykh. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2019. Vol. 1. No. 2. P. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.23939/jtbp2019.02.001> (Збірник входить до міжнародної наукометричної бази даних Crossref). *Особистий внесок здобувача*: перевірка і підтвердження результатів дослідження.
22. Коваль Л. М. Концепція міждисциплінарного дослідження естетичного, психологічного і фізіологічного впливу хроматичного світлового середовища на людину // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: науково-технічний збірник / відповідальний редактор В. П. Довгалюк. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 33. С. 47–62. <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2020.0.47-62>. (Збірник індексується в Google Scholar та Index Copernicus International).
23. Yehorchenkov V., Sergeychuk O., Koval L. Principles of the Exposure Natural Lighting Modeling of Premises // Theory and Building Practice / Editor-in-Chief Zinoviyy Blikharskyu. Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2020. Vol. 2. No. 2. P. 113–118. DOI: <https://doi.org/10.23939/jtbp2020.02.113>. (Збірник входить до міжнародної наукометричної бази даних Crossref). *Особистий внесок здобувача*: перевірка і підтвердження результатів дослідження.

Патенти на корисні моделі

24. Коваль Л. М. Патент 92473 Україна. МПК F21V 17/00, F21S 10/00. Декоративний світильник на світлодіодах, заявл. 04.04.2014, опубл. 26.08.2014, Бюл. № 16. 2 с.
25. 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.

26. 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.
27. Коваль Л. М. Патент 125747 Україна. МПК B44F 1/00. Світлова картина, заявл. 11.12.2017, опубл. 25.05.2018, Бюл. № 10. 9 с.
28. 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.
29. 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.
30. Коваль Л. М. Патент 137082 Україна. МПК F21L 4/00, F21W 121/00. Автономна система освітлення на основі сонячної батареї та світлодіодних джерел світла, заявл. 22.04.2019, опубл. 25.09.2019, Бюл. № 18. 10 с.
31. Коваль Л. М. Патент 135975 Україна. МПК F21S 4/00, F21S 10/00. Світильник на світлодіодах, заявл. 25.02.2019, опубл. 25.07.2019, Бюл. № 14. 8 с.

Публікація тез доповідей на конференціях

32. Коваль Л. М. Світлова проекція як засіб формування предметно-просторового середовища // Тиждень науки: тези доповідей науково-практичної конференції, м. Запоріжжя, 15–19 квітня 2013 р. / редкол.: Ю. М. Внуков (відпов. ред.) та ін. Запоріжжя: ЗНТУ, 2013. С. 197–200.
33. Сгорченков В., Коваль Л., Радомцев Д., Сергейчук О. Аналіз заходів з підвищення енергоефективності у новій редакції норм з природного і штучного освітлення // Інтегровані енергоефективні технології в архітектурі та будівництві: тези доповідей дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції «Енергоінтеграція-2019», м. Київ, 24–26 квітня 2019 р. Київ: КНУБА, 2019. С. 6–7. *Особистий внесок здобувача*: аналіз заходів з підвищення енергоефективності штучного освітлення у новій редакції ДБН В.2.5-28:2018.
34. Коваль Л. М. Основні етапи розвитку світлового дизайну // Актуальні проблеми світлотехніки: матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції в рамках Світлотехнічного міжнародного форуму «LIGHT FORUM-2019», м. Харків, 14–16 травня 2019 р. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. С. 68–69.
35. Коваль Л. М. Сучасні способи імітації природного освітлення в дизайні інтер'єру // Сучасні світові тенденції розвитку науки, технологій та інновацій: матеріали науково-практичної конференції, м. Ужгород, 28–29 червня 2019 р. Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2019. С. 12–15.
36. Коваль Л. М. Світловий дизайн внутрішнього простору віденського Собору Святого Стефана // Традиції та нові наукові стратегії у Центральній та Східній Європі: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Київ, 28–29 червня 2019 р. / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. Київ: ГО «Інститут інноваційної освіти», 2019. С. 127–129.
37. Tregub A., Koval L. Emotional and communicative aspect of light in visual screen culture // Wiadomości o postępie naukowym i rzeczywistych badaniach naukowych współczesności: kolekcja prac naukowych «ΛΟΓΟΣ» z materiałami Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, Krakow, 17 czerwca 2019 r. Krakow: OP «Europejska platforma naukowa», 2019. Tom 4, S. 6–7. *Особистий внесок здобувача*: аналіз впливу світла на формування емоцій при візуальному сприйнятті різних світлових екранів.

