

Зелене заштриховане поле відображає заощаджену енергію завдяки впровадженню IoT технологій та світлодіодних ламп.

Висновки. Запропонована система освітлення забезпечує відповідність ветеринарним нормам, підвищує продуктивність тварин та суттєво знижує витрати на електроенергію. Інтелектуальне керування та адаптивність до зовнішніх умов сприяють сталому функціонуванню ферми.

Дана розробка може бути масштабована або адаптована для інших типів тваринницьких приміщень.

Список використаних джерел

1. Суворова К. І., Гуракова Л. Д. Сучасні системи освітлення як ресурс енергозбереження. *Комунальне господарство міст*. 2018. Вип. 7 (146). С.121-126.
2. Михайлов В. М., Шевченко А. О., Прасол С. В., Бабанов І. Г., Бабанова О. І. Цифрові технології в обладнанні технологічних процесів м'ясопереробної промисловості. *Інформаційні технології у сучасному світі*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених (22 квітня 2024 р.). Державний біотехнологічний університет. Харків, 2024. С. 255-257. Режим доступу: <https://biotechuniv.edu.ua/nauka/konferentsiyi/>

УДК 004.89:656.025.4

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Бабічева Ольга Федорівна,
кандидат технічних наук, доцент
Єсаулов Сергій Михайлович,
кандидат технічних наук, доцент
Потапенко Олексій Сергійович
студент

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова
E-mail: olga.babicheva@kname.edu.ua

У сучасних умовах стрімкої урбанізації та зростання транспортного навантаження питання безпеки дорожнього руху, енергоефективності та комфорту користувачів інфраструктури набувають особливої актуальності. Одним із перспективних рішень є впровадження інтелектуальних систем освітлення дорожньої інфраструктури, що здатні автоматично адаптуватися до змін середовища завдяки сенсорам руху, метеоумов, а також рівня освітленості.

Такі системи базуються на використанні технологій Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту та енергоефективного LED-освітлення, що забезпечує не лише зниження споживання електроенергії, а й підвищення рівня безпеки, особливо у нічний час. Розробка та впровадження подібних рішень є складовою концепції "розумного міста" (Smart City), де освітлення відіграє не пасивну, а активну роль у взаємодії з іншими елементами міської інфраструктури.

Метою дослідження є аналіз можливостей впровадження інтелектуальних систем освітлення дорожньої інфраструктури, заснованих на сенсорах руху, з метою підвищення безпеки дорожнього руху, енергоефективності та інтеграції в концепцію «розумного міста».

Інтелектуальні системи освітлення, оснащені сенсорами руху, здатні знижувати споживання електроенергії до 40 – 70% у порівнянні зі звичайними системами. Крім того, динамічне регулювання освітлення підвищує видимість на дорозі, що сприяє зменшенню

кількості ДТП у нічний час. Успішні приклади впровадження таких систем (наприклад, у Барселоні, Сеулі та Копенгагені) демонструють позитивний вплив на екологічні та соціальні показники.

Актуальність впровадження інтелектуальних систем освітлення дорожньої інфраструктури обумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки, комфорту користувачів транспортної мережі та зниження споживання енергетичних ресурсів. В останні роки ця проблематика широко висвітлюється в міжнародних дослідженнях, що дозволяє оцінити як теоретичні розробки, так і практичні аспекти використання таких систем.

Сучасні дослідження [1] базуються на детальних описах експериментальних систем адаптивного освітлення, яка базуються на сенсорах руху (PIR та відеодетектори). Дослідження в реальному міському середовищі протягом 90 днів, показало, що система здатна значно зменшити споживання електроенергії (до 68%). Серед сильних сторін цього дослідження слід виділити реалістичні польові випробування, детальну оцінку енергетичної ефективності та адаптацію до типів руху (автомобілі, велосипедисти, пішоходи). Водночас авторами не було оцінено вплив погодних умов та суб'єктивні реакції людей, що вказує на необхідність подальших досліджень у цих напрямках.

З іншого боку, є роботи [2] з концептуально-аналітичним характером, коли проводять аналіз архітектури систем освітлення з використанням IoT-технологій. Досліджувачі ретельно надають типи мережевих з'єднань (LoRa, Zigbee, NB-IoT), визначають переваги й недоліки кожної з технологій, звертаючи особливу увагу на питання кібербезпеки та масштабованості. Попри комплексний підхід та чітка архітектурна структура робіт не містить емпіричних даних з реальних випробувань, що звужує можливості застосування запропонованих рекомендацій у практичних проектах без додаткового апробування.

