

Л. Д. Третякова, д-р. техн. наук, професор, **ORCID 0000-0001-5244-746X**
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
С.В. Костриця, аспірант, **ORCID 0000-0002-7729-2844**
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

SMART ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТЛЕННІ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Анотація. Проаналізовано наявні «smart» технології в системах внутрішнього освітлення виробничих приміщень, впровадження яких дає можливість вирішити поставлені завдання – забезпечити сумісність нормативних вимог, світлотехнічних характеристик, електротехнічних параметрів, фінансових та ергономічних показників. Запропоновано під час вибору проєкту модернізації системи освітлення орієнтуватися на коефіцієнт витрат, який поєднує основні світлотехнічні та фінансові показники.

Ключові слова: енергозбереження, функціональність, світлодизайн.

Стрімкий розвиток «smart» технологій передбачає використання новітніх джерел освітлення, які мають можливості регулювання за інтенсивності та кольору світла впродовж дня, забезпечуючи зниження рівня електроспоживання та підвищення рівня працездатності через сприймання кольорів та синхронізацію робочого графіку з природних освітленням. Події осені 2022, зими 2023 та літа 2024 років під час обмеженого постачання електроенергії показали, що освітлення є важливим елементом сучасного життя, суттєво впливає на основні потреби людей: візуальний комфорт, який підвищує відчуття благополуччя та спокою; візуальну працездатність, що дає можливість забезпечити функціонування підприємств та організацій усіх галузей цілодобово; безпеку, зменшуючи ризики травматизму та виникнення аварій у житлових, адміністративних і виробничих будівлях.

Поряд з розумінням, що штучне освітлення – велике джерело електроспоживання та матеріальних витрат, потрібно звернути увагу на вплив систем освітлення на екологію. Міжурядовий експертний комітет зі змін клімату дійшов висновку, що обмеження у споживанні електроенергії системами освітлення є одним із заходів, який забезпечує найдешевші варіанти зменшення викидів діоксиду вуглецю. Найефективнішим способом зниження споживання електроенергії в системах освітлення є заміна ламп розжарювання і малоефективних ртутних ламп високого тиску на енергозберігаючі лампи, до яких нині відносять компактні люмінесцентні та світлодіодні LED-лампи [1].

Реалізація положень Smart home передбачає першочергово автоматичне керування енергозберігаючими інженерними системами всередині виробничих приміщень та назовні в межах робочої площадки. Керування освітленням – одна з найважливіших функцій Smart home, яка сприяє створенню комфортних умов споживачу та суттєвій економії спожитої електроенергії. Електронна пускорегулююча апаратура є новітнім напрямом під час проєктування та реалізації положень Smart home. Завдяки сучасним моделям регуляторів створюються гнучкі системи управління освітленням у різних приміщеннях чи окремих зонах будівлі та території [3]. Наприклад, можливо освітити приміщення повністю чи тільки окремі чергові зони з відеоспостереженням; плавно відрегулювати потік та яскравість освітлення; вимкнути світло в приміщеннях у неробочий час. Встановлення датчиків присутності чи руху в окремих зонах дає можливість регулювати інтенсивності освітлення залежно від переміщення в будівлі людей. Найдоцільніший варіант – це підключення до єдиної системи керування («multiroom», «multiway») усіх інженерних систем будівлі: освітлення, опалення, водо-, газопостачання, кондиціонування та вентиляцію. Підключення чергового (у неробочий час), охоронного та евакуаційного освітлення, які потрібно встановити на підприємствах і в організаціях відповідно до державних стандартів, можна достатньо просто здійснити в системах з автоматичним регулюванням. Під час відключення зовнішньої системи електропостачання спрацьовує система евакуаційного освітлення, яка під'єднана до автономного джерела живлення. Охоронна система освітлення, яку розміщують всередині та назовні, включається у темний період доби, що дає можливість ефективно працювати системам відеоспостереження.

Нині сформувався новий напрям у проєктуванні освітлення – світлодизайн [4]. Завдяки комбінованому розміщенню різноманітних світильників утворюються художньо-образні ефекти. Поряд з традиційними вимогами щодо систем освітлення (функціональність, енергозбереження, економічність) сучасні технології дають можливість застосовувати різноманітні ергономічні світильники, які мають: невеликі розміри, припасування кольорової гами світильників до кольорів інтер'єру; екологічні матеріали; легке очищення від пилу і виробничого бруду; різноманітне дизайнерське виконання. Правильний вибір світлорозподілення основних і допоміжних освітлювальних приладів і конструктивного виконання світильників створює максимально можливий рівень комфорту та зручності. Прийомами світлодизайну створюються художньо-образні, культурні та функціональні відображення естетичних уподобань, використовуючи наявні технічні та економічні можливості. Наприклад, підходи світлодизайну реалізовано в приміщенні компанії «ЕРАМ». Встановлено комбіноване освітлення, в якому поєднано загальне верхнє світло, зональне освітлення робочих місць та чергове освітлення. Загальне освітлення (основне) запроектовано у вигляді круглих світильників на вісім ламп; місцеве освітлення – вмонтовані світильники з двома лампами; чергове освітлення – точкові світильниками, які розташовано біля виходів з

підсвіткою окремих архітектурних елементів інтер'єру вздовж проходів і спіральним охопленням усіх сходів. Розміщення світильників на різних ярусах створює просторове освітлення — найбільш комфортне для людини.