38. Коваль Л. М. Основні тенденції розвитку дизайну світильників // Модернізація та наукові дослідження: інтеграція науки та практики: матеріали науково-практичної конференції, м. Одеса, 26–27 липня 2019 р. Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2019. С. 16–20.
39. Коваль Л. М. Комплекс практичних завдань з дизайну освітлення інтер'єру // Інноватика в сучасній освіті та науці: теорія, методологія, практика: матеріали II Міжнародного літнього наукового симпозиуму, м. Одеса, 26–27 липня 2019 р. / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. Одеса: ГО «Інститут інноваційної освіти», 2019. С. 92–93.
40. Koval L. Main types of light projection // Development of modern technologies and scientific potential of the world: coll. of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with materials of the International scientific-practical conf., London, July 29, 2019. London: NGO «European Scientific Platform», 2019. V. 1. P. 70–72.
41. Koval L. Main issues of LED luminaires design and approaches to implementation of LED as light sources // Die Relevanz und die Neuheit der modernen wissenschaftlichen Studien: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, (Wien, 23 August, 2019. Wien: NGO «Europäische Wissenschaftsplatform», 2019. B. 1. S. 7–9.
42. Koval L. Compositional features of the use of luminous paints in art and design // Perspectives et mise en oeuvre de l'innovation dans le domaine scientifique: collection de papiers scientifiques «ΛΟΓΟΣ» avec des matériaux de la conférence scientifique et pratique internationale, 20 septembre, 2019. Genève, Suisse: Plateforme scientifique européenne. Vol. 2. P. 103–104. DOI: 10.36074/20.09.2019.v2.09. (*Матеріали конференції індексуються в ORCID, Publons, Google Scholar, тощо*).
43. Koval L. Features of artificial lighting which is consistent with human biorythms // International Scientific Conference Relevant Issues of the Development of Science in Central and Eastern European Countries: Conference Proceedings, September 27, 2019. Riga, Latvia: Baltija Publishing. P. 70–73. DOI: https://doi.org/10.30525/978-9934-588-11-2_22.
44. Коваль Л. М. Основні напрямки застосування вечірнього і нічного освітлення пришкольних територій // Scientific discoveries: projects, strategies and development: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, October 25, 2019. Edinburgh, UK: European Scientific Platform. Vol. 3. P. 130–132. DOI: 10.36074/25.10.2019.v3.13. (*Матеріали конференції індексуються в ORCID, Publons, Google Scholar, тощо*).
45. Koval L., Tregub A. Archetypal prototypes of various artificial lighting systems // II International Scientific Conference Scientific Development of New Eastern Europe: Conference Proceedings, Novembre 15th, 2019. Riga, Latvia: Baltija Publishing. P. 1–2. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-13-6-1>. *Особистий внесок здобувача: визначення характерних особливостей різних систем штучного освітлення.*
46. Коваль Л. М. Штучне освітлення шкільних приміщень різного призначення // Problèmes et perspectives d'introduction de la recherche scientifique innovante: collection de papiers scientifiques «ΛΟΓΟΣ» avec des matériaux de la conférence scientifique et pratique internationale, 29 novembre, 2019. Bruxelles, Belgique: Plateforme scientifique européenne. Vol. 7. P. 112–114. DOI: 10.36074/29.11.2019.v7.08. (*Матеріали конференції індексуються в ORCID, Publons, Google Scholar, тощо*).

47. Koval L. The use of regular and irregular polyhedra for the design of lampshades for LED luminaires // Theoretical and empirical scientific research: concept and trends: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, July 24, 2020. Oxford, United Kingdom: Oxford Sciences Ltd. & European Scientific Platform. Vol. 4. P. 114–116. DOI: 10.36074/24.07.2020.v4.32 (*Матеріали конференції індексуються в CrossRef, ORCID, Google Scholar, ResearchGate, OpenAIRE and OUCI, тощо*).

