

Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України № 975 від 11.07.2019). Спеціальності – 051, 071, 072, 073, 075, 076, 292. Ефективна економіка. 2025. № 3.

DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.3.77>

УДК 628.9:330.3

*В. Р. Колісник,
аспірант кафедри економічної кібернетики та інформатики,
Західноукраїнський національний університет
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3152-0887>*

ЦИФРОВЕ ОСВІТЛЕННЯ У КОМЕРЦІЙНІЙ НЕРУХОМОСТІ: ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТА РОЛЬ СИСТЕМИ DALI

*V. Kolisnyk,
Post-graduate student of the Department of Economic Cybernetics and
Informatics, West Ukrainian National University*

DIGITAL LIGHTING IN COMMERCIAL PROPERTY: ECONOMIC BENEFITS AND THE ROLE OF THE DALI SYSTEM

У статті досліджується економічна ефективність цифрового освітлення у комерційній нерухомості, зокрема його вплив на оптимізацію витрат, енергозбереження та підвищення рентабельності об'єктів. Розглянуто ключові переваги впровадження таких систем, включно зі зменшенням експлуатаційних витрат, підвищенням продуктивності працівників, можливістю інтеграції в загальну систему управління будівлею (BMS), гнучкістю налаштування та управління, збільшенням експлуатаційних можливостей будівель. Також проаналізовано потенційні

бар'єри, такі як висока початкова вартість інвестицій та потреба в кваліфікованому технічному обслуговуванні. Дослідження свідчать про стабільне зростання цифровізації освітлення, що зумовлено технологічними інноваціями в цій сфері та зростаючим попитом на ефективні, економічні й екологічні рішення. Незважаючи на те, що технологія розумного освітлення відносно нова, вона має великий потенціал. Здатність автоматизувати та налаштовувати інтелектуальні системи освітлення стимулює їх зростання.

Розглянуто основні існуючі системи керування освітленням. Окрема увага приділена протоколу DALI (Digital Addressable Lighting Interface) як стандарту, що дозволяє гнучко управляти освітленням і мінімізувати зайві витрати на електроенергію. Визначено його роль у реалізації стратегій сталого розвитку та підвищення вартості нерухомості через модернізацію інженерних систем. Також, проаналізовано найновіші приклади використання цифрового освітлення та переваги від інтеграції в загальні системи комерційних будівель.

Зроблено висновок, що цифрове освітлення на базі DALI є ефективним інструментом економії та підвищення конкурентоспроможності комерційних об'єктів у довгостроковій перспективі. Розумні освітлювальні рішення представляють зміну парадигми проектування, розгортання та управління освітленням у комерційних будівлях. Крім значних переваг у вартості та ефективності, розумне освітлення також робить приміщення приємнішим, клієнтоорієнтованими і готовим до майбутнього. Для організацій, які переслідують цілі сталого розвитку, наступним рубежем освітлення, безсумнівно, є цифрове. Настав час оцінити впровадження інтелектуальних систем освітлення, які прокладають шлях до створення інтелектуальних об'єктів, адаптованих до сучасного світу.

The article examines the cost-effectiveness of digital lighting in commercial property, in particular its impact on cost optimization, energy savings and

increased profitability of facilities. The key benefits of implementing such systems are considered, including reduced operating costs, increased employee productivity, the ability of integration into the overall building management system (BMS), flexibility of setting and management, increased operational capabilities of buildings. Potential barriers, such as high initial investment costs and qualified maintenance, are also analyzed. Research shows a steady growth in the digitalization of lighting, driven by technological innovations in this area and the growing demand for efficient, economical and environmentally friendly solutions. Although smart lighting technology is relatively new, it has great potential. The ability to automate and customize intelligent lighting systems are driving their growth.

Special attention is put to the DALI (Digital Addressable Lighting Interface) protocol as a standard that allows flexible lighting control and minimizes unnecessary electricity costs. Its role in implementing sustainable development strategies and increasing the value of real estate through the modernization of engineering systems is determined. Also, the latest examples of the use of digital lighting and the benefits of its integration into general commercial building systems are analyzed.