Проект з модернізації системи освітлення зазвичай передбачає заміну джерел світла, регулюючих пристроїв, світильників (у разі потреби) без заміни наявної електричної мережі. Модернізація систем освітлення, яка охоплює робоче і допоміжні види освітлення, дає можливість одночасно враховувати також і неелектричні ефекти (покращення умов праці, підвищення комфортності, відокремленості, зручності, безпеки тощо).

Рішення щодо здійснення модернізації приймають на підставі моніторингу енергетичних показників (рівень енергоспоживання) і світлотехнічних показників (відповідність рівня освітленості робочих місць нормативам). На промислових підприємствах та організаціях під час моніторингу показників системи освітлення, яка містить велику кількість функціональних груп світильників і схем їх вмикання та засобів регулювання, процес контролю та аналізу великих обсягів інформації суттєво ускладнюється. Вочевидь за таких умов застосування сучасних комп'ютерних програм є доречним. Досвід авторів у застосуванні комп'ютерної програми Microsoft Dynamics 365 Customer Engagement під час моніторингу засвідчив можливість отримання початкової інформації та її аналітичної обробки до створення проекту модернізації освітлювальної системи підприємства, беручи до уваги всі можливі вимоги і чинники. Результати розрахунків засвідчили, що модернізацію системи освітлення потрібно виконувати за таких умов: вартість щорічної спожитої електроенергії перевищує вартість заміни ламп; світловий потік ламп у ході використання стає менш як 75 % від первісного значення.

Загальна ефективність освітлення визначається вимогами щодо енергозбереження та нормативними показниками освітленості. Натомість потрібно заохочувати споживачів до впровадження «smart» технологій, маючи на увазі, що споживча ефективність залежить від співвідношення між вартістю електротехнічного обладнання та вартістю щорічної споживаної електроенергії. Автори запропонували новий критерій вибору проекту — коефіцієнт витрат, який поєднує фінансові та світлотехнічні показники, і розраховується за формулою:

$$K_{\text{в}} = \frac{I + W \cdot C}{\Phi \cdot T}, \quad (1)$$

де $K_{\text{в}}$ — коефіцієнт, який визначає доцільність модернізації, грн/ (лм·год); I — початкові інвестиції в систему освітлення, грн; W — річні витрати електроенергії, квт·год; C — щорічна вартість електроенергії, грн/ (квт·год); Φ — світловий потік лампи, лм; T — термін служби лампи, год.

Критерій прийняття проекту серед кількох варіантів вибирається з міркувань: якщо обчислений коефіцієнт виявляється меншим серед усіх розглянутих варіантів, такий проект вважається прийнятним і кращим варіантом для вкладання інвестицій.

Висновок. Проаналізовано наявні «smart» технології в системах виробничого освітлення, впровадження яких дає можливість вирішити поставлені завдання — забезпечення сумісності нормативних вимог, світлотехнічних характеристик, електротехнічних параметрів, фінансових та ергономічних показників. Доведено, що основним способом реалізації поставлених завдань є використання «smart» технологій у проектуванні з інтелектуалізацією електричних мереж. Запропоновано під час вибору проекту з розробки чи модернізації системи освітлення орієнтуватися на коефіцієнт витрат, який об'єднує основні світлотехнічні і фінансові показники.

Література

1. Танкевич С.С., Блінов І.В., Кириленко В.В. Україна та світ: нормативне забезпечення інтелектуальних електроенергетичних систем за концепцією Smart Grid. Стандартизація, сертифікація, якість. 2014. № 4 (89). С. 38–44.
2. Мітяєв Д.М., Друбецька Т.І. Дослідження методів освітленості та розробка рекомендацій по їх покращенню. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2023. № 1. С. 109–116.
3. Пускорегулююча апаратура. URL: <https://mirsveta.com.ua/ua/g17533880-puskoreguliruyuschaya-apparatura-pra>
4. Чирчик С. В. Світлодизайн у контексті сучасної наукової думки. *Деміург: ідеї, технології, перспективи дизайну*. 2018. 2, 18–29. URL: <https://doi.org/10.31866/2617-7951.2.2018.15466>