Додаткові публікації

48. Коваль Л. М. Композиційні доміанти у формуванні смислових груп проектно-образних рішень освітлення предметно-просторового середовища засобами LED-технологій // Теорія та практика дизайну: зб. наук. пр. Київ: «Дія», 2015. Вип. 7. С. 83–91.
49. Коваль Л. М. Вплив різних видів LED-динаміки на формування проектно-образних рішень освітлення предметно-просторового середовища // Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті. Харків: ХДАДМ, 2015. № 3. С. 77–81.
50. Koval L. M. LED-technologies as a Means of Post-Industrial Illumination Design of Object Spatial Environment // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв: зб. наук. пр. / за ред. В. Я. Даниленка. Харків: ХДАДМ, 2015. № 5. С. 17–22.
51. Коваль Л. М. Загальні композиційні тенденції в світловому дизайні предметно-просторового середовища засобами LED-технологій // Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв: зб. наук. пр. / за ред. В. Я. Даниленка. Харків: ХДАДМ, 2015. № 3. С. 9–14.
52. Коваль Л. М. Естетика світло-кольорового середовища інтер'єру // Мистецтвознавчі записки: зб. наук. праць. Київ: Міленіум, 2012. Вип. 22. С. 199–204.
53. Коваль Л. М. Каталог робіт 2011–2016. Запоріжжя: Просвіта, 2016. 44 с., іл. (*Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 69447*).
54. Коваль Л. М. Робоча програма з дисципліни «Робота в матеріалі (освітлення інтер'єру)» за спеціальністю «Дизайн» (затв. на зас. каф. пр. № 10 від 23.06.2016). Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. 12 с.
55. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення / Мінрегіон України. Київ, 2018. 133 с. *Особистий внесок здобувача*: загальне форматування та технічне редагування тексту і таблиць завершального проєкту та остаточної редакції стандарту, уточнення понять: «зовнішнє архітектурне (архітектурно-художнє) освітлення», «освітлювальний прилад»; внесення пропозиції, яка увійшла в одну з версій проєкту стандарту, щодо розширення таблиці експлуатаційних груп світильників відповідно до їх конструктивно-світлотехнічних схем за рахунок доповнення світильниками зі світлодіодами; участь у погодженні положень стандарту щодо світлодіодного освітлення.
56. Коваль Л. М. Експериментальні дослідження формоутворюючих властивостей кольору // Тиждень науки: тези доповідей науково-практичної конференції, м. Запоріжжя, 14–18 квітня 2014 р. / редкол.: Ю. М. Внуков (відпов. ред.) та ін. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. С. 81–82.
57. Коваль Л. М. Психологическое воздействие светового цвета на жизнедеятельность человека // Актуальные проблемы мировой художественной культуры: материалы Междунар. науч. конф., посвящ. памяти проф. У. Д. Розенфельда, Гродно, 5–6 апр. 2012 г. В 2 ч. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: Т. Г. Барановская (гл. ред.) [и др.]. Гродно: ГрГУ, 2012. Ч. 2. С. 104–109.

АНОТАЦІЯ

Коваль Л. М. Естетико-технологічні закономірності дизайну енергоефективного світлового середовища приміщень. – *Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.01.03 – технічна естетика. – Київський національний університет будівництва і архітектури. – Київ, 2021.

Роботу присвячено вирішенню наукової проблеми щодо формування енергоефективного світлового середовища приміщень на основі виявлення естетико-технологічних закономірностей забезпечення засобами дизайну високих якісних параметрів освітлення.

Актуальність теми дослідження обумовлена появою наприкінці ХХ – на початку ХХІ ст. ст. джерел світла (світлодіодів) з високими показниками енергоефективності, актуалізацією проблем енергозбереження та раціонального використання невичерпних джерел енергії, необхідністю створення комфортного світлового середовища приміщень, диференційованого відповідно до потреб кожного користувача, спрямованого на стимулювання працездатності і збереження здоров'я людей, при цьому, забезпеченого з дотриманням сучасних вимог щодо енергоефективності.

У дисертації проведено систематизацію технологічних прийомів застосування світла та визначено їх естетичні прояви в мистецтві і дизайні. Проаналізовано естетику світлових картин, у результаті чого експериментально встановлені візуальні результати поєднання графіки, живопису та аплікації із внутрішнім світлодіодним освітленням. Визначено специфіку дизайнерського проектування світлодіодних світильників і освітлювальних систем прямого та розсіяного світла. Установлені шляхи гармонійного поєднання природного та штучного світла, при формуванні суміщеного освітлення, та засоби взаємозв'язку зовнішнього світлового середовища з простором приміщення.

Окреслені сучасні можливості щодо нормування штучного освітлення приміщень, узгодженого з біоритмами людини, та запропонована концепція міждисциплінарного дослідження естетичного і психофізіологічного сприйняття кольорового освітлення. На основі встановлених технологічних засобів втілення та естетичних складових, визначені естетико-технологічні закономірності дизайну енергоефективного освітлення в приміщеннях будівель. У процесі роботи уточнено основні дефініції щодо дизайну освітлення приміщень та виявлено межі компетентності проектної діяльності зі світлового дизайну та світлової архітектури за принципом масштабності сприйняття. Здійснено структурування еволюції дизайну освітлювальних приладів у контексті застосування різних джерел світла та історії використання фізіологічного і психологічного впливу світла на організм людини. На прикладі серії практичних завдань для студентів-дизайнерів, запропоновано комплексний підхід до проектування світлового середовища інтер'єру, завдяки створенню різних варіантів освітлення у межах одного простору.