It is concluded that digital lighting based on DALI is an effective tool for cost-effectiveness and increasing the competitiveness of commercial facilities in the long term perspective. Today, LED lighting with smart capabilities has emerged as a game-changer, offering a wide range of benefits for businesses. Smart lighting solutions represent a paradigm shift in how lighting is designed, deployed and managed in commercial buildings. Beyond the significant cost and efficiency benefits, smart lighting also makes spaces more enjoyable, customizable and future-ready. For organizations pursuing sustainability goals, the next frontier of lighting is undoubtedly digital. The time is right to assess deployments of smart lighting systems that pave the path to creating intelligent facilities adapted for the modern world.

Ключові слова: DALI, цифрове освітлення, інтелектуальні системи, енергоефективність, керування, протокол, комерційний об'єкт

Keywords: DALI, digital lighting, intelligent systems, energy efficiency, control, protocol, commercial facility.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Сучасний розвиток комерційної нерухомості вимагає впровадження енергоефективних та економічно доцільних рішень, що сприяють оптимізації витрат та підвищенню конкурентоспроможності об'єктів. Одним із ключових напрямів модернізації є цифрове освітлення, яке дозволяє не лише знизити енергоспоживання, а й підвищити якість управління будівлями та покращити їх функціонал. В умовах зростання цін на електроенергію та посилення екологічних вимог, розширених споживацьких запитів використання інтелектуальних систем освітлення стає не лише технологічною необхідністю, а й економічно вигідним рішенням.

Одним із таких рішень є використання протоколу DALI (Digital Addressable Lighting Interface), який забезпечує індивідуальне керування освітлювальними приладами, автоматизацію та інтеграцію з іншими системами управління будівлею. Однак, попри очевидні переваги, комплексне впровадження цифрового освітлення зустрічається з низкою проблем, зокрема високими початковими інвестиціями та необхідністю адаптації бізнес-моделей управління нерухомістю.

Дослідження економічної ефективності цифрового освітлення та аналіз його впливу на операційні витрати комерційних будівель є актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору. Це дозволить сформувати рекомендації для оптимального впровадження таких систем, що сприятиме підвищенню прибутковості об'єктів нерухомості та сталому розвитку галузі та бізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В наукових працях як вітчизняних, так і зарубіжних фахівців чітко простежується думка про те, що цифровізація систем освітлення – це невід’ємна складова технологічного розвитку та економічної оптимізації комерційних будівель та підприємств. Д.В. Кислиця, Ю.О. Басова, С.Г. Кислиця, Г.М. Кожушко, Р.В. Захарченко у своєму дослідженні «Системи автоматичного керування освітленням – ефективний шлях економії електроенергії та підвищення якості освітлення» розглядають типові функції систем керування освітленням та перспективи їх розвитку [2].

У виданні центру Разумкова «Smart-інфраструктура у сталому розвитку міст: світовий досвід та перспективи України» розглядають цифровізацію міського освітлення у контексті безумовної економічної вигоди та безпеки, а також описують європейський досвід smart-освітлення [4]. Друбецька Т. досліджує різні методи освітлення та розробляє рекомендації для їх покращення [1].

У зарубіжних виданнях тема досліджується більш активно, це пов’язано насамперед із економічним розвитком країн та фінансовими можливостями бізнесів. Німецькі науковці К. Глок та Е. Грос у своїй книзі досліджують поточний стан технологій інтелектуального освітлення та потенційне застосування в умовах промислових складів [7].

Отже аналіз наукових досліджень свідчить, що цифровізація систем освітлення є одною із складових економічної оптимізації та енергоефективності комерційних будівель. Використання інтелектуальних технологій дозволяє знизити енергоспоживання, підвищити якість освітлення та забезпечити гнучке керування. Враховуючи позитивний європейський досвід і перспективи розвитку впровадження цифрового освітлення є важливим стратегічним елементом для підвищення конкурентоспроможності та сталого розвитку комерційної нерухомості.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Мета статті полягає в комплексному аналізі цифровізації освітлення в комерційній

нерухомості, виявлення основних переваг, недоліків та бар'єрів впровадження. Особлива увага приділяється протоколу DALI, який забезпечує гнучке налаштування, управління та оптимізацію енергоспоживання. Дослідження спрямоване на визначення перспектив розвитку цифрових освітлювальних технологій та їхньої економічної доцільності.