Порівняльний аналіз зазначених досліджень свідчить, що сучасні розробки вже дозволяють реалізовувати ефективні рішення з адаптивним керуванням освітленням дорожньої мережі. Втім, існують відкриті питання, пов'язані з довгостроковими соціальними, екологічними ефектами та практичними аспектами інтеграції таких систем у ширші міські платформи Smart City. Це визначає необхідність подальших комплексних досліджень у цій сфері.

Інтелектуальні системи освітлення з сенсорами руху працюють на основі детекції та ідентифікації рухомих об'єктів, використовуючи технології IoT (Інтернет речей). Принцип дії полягає у тому, що сенсори руху (наприклад, інфрачервоні PIR, ультразвукові, відеокамери або LIDAR) реєструють появу транспорту або пішоходів та надсилають відповідний сигнал до центрального контролера.

Контролер обробляє отримані дані, визначає необхідний рівень освітленості залежно від ситуації, та передає команду освітлювальним пристроям на зміну інтенсивності освітлення. Це дозволяє суттєво знижувати споживання електроенергії, адже світильники працюють на повну потужність тільки у випадках реальної потреби. Сучасні інтелектуальні системи також можуть аналізувати статистичні дані та прогнозувати потребу у освітленні, що сприяє ще ефективнішому управлінню ресурсами.

Сучасні інтелектуальні системи освітлення активно інтегрують технології IoT та ШІ – штучного інтелекту. IoT-технології дозволяють з'єднати окремі пристрої освітлення у єдину мережу, що полегшує керування та моніторинг системи в реальному часі. До основних технологій належать мережі NB-IoT, LoRa та Zigbee, які забезпечують надійний зв'язок і низьке енергоспоживання.

Штучний інтелект використовується для аналізу даних, зібраних сенсорами, і дозволяє прогнозувати ситуації, оптимізувати освітлення відповідно до динамічних умов навколишнього середовища та інтенсивності руху. Використання машинного навчання та нейронних мереж уможливорює підвищення точності та ефективності управління системами, знижуючи витрати ресурсів та забезпечуючи більший комфорт для користувачів транспортної мережі.

Інтелектуальні системи освітлення демонструють високу ефективність щодо зниження енергоспоживання завдяки адаптивному управлінню інтенсивністю світла. Результати експериментів показують можливість скорочення споживання енергії на 50 – 70% порівняно зі стандартними системами освітлення. Водночас такі системи значно підвищують рівень безпеки на дорогах за рахунок оптимального освітлення в умовах недостатньої видимості, що зменшує кількість аварійних ситуацій і покращує загальний комфорт для всіх учасників дорожнього руху.

Перспективним напрямом розвитку є інтеграція інтелектуальних систем освітлення з іншими компонентами транспортної інфраструктури, такими як системи управління трафіком, відеоспостереження, аварійні служби та міські інформаційні платформи. Це дозволить створювати єдині комплексні рішення, які забезпечать ще більш ефективне управління транспортними потоками, оперативне реагування на надзвичайні ситуації, підвищення безпеки та загального комфорту в міських умовах.

Для підтвердження ефективності та практичної доцільності впровадження інтелектуальних систем освітлення розглянуто реальні приклади з провідних міст світу. Такі кейси демонструють різні технічні підходи, ступінь автоматизації, рівень інтеграції з іншими міськими системами та досягнуті результати щодо економії ресурсів і підвищення безпеки.

Так в місті Осло (Норвегія) впроваджена система адаптивного вуличного освітлення з LED-світильниками, які реагують на рух транспорту та пішоходів. Завдяки цьому досягнуто понад 65% економії енергії, зниження світлового забруднення та покращення умов руху в нічний час.

В Лос-Анджелес (США) місто модернізувало понад 200 000 світильників до Smart Lighting-систем, які можуть в режимі реального часу передавати дані про освітлення, виявляти несправності й автоматично змінювати параметри освітлення відповідно до трафіку. За оцінками міської ради, річна економія електроенергії становить близько 63%, а витрати на технічне обслуговування знизились на 30%.

В місті Тайбей (Тайвань) використовуються сенсори руху, що інтегровані з камерною аналітикою та прогнозною системою ШІ. Система керує освітленням на перехрестях і пішохідних переходах для покращення безпеки та зменшення аварійності. Завдяки системі зафіксовано зменшення кількості ДТП на перехрестях на 22% та підвищення рівня безпеки пішоходів.