Теоретичне значення дослідження полягає в тому, що в дисертації розроблений інноваційний напрям у технічній естетиці і теорії дизайну – вивчення закономірностей дизайну енергоефективного освітлення, які впливають на створення комфортного світлового середовища приміщень як в естетичному, так і в

психофізіологічному сенсі. Дослідження може бути корисним для галузей, дотичних до теми освітлення і його енергоефективності. У контексті цього теоретичне обґрунтування показників оптимального світлового середовища та використання для його втілення новітніх освітлювальних технологій може слугувати основою для подальших досліджень у галузях світлотехніки, архітектури та містобудування.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що основні положення і висновки роботи можуть бути використані при проектуванні світлового середовища приміщень сучасних енергоефективних будівель, а також для оптимізації і підвищення енергоефективності наявних систем освітлення. Результати дослідження можуть бути використані і при складанні навчальних посібників за спеціальностями дизайнерського і архітектурного профілю. Серії розроблених у межах цієї розвідки світлодіодних світильників прямого і розсіяного світла потенційно готові до промислового застосування і можуть бути впроваджені у виробництво. Розроблена автономна система освітлення на основі сонячної батареї та світлодіодних джерел світла, може застосовуватися у новобудовах та інтегруватися у будівлі, зокрема з багатоповерховими житловими комплексами.

Ключові слова: дизайн, світлове середовище приміщення, енергоефективність, освітлення будівель, світильники, світлодіоди.

SUMMARY

Koval L. M. Aesthetic and technological principles of design of energy-efficient indoor light environment. – *Qualification scientific work on the manuscript.*

Thesis for the degree of doctor of technical sciences in specialty 05.01.03 – industrial aesthetics. – Kyiv National University of Construction and Architecture. – Kyiv, 2021.

The dissertation proposes a solution to a scientific problem of creating the energy-efficient indoor light environment, based on the definition of aesthetic and technological principles of maintenance of high-quality parameters of lighting through design techniques.

The relevance of the research topic is determined by the emergence (in the late XX – early XXI century) of light sources (LEDs) with high energy efficiency properties; actualization of issues connected with energy-saving and rational use of inexhaustible energy sources; the need to create a comfortable indoor lighting environment, differentiated according to the needs of each user, aimed at fostering efficiency and maintaining human health while ensuring compliance with modern requirements for energy efficiency. The dissertation systematizes technological methods of light application and determines their aesthetic manifestations in art and design. The modern opportunities for standardization of artificial indoor lighting, coordinated with human biorhythms are outlined and the concept of interdisciplinary research of aesthetic and psychophysiological perception of colour lighting is offered.

As part of the luminous pictures aesthetics study, possible visual results of the combination of graphics, painting and applications with internal LED lighting have been experimentally established. For painting, the visual result of such a combination can be expressed in a change in the picture coloristics, and for conditional painting – in reducing the contrast of the image. The visual result of combining black and white graphics with

internal LED lighting can be expressed in a change of background colour, and for a graphic multilayer picture – in the exposure of all layers and the formation of a single polychrome image. A combination of a multilayer application picture with light can be expressed in the exposure of all layers and the formation of a single monochrome image; the number of its tonal gradations is determined by the number of layers.

The specifics of LED luminaires and direct lighting systems design is determined. It implies a list of certain techniques. These include increasing the overall light efficiency of a luminaire by directing the axes of each source parallel to the luminaire axis (perpendicularly to the illuminated space). Besides, it presumes improving the thermal regime of a luminaire by using as large an area as possible for mounting LEDs, employing aluminium or heat-conducting plastic as a material for manufacturing reflectors and providing holes in the outer limiting surface of the reflector shell. Another technique is to ensure the variability of a luminaire light distribution, by means of LEDs with different angles of radiation and autonomous control of their small groups. Softening multiple shadows is possible by placing LEDs at a minimal possible distance between their centres. At this, using the proposal for determination of the LED luminaires light distribution basing on the shape of their luminous surface, it is discovered that when placing LEDs on the reflector surface, directing their axial light forces parallel to the axis of the luminaire (perpendicularly to the illuminated space), efficiency coefficient is 5 % higher than when placing LEDs, directing their axial forces of light normally to the mounting surface.