Виклад основного матеріалу дослідження. У останні десятиліття цифрові технології все більше проникають та охоплюють різні сфери нашого життя. Одним із ключових напрямів цифрової трансформації є автоматизація та комп'ютеризація усіх можливих процесів, що сприяє не лише зручності, але й збільшенню ефективності керування, зниженню витрат. Освітлення також не стало винятком, оскільки цифрові технології, розумні системи керування та стандартизовані протоколи передачі даних все активніше інтегруються у системи освітлення комерційних та побутових приміщень.

Одним із шляхів енергозбереження у світлотехнічній галузі є використання систем керування освітленням. На сьогоднішній день застосовуються системи аналогового та цифрового керування. До аналогових систем відносять систему 0-10V, де управління відбувається за допомогою зміни постійної напруги в діапазоні 0 – 10V. В цьому випадку на входи, що управляють освітлювальними установками, подається напруга у вказаному інтервалі і залежно від її величини встановлюється яскравість світлового приладу. Нульовій напрузі відповідає мінімальна яскравість, а значенню +10 В – максимальна. Даний метод дуже затратний та малофункціональний. Основною перевагою цифрових схем є комунікація, зв'язок між окремими пристроями, об'єднаними в систему [3].

Традиційний ручний режим перемикання значно відстав від вимог керування освітленням. Чи для економії енергії, чи для покращення якості освітлення, інтегрована інтелектуальна система керування освітленням є тенденцією керування освітленням і відповідає потребам у контролі [8].

Успішне застосування інтелектуальних систем освітлення можна побачити в різних галузях. У сучасних офісах вони сприяють зменшенню споживання електроенергії та створюють комфортні умови для роботи. У громадських місцях вуличне освітлення, яке автоматично адаптується до руху пішоходів, дозволяє ефективно використовувати енергію та підвищувати рівень безпеки. Навіть у приватних оселях такі технології стають дедалі доступнішими.

Сучасні інтелектуальні системи керування освітленням активно розвиваються завдяки впровадженню передових технологічних алгоритмів. Виробники освітлювального обладнання активно співпрацюють з ІТ-компаніями для успішної інтеграції новітніх рішень у сферу освітлення.

Інтеграція цифрових технологій сприяє не лише автоматизації освітлювальних процесів, а й формуванню нових підходів до організації світлового середовища, що, у свою чергу, впливає на продуктивність праці, енергоефективність, економію та вивільнення фінансових ресурсів.

Але у існуючих будівлях процес цифровізації освітлення відбувається значно складніше і не так гнучко та масштабно. Основна проблема – це наявність інфраструктурних обмежень.

Багато старих будівель, особливо тих, що побудовані до широкого впровадження цифрових технологій у будівельній галузі, мають обмеження щодо сумісності з новими системами автоматизації. Це створює додаткові труднощі при спробах інтегрувати цифрові технології в такі об'єкти, оскільки необхідна значна реконструкція, що включає суттєві витрати на ремонтні роботи, заміну кабелів, освітлювальних приладів та налаштування складних систем управління.

Крім того, важливим чинником є економічна ефективність впровадження цифрових систем у існуючих будівлях, оскільки значні початкові інвестиції в модернізацію можуть не завжди виправдовуватися в умовах вже наявних технічних обмежень та змінних витрат на експлуатацію. Однак, з огляду на постійне зростання вартості енергоносіїв та високі вимоги

до енергоефективності, перспективи цифровізації освітлення у існуючих будівлях все ж необхідно розглядати як елемент зменшення операційних витрат.

Комерційним будівлям, що здаються в оренду, традиційно надається менше уваги з точки зору оптимізації витрат на енергоспоживання, оскільки фінансове навантаження, зокрема за оплату електроенергії, здебільшого перекладається на орендаря. Це формує певний механізм, при якому власники нерухомості, на перший погляд, не мають стимулів до впровадження енергоефективних або цифрових систем освітлення. Однак в умовах зростаючої конкуренції на ринку оренди комерційної нерухомості, власники можуть отримати значні конкурентні переваги, пропонуючи потенційним орендарям більш енергетично ефективні та технологічно розвинуті приміщення.

