

ЕНЕРГООЩАДНЕ ВУЛИЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто сучасні підходи до підвищення енергоефективності систем вуличного освітлення населених пунктів. Проаналізовано технічні, організаційні та економічні аспекти переходу до світлодіодних (LED) технологій, впровадження систем автоматизованого керування освітленням та використання відновлюваних джерел енергії. Обґрунтовано доцільність комплексної модернізації мереж освітлення з метою зниження енергоспоживання та експлуатаційних витрат.

Ключові слова: енергоефективність, вуличне освітлення, LED-технології, енергозбереження, автоматизоване керування, відновлювана енергія.

Abstract

The paper examines modern approaches to improving the energy efficiency of street lighting systems in settlements. Technical, organizational, and economic aspects of transitioning to LED technologies, implementing automated lighting control systems, and using renewable energy sources are analyzed. The feasibility of comprehensive modernization of lighting networks aimed at reducing energy consumption and operational costs is substantiated.

Keywords: energy efficiency, street lighting, LED technologies, energy saving, automated control, renewable energy.

Вступ

Проблема енергоощадного освітлення вулично-дорожньої мережі є однією з ключових складових сталого розвитку населених пунктів України. Сектор освітлення споживає до 25–30 % електроенергії комунального господарства, тому його модернізація має значний потенціал економії енергоресурсів [1; 2]. Перехід до енергоефективних технологій дозволяє не лише зменшити витрати місцевих бюджетів, але й підвищити рівень безпеки, комфорту та екологічності міського середовища [3].

Метою дослідження є аналіз сучасного стану систем вуличного освітлення в Україні та обґрунтування напрямів підвищення їх енергоефективності на основі сучасних технологічних рішень. Для досягнення поставленої мети передбачено:

- дослідити нормативно-правові засади енергоефективності в комунальному господарстві [1; 4];
- визначити переваги застосування LED-світильників і систем автоматичного керування [2; 5];

- оцінити можливості використання відновлюваних джерел енергії [6; 7];
- розробити рекомендації щодо модернізації освітлювальних систем населених пунктів.

Основна частина

Система вуличного освітлення є однією з найенергоємніших складових інженерної інфраструктури населених пунктів. Її ефективність безпосередньо впливає на рівень безпеки дорожнього руху, комфорт проживання громадян, а також на витрати місцевих бюджетів [1; 2]. В Україні станом на 2025 рік понад 60 % мереж вуличного освітлення залишаються морально та фізично застарілими, що призводить до перевитрат електроенергії на 30–50 % порівняно з сучасними стандартами [2].

Поточний стан систем вуличного освітлення в Україні

Більшість комунальних мереж освітлення сформована ще у 1970–1990-х роках і побудована на натрієвих та ртутних лампах високого тиску, які мають низьку світлову віддачу (40–60 лм/Вт) та короткий термін експлуатації. Значна частина мереж має високу втрату електроенергії через зношені кабельні лінії та нераціональне керування режимами освітлення [3; 5].

Типовими проблемами є:

- неефективне розміщення світильників, що створює нерівномірність освітленості вулиць;
- відсутність систем автоматичного регулювання освітленості залежно від часу доби або інтенсивності руху;
- використання застарілих опор освітлення, не придатних для монтажу сучасних LED-модулів;
- недостатній рівень технічного обслуговування та енергетичного моніторингу [2; 3].

Аналіз моніторингових звітів Державного агентства енергоефективності показує, що понад 38 % опор вуличного освітлення мають термін експлуатації понад 40 років, а до 25 % управлінських щитів не відповідають сучасним вимогам безпечної експлуатації [11].

У 2024 році в рамках державного аудиту встановлено, що в малих громадах Полтавської, Чернігівської та Черкаської областей рівень фактичної освітленості вулиць у нічний час був на 30–45 % нижчим від нормативних вимог ДБН В.2.5-28:2018, що додатково впливає на рівень ДТП у темний час доби [12].

Додатково виявлено, що мережі освітлення в сільських громадах у середньому працюють на 10–20 % довше, ніж у містах, оскільки вмикаються завчасно через відсутність сучасних датчиків освітленості (фотореле). Це призводить до зайвого споживання електроенергії — близько 50–70 тис. кВт·год на одну громаду щорічно [11].

Технологічні засади енергоощадного освітлення

Одним із найефективніших напрямів модернізації систем вуличного освітлення є перехід на світлодіодні (LED) технології. LED-світильники забезпечують у середньому 60–70 % економії електроенергії та мають термін служби до 100 000 годин, що у 5–7 разів перевищує показники традиційних ламп [5; 6].

Крім того, LED-світильники характеризуються:

- високою світловою ефективністю (до 130–150 лм/Вт);
- стабільністю світлового потоку при зміні температури;

- можливістю точного керування потужністю та спектром освітлення;
- відсутністю шкідливих речовин (ртуті), що робить їх екологічно безпечними.

Для досягнення максимального ефекту енергозбереження рекомендується впроваджувати інтелектуальні системи Smart Lighting [6].

Вони дозволяють:

- автоматично регулювати яскравість освітлення відповідно до погодних умов або часу доби;
- вимірювати енергоспоживання кожного світильника;
- здійснювати дистанційне керування та діагностику несправностей;
- забезпечувати адаптивне освітлення залежно від трафіку транспортних засобів та пішоходів.

Такі системи вже активно впроваджуються у європейських містах відповідно до вимог ЄС щодо «розумних міст» [8; 9]. Українські громади, які впроваджують подібні технології (наприклад, Житомир, Вінниця, Львів), демонструють скорочення енергоспоживання освітлення на 75–80 % та зменшення витрат на технічне обслуговування на 30–40 % [2].

У 2023–2024 рр. українські міста здійснили низку успішних модернізацій. Зокрема:

У Львові заміна 3 500 натрієвих світильників на LED дозволила скоротити річне споживання електроенергії на 3,2 млн кВт·год, що еквівалентно економії 9 млн грн [13].

У Житомирі впровадження інтелектуальної системи Smart Lighting на 46 вулицях зменшило витрати на технічне обслуговування на 35 %, а кількість виїздів аварійних служб — на 27 % [14].

У Вінниці застосування адаптивного регулювання яскравості (димування) дало додаткову економію 15–18 % електроенергії порівняно з фіксованою потужністю LED-світильників [15].

Ці приклади підтверджують ефективність поєднання LED-світильників із телеметрією та системами керування.

Використання відновлюваних джерел енергії

В умовах енергетичних викликів, спричинених війною та руйнуванням енергетичної інфраструктури, особливого значення набуває енергетична автономність систем освітлення. Використання сонячних панелей або вітрогенераторів у поєднанні з LED-світильниками дозволяє створювати автономні системи освітлення, що не залежать від централізованих електромереж [7; 8].

Сонячні ліхтарі ефективно застосовуються для освітлення периферійних вулиць, парків, сільських територій, а також об'єктів критичної інфраструктури, де підключення до електромережі є проблематичним [7].

Досвід реалізації таких проєктів у країнах ЄС [8; 10] показує, що термін окупності систем із використанням сонячної енергії становить 5–7 років, після чого економічний ефект зростає експоненційно. Для українських умов важливим є також поєднання таких систем