Besides, the specifics of LED luminaires and scattered light lighting systems design has been defined. It presumes certain techniques in order to avoid a monotonous light environment formed by scattered light. The main technique is to variate the luminaires and lighting systems shapes by using complex and structured light-scattering surfaces for their formation. An additional technique is to enrich the lighting colour with the help of nuanced differences in the colour temperature of light from individual luminaires amongst those comprising the overall lighting system.

The ways of a harmonious combination of natural and artificial light while creating combined lighting, as well as the means of interconnection of the external light environment with indoor space are established. It is determined that daylight should be taken for the prototype of any functional work lighting system, and flame light – as a prototype of lighting systems designed for recreation and communication. In this case, we can distinguish three main technological methods of functional artificial lighting design, whose properties are close to natural lighting. The first means the imitation of only that part of daylight scenario when the light intensity is sufficient, and light distribution produces a positive emotional and psychological impact. The second one presumes a combination of scattered and direct light, as well as the use of sources of different colour temperatures. The third implies coordinating the dynamics of the functional 24-hour daily cycle artificial lighting system with the provision of unnoticeable transitions between light scenes.

Aesthetic and technological principles of energy-efficient indoor lighting design have been determined through their aesthetic components and technological means of their embodiment. Thus, *the principle of indoor lighting design in the time context* is manifested through the compliance of the lighting environment aesthetics to the emotional needs of a user depending on the time (period) of the day. The principle

expressed as *a search for optimal solutions for the combination of natural and artificial lighting systems* is manifested through the aesthetic coherence of indoor and outdoor spaces and a user's relationships with the aesthetics of nature and the aesthetics of the architectural environment. Such a principle as *the interdependence of energy efficiency improvement and indoor lighting environment quality* is manifested through the provision of individual aesthetic preferences of a user, based on general approaches to designing a comfortable indoor lighting environment.

In the course of the research, the basic definitions concerning the design of indoor lighting are specified and the limits of competence in project activity on light design and light architecture on the principle of scale of perception are revealed. The structuring of the evolution of lighting design in the context of different light sources employment and the history of the use of physiological and psychological effects of light on the human body. Employing a series of practical tasks for design students as an example, the author has elaborated a comprehensive approach to designing the interior lighting environment by creating different lighting options within one space.

The theoretical significance of the study is that the thesis developed a new direction in technical aesthetics and design theory – the study of design patterns of energy-efficient lighting, which affect the creation of a comfortable lighting environment in a both aesthetic and psychophysiological sense. Furthermore, this study can be useful for industries, related to lighting and its energy efficiency. The theoretical results of the dissertation are introduced into the practical design and fine arts as created luminous pictures and manufactured LED luminaires, exhibited at solo and group exhibitions.

The practical significance of the principal study results is that the principal conclusions and results of the thesis can be used in designing the lighting environment of modern energy-efficient buildings with automation, monitoring and management systems (AMMS) class A, as well as to optimize and improve energy efficiency in buildings with AMMS systems of classes B–D according to the classification of their efficiency according to ДСТУ Б EN 15232: 2011. Besides, the results of this dissertation research can be used in architectural and design educational establishments for the preparation of guidelines, textbooks or chapters devoted to indoor lighting. The series of direct and diffused LED luminaires designed within the framework of this study (Patents of Ukraine № 135975, 130594, 128832, 125747, 121313, 112427, 92473) are potentially ready for industrial application and can be implemented in both small-scale and mass production. The developed autonomous lighting system based on a solar battery and LED light sources (Patent of Ukraine № 137082) can be used in new buildings and integrated into existing buildings, including multistoried blocks of flats.

The thesis also has a social effect, as it contributes to the creation of a comfortable indoor light environment, differentiated according to the needs of each user and aimed at promoting efficiency and maintaining human health while ensuring compliance with modern requirements for energy efficiency.

Key words: design, indoor light environment, energy efficiency, lighting of buildings, luminaires, light-emitting diodes.

Наклад 100. Папір офсетний. Ум.-др. арк. 1,9.
Підписано до друку 23.03.2021. Замовлення 151.

Надруковано в «МП Леся».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб'єктів видавничої справи серія ДК № 892 від 08.04.2002.

«МП Леся»
03148, Київ, а/с 115.
Тел./факс: (066) 60-50-199, (068) 126-49-26
E-mail: lesya3000@ukr.net