Зокрема, це актуально для довгострокових орендних угод, де орендарі можуть бути зацікавлені в зниженні операційних витрат, таких як витрати на енергоспоживання, які можуть суттєво впливати на їхні фінансові результати. Орендарі офісних приміщень, торгових залів або промислових об'єктів часто мають потребу в оптимальному освітленні, яке не тільки забезпечує комфортну робочу атмосферу, але й дозволяє зменшити витрати на енергоспоживання.

Дослідження свідчать про стабільне зростання цифровізації освітлення, що зумовлено технологічними інноваціями в цій сфері та зростаючим попитом на ефективні, економічні й екологічні рішення. Однак цей процес, переважно, спостерігається в новому будівництві, де інтеграція сучасних цифрових технологій з самого початку є частиною проектування. У таких випадках є усі можливості для впровадження систем автоматизованого керування освітленням.

Наприклад, KNX — це універсальний стандарт автоматизації будівель, який використовується не лише для керування освітленням, а й для інтеграції інших систем: опалення, вентиляція, кондиціонування повітря, безпека.

Серед різних систем керування освітленням активно розвивається платформа ZigBee, яка надає користувачам можливість керувати світлодіодними лампами, світильниками та вимикачами. Ця технологія вже здобула значну популярність. Наприклад, у системі Philips Hue протокол ZigBee є найбільш поширеним інтелектуальним рішенням для управління освітленням.

Bluetooth Mesh — це порівняно новий протокол, який дозволяє масштабоване бездротове керування освітленням у великих приміщеннях і будівлях

Але найефективнішим рішенням для розробки інтелектуальних систем освітлення є використання універсальних протоколів [13].

Протокол DALI (Digital Addressable Lighting Interface) є одним із найбільш поширених та доступних рішень для цифровізації освітлення в комерційних об'єктах. DALI виникла наприкінці 1990-х і була визначена в IEC60929. Відтоді він був суттєво модифікований. Поточна (2020) версія DALI називається DALI-2, і це визначено в IEC62386 [13].

Розроблена на основі принципу децентралізованого інтелекту, тому кожен пристрій DALI має пам'ять, в якій зберігається вся необхідна інформація про пристрій, включаючи діагностичну, яка знижує технічні вимоги до системи управління і обсяг даних, переданих по шині. Лінія DALI-інтерфейсу двобічна, що дозволяє передавати інформацію як від контролера до периферійних пристроїв, так і назад. Можливе управління до 64 пристроїв по одній шині, на кожному просторі можна утворювати до 16 варіантів сцен [8].

Існує дуже широкий асортимент продуктів керування освітленням із підтримкою DALI від усіх провідних виробників, і зараз це загальновизнаний світовий стандарт керування освітленням [13]. Це дає змогу знизити витрати на закупівлю обладнання та забезпечує високий рівень гнучкості при виборі постачальників.

DALI став популярним завдяки своїй здатності дозволяти ефективно керування освітленням через цифрову комунікацію, що надає великий потенціал для підвищення енергоефективності, зручності та автоматизації у комерційних будівлях.

На відміну від інших вище зазначених розумних систем та протоколів, DALI та DALI-2 були розроблені спеціально для керування освітленням, а набір команд DALI-2 містить багато команд, що стосуються освітлення. До них входять команди та функції для затемнення, зміни кольору, налаштування сцени, аварійного тестування та зворотного зв'язку, циркадного освітлення. Існує дуже широкий спектр компонентів керування освітленням, особливо світлодіодних драйверів, які підтримують пряме з'єднання DALI [13].

Енергоефективність – це одна з основних переваг використання DALI в комерційних об'єктах. Система дозволяє автоматично регулювати інтенсивність освітлення в залежності від часу доби, рівня природного освітлення або присутності людей у приміщенні. За допомогою датчиків руху та освітленості система може знижувати або підвищувати освітлення в залежності від реальних потреб, що дозволяє значно зменшити споживання енергії.

Інтерфейс DALI дозволяє здійснювати налаштування та керування освітленням через прості програмовані панелі або мобільні додатки, що робить управління системою зручним для користувачів. Налаштування системи не вимагає складних технічних знань, що робить її доступною навіть для тих, хто не має спеціалізованих знань в області електроніки чи автоматизації. Всі налаштування та зміни в системі можна здійснювати дистанційно, без необхідності в фізичному доступі до кожного пристрою, що знижує витрати на технічне обслуговування.