У Торонто (Канада) у рамках ініціативи Smart City, район Quayside оснащено інтелектуальним вуличним освітленням із функцією виявлення руху, погодних умов і рівня природного освітлення. Світильники змінюють інтенсивність світла залежно від кількості перехожих і погодних умов. Очікувана економія енергії складає близько 58%, а система адаптується до сезонних змін освітлення.

Сінгапур застосовує інтелектуальне освітлення в районах з інтенсивним трафіком та навколо шкіл. Система інтегрується з камерами відеоспостереження та екологічними датчиками, що дозволяє адаптувати світловий потік для зменшення викидів вуглецю та підвищення безпеки. Реалізація дозволила зменшити витрати на освітлення на 55% та покращити нічну навігацію в складних трафікових зонах.

У Мілан (Італія) реалізовано проєкт Smart Street Lighting із використанням Wi-Fi-модулів, камер та LED-ламп, що керуються централізовано через IoT-платформу. Система дозволяє не лише регулювати освітлення, а й збирає дані для муніципального аналізу руху. Унаслідок впровадження досягнуто зниження енергоспоживання на 50% та оптимізація щоденного керування рухом.

Таким чином, можна визначитись, що інтелектуальні системи освітлення є перспективним напрямом для розвитку міської інфраструктури. Вони забезпечують значну економію енергетичних ресурсів, покращують безпеку дорожнього руху та комфорт користувачів. Однак подальші дослідження повинні враховувати більш детальний аналіз впливу погодних умов, соціальних факторів та інтеграції з іншими компонентами міської транспортної інфраструктури для максимальної ефективності й адаптивності таких систем.

Список використаних джерел

1. Yang, Z., et al. (2024). Context-Aware Street Lighting Control for Energy Efficiency: A Case Study in Urban Environment. *Sensors*, 24(18), 5942. <https://doi.org/10.3390/s24185942>
2. Al-Ali, A. R., et al. (2023). IoT-based Smart Lighting for Smart Cities: Architecture, Benefits, and Challenges. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <https://doi.org/10.1007/s12652-023-04384-w>

УДК 628.97

ВПЛИВ ДИНАМІЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА КОНЦЕНТРАЦІЮ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛУ АЕС

Бровко Костянтин Юрійович,

кандидат технічних наук, доцент

Винокурова Наталія Дмитрівна,

асистент

Великогорський Олег Володимирович,

аспірант

Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна

E-mail: brovkokonstantin@gmail.com

Атомні електростанції (АЕС) є об'єктами підвищеної відповідальності, де оперативний персонал блочного щита керування (БЩК) енергоблоку працює у стресових умовах і виконує складні завдання, що вимагають високої концентрації уваги. Одним із факторів, що можуть впливати на їхню продуктивність та загальне самопочуття, є освітлення. Динамічне освітлення, яке змінює свої параметри залежно від часу доби та фізіологічних потреб людини, може значно покращити умови праці оперативного персоналу БЩК енергоблоком АЕС [1].

Світло відіграє важливу роль у регулюванні циркадних ритмів людини. Високоінтенсивне світло з високою колірною температурою (5000–6500 К) у денний час сприяє підвищенню уваги та зменшенню сонливості, тоді як тепле світло (2700–3500 К) ввечері сприяє розслабленню та зниженню рівня кортизолу. Використання динамічного освітлення дозволяє: підтримувати оптимальний рівень бадьорості впродовж зміни, тим самим зменшувати втому та запобігати виснаженню [2].

Графік рис. 1 демонструє взаємозв'язок між колірною температурою освітлення та рівнем концентрації уваги оперативного персоналу БЩК енергоблоку АЕС. Як видно, концентрація підвищується при збільшенні температури до 5500 К, а потім поступово знижується.

Аналіз даних показує, що найефективнішою для оперативного персоналу БЩК енергоблоку АЕС є зона колірної температури від 4500 К до 5500 К. При температурі 2700 К – 3500 К освітлення має теплий жовтуватий відтінок, що сприяє розслабленню, але водночас знижує рівень концентрації уваги до 50–60%. Це світло рекомендується використовувати в зонах відпочинку або під час переходу до сну після нічних змін. У середньому діапазоні (4500 К – 5500 К) рівень концентрації значно підвищується, досягаючи піку (90%) при 5500 К. Таке світло має білий або злегка блакитний відтінок і ідеально підходить для робочого середовища оперативного персоналу БЩК енергоблоку АЕС. Проте надмірно холодне освітлення (6500 К+) може спричинити втому та зорове напруження, що знижує рівень продуктивності.

Крім того, рівень освітленості та його спектральний склад безпосередньо впливають на когнітивні функції. Дослідження [3] показують, що оперативний персонал БЩК