Підвищення комфортності: Динамічне регулювання освітлення забезпечує комфортну атмосферу для людей, що перебувають у приміщенні,

що є важливим аспектом для таких об'єктів, як офіси або торгові приміщення.

DALI допомагає забезпечити високу ефективність освітлення на великих площах, автоматизуючи процеси управління освітленням і знижуючи ризики, пов'язані з людським фактором. За різними підрахунками, економія електроенергії при залученні такої системи складає 20-40% в залежності від типу приміщень та умов використання [9].

Проте в сучасному світі все більше звертають увагу не лише на економію, а й на універсальність, багатофункціональність та можливість створення нового емоційного досвіду. І тут використання розумного освітлення, та зокрема можливостей DALI розкриваються на повну [10].

Далі наведено лише декілька прикладів використання такого типу «розумного освітлення», які розкривають найсильніші сторони цієї системи та її привабливість для комерційних об'єктів різного типу:

Synapse Wireless для Uline Store C6 в Онтаріо, Каліфорнія - великий критий склад площею понад 1 мільйон квадратних футів, який чудово використовує можливості DALI. Проект включає понад 4000 світильників із драйверами D4i, з'єднаних бездротовими мережевими контролерами освітлення.

Дані DALI дозволяють системі заощаджувати електроенергію, відповідати суворим енергетичним нормам і надавати сповіщення, коли освітлення не працює належним чином. Оскільки фактичне споживання електроенергії вимірюється, клієнт може програмувати та застосовувати стратегії для збереження енергії.

Датчики світла забезпечують використання денного світла, що дозволяє оптимально використовувати 76 мансардних вікон у приміщенні. Контроль DALI забезпечує плавне затемнення, що забезпечує максимальний комфорт для працівників.

Контролер Synapse зчитує кожен світильник щодня 15 хвилин, щоб зібрати дані про спожиту енергію, а система збирає дані в хмару для аналітики та

розрахунків енергозбереження. Освітлення DALI допомогло зменшити споживання енергії на 28% завдяки реалізації стратегій планування та контролю [12].

Тематичний парк Chimelong Spaceship у Чжухаї, Китай. Найбільший у світі критий тематичний парк і найбільший музей морської науки загальною площею близько 400 000 квадратних метрів.

Весь проект включає понад 10 000 комплектів освітлювальних приладів DALI, керованих 181 контролером DALI. Використання технології цифрового затемнення DALI забезпечує індивідуальне керування, точне затемнення та контроль кольору всіх світильників.

Крім того, DALI інтегровано в систему управління будівлею (BMS) для централізованого керування приладами та контролю часу роботи та стану справності кожного приладу [5].

Готель Ritz Carlton, Мельбурн, Австралія. Інтелектуальна система освітлення, що складається з приблизно 365 систем DALI та 18 000 світильників DALI, розгорнута по всьому готелі від номерів до громадських зон, включаючи коридори та оздоровчі зони [11].

У номерах DALI контролює понад 9500 світильників у готелі. Діагностичні дані з системи DALI дозволяють проводити проактивне технічне обслуговування та гарантують, що жоден гість ніколи не подзвонить, щоб повідомити про несправність світильника. Попередження DALI одразу надходять інженерам готелю, а несправності можна усунути за лічені хвилини. Інтуїтивно зрозуміла інформаційна панель дозволяє персоналу створювати пару з новим приладом, який потім отримуватиме всю інформацію про сцену та групу та працюватиме негайно. DALI пропонує можливість ідеально налаштувати кожен світильник відповідно до творів мистецтва чи декору в кожній кімнаті, забезпечуючи гнучкість і атмосферу, яку високо цінує Ritz Carlton [11].

Освітлення є частиною системи управління гостьовою кімнатою (GRMS), яка може інтелектуально закривати жалюзі, вимикати освітлення та

регулювати кондиціонер, коли гість залишає кімнату. Після повернення гостя система просто відновлює всі налаштування.

Цей проект характерний інтегрованим використанням широкого спектру функцій DALI для створення витонченого середовища для гостей, а також простотою використання та гнучкістю як частини цілісної системи для всього готелю.

Глобальний інноваційний науково-дослідний центр Estée Lauder, Шархай, Китай, займає загальну площу 11 500 квадратних метрів і спроектований відповідно до стандартів LEED Platinum і WELL Platinum, з інтелектуальною системою керування освітленням. Після всебічної оцінки DALI було визнано найбільш економічно ефективною системою, яка найкраще відповідає вимогам цих стандартів [6].

Освітлювальні прилади для дослідницьких лабораторій використовують драйвери D4i, які не тільки автоматично регулюють інтенсивність світла залежно від зайнятості та денного світла, але й надають Estée Lauder інформацію про термін служби лампи, діагностику несправностей та споживання енергії.

У той же час у сенсорній лабораторії та медіа-центрі вдосконалене регульоване біле динамічне освітлення DALI DT8 покращує здоров'я працівників.

Система освітлення інтегрована з системою керування шторами, яка динамічно регулює висоту відкривання та закривання штор залежно від умов денного освітлення. У поєднанні з технологією затемнення D4i це забезпечує додаткові 10% економії витрат на освітлення та кондиціонування повітря.

Уніфікований і відкритий стандарт протоколу DALI дозволяє використовувати освітлювальні прилади міжнародних брендів, таких як Philips, Belux і Flos, надаючи Estée Lauder більший вибір освітлювальних приладів [6].

Таким чином, DALI є ефективним і доступним інструментом для цифровізації освітлення в комерційних об'єктах, забезпечуючи не лише

економію енергії та зручність в управлінні, але й підвищення привабливості об'єкта на конкурентному ринку.

Висновки та перспективи подальших розвідок у даному напрямі.

Цифрове освітлення відіграє ключову роль у зниженні експлуатаційних витрат комерційної нерухомості, підвищенні енергоефективності та створенні комфортного середовища для користувачів. Використання сучасних технологій, таких як автоматизоване керування та адаптивне освітлення, дозволяє значно скоротити споживання електроенергії та мінімізувати витрати на обслуговування систем.

Система DALI є важливим елементом цифрового освітлення, що забезпечує гнучке та ефективне управління світлом. Результати досліджень та практичні кейси свідчать, що впровадження цифрового освітлення з використанням DALI сприяє економії електроенергії до 20-40% у порівнянні з традиційними рішеннями. Це робить таку систему не лише вигідною, а й необхідною складовою сучасної комерційної нерухомості.

Таким чином зважаючи на швидку еволюцію технологій у сфері цифрового освітлення, доцільним є подальше дослідження можливостей інтеграції DALI з іншими інтелектуальними системами, а також оцінка довгострокових економічних та екологічних ефектів від впровадження таких рішень у масштабах комерційної нерухомості.

Література

1. Друбецька Т., Мітяєв Д. Дослідження методів освітлення та розробка рекомендацій по їх покращенню. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2023.276070> (дата звернення: 18.01.2025).
2. Кислиця Д., Басова Ю., Кислиця С., Кожушко, Р., Захарченко С. Системи автоматичного керування освітленням – ефективний шлях економії електроенергії та підвищення якості освітлення. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.4.031> (дата звернення: 18.01.2025).

3. Курочкін Д. О. Аналіз систем керування зовнішнім освітленням.
URL:
https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/28753/2/TPARP_2019_Kurochkin_D_O-Analysis_of_external_307-308.pdf (дата звернення: 18.01.2025).
4. Маркевич К. Smart-інфраструктура у сталому розвитку міст: світовий досвід та перспективи України / Аналітична доповідь. URL:
<https://razumkov.org.ua/uploads/other/2021-SMART-%D0%A1YTI-SITE.pdf>
(дата звернення: 18.01.2025).
5. DALI Alliance Awards 2023. URL: https://www.dali-alliance.org/awards2023/architectural_entertainment.html (дата звернення: 18.01.2025).
6. Exciting News! Alhaluce Lights Up Estee Lauder Innovation Research Center in Shanghai!. URL:
<https://www.superalhaluce.com/blog/Exciting-News-ALPHALUCE-Lights-Up-Est%C3%A9bid-316553480.html> (дата звернення: 18.01.2025).
7. Glock C., Grosse E. Warehousing 5.0. URL:
<https://www.warehousing50.com/> (дата звернення: 18.01.2025).
8. How LED High Bay Light Work with DALI Control in Factory. URL:
<https://www.agcled.com/blog/how-led-high-bay-light-work-with-dali-control-in-factory.html> (дата звернення: 18.01.2025).
9. Matalan Goes Wireless, Saves Energy. URL:
<https://learnd.co.uk/case-study/matalan-goes-wireless-saves-energy/> (дата звернення: 18.01.2025).
10. Rees M. Internet of Things & Energy Efficiency Fund. *European Investment Bank*. URL: <https://www.eib.org/en/stories/internet-of-things-energy-efficiency-fund> (дата звернення: 18.01.2025).
11. Ritz-Carlton VIC. URL: <https://bb3.net.au/ritz-carlton-vic/> (дата звернення: 18.01.2025).

12. Vazquez S. Enhanced Smart Lighting Systems to Save Energy for Buildings. URL: <https://www.csemag.com/articles/enhanced-smart-lighting-systems-to-save-energy-for-buildings/> (дата звернення: 18.01.2025).

13. Wat is Dali? URL: <https://www.nvcuk.com/technical-support/view/what-is-dali-8> (дата звернення: 18.01.2025).

References

1. Drubetska, T. and Mitiaiev, D. (2023), "Study of the illumination and development of recommendations for its improvement", *Naukovyj zhurnal «Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia»*, vol. 1 (71). DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2023.276070>.

2. Kyslytsia, D., Basova, Y., Kyslytsia, S., Kozhushko, H. and Zakharchenko, R. (2024), "Automatic lighting control systems-an effective way to save electricity and improve lighting quality", *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zv'iazku*, vol. 4, no. 78. DOI: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.4.031>.

3. Kurochkin, D.O. (2019), "Analysis of external lighting control system", available at: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/28753/2/TPARP_2019_Kurochkin_D_O-Analysis_of_external_307-308.pdf (Accessed 18 January 2025).

4. Markevich, K. (2021), "Smart infrastructure in sustainable urban development: global experience and prospects for Ukraine. Analytical report", available at: <https://razumkov.org.ua/uploads/other/2021-SMART-%D0%A1YTI-SITE.pdf> (Accessed 18 January 2025).

5. DALI (2023), "DALI Alliance Awards 2023", available at: https://www.dali-alliance.org/awards2023/architectural_entertainment.html (Accessed 18 January 2025).

6. Alphaluce (2023), "Exciting News! Alphaluce Lights Up Estee Lauder Innovation Research Center in Shanghai", available at: https://www.superalphaluce.com/blog/Exciting-News-ALPHALUCE-Lights-Up-Est%C3%A9e_bid-316553480.html (Accessed 18 January 2025).

7. Glock, C. and Grosse, E. (2024), “Warehousing 5.0.”, available at: <https://www.warehousing50.com/> (Accessed 18 January 2025).
8. “How LED High Bay Light Work with DALI Control in Factory”, available at: <https://www.agcled.com/blog/how-led-high-bay-light-work-with-dali-control-in-factory.html> (Accessed 18 January 2025).
9. learnd (2022), “Matalan Goes Wireless, Saves Energy”, available at: <https://learnd.co.uk/case-study/matalan-goes-wireless-saves-energy/> (Accessed 18 January 2025).
10. Rees, M. (2024), “Internet of Things & Energy Efficiency Fund”, *European Investment Bank*, available at: <https://www.eib.org/en/stories/internet-of-things-energy-efficiency-fund> (Accessed 18 January 2025).
11. bluebottle (2024), “Ritz-Carlton VIC”, available at: <https://bb3.net.au/ritz-carlton-vic/> (Accessed 18 January 2025).
12. Vazquez, S. (2024), “Enhanced Smart Lighting Systems to Save Energy for Buildings”, available at: <https://www.csemag.com/articles/enhanced-smart-lighting-systems-to-save-energy-for-buildings/> (Accessed 18 January 2025).
13. NVC Lighting (2024), “What is Dali?” available at: <https://www.nvcuk.com/technical-support/view/what-is-dali-8> (Accessed 18 January 2025).

Стаття надійшла до редакції 27.02.2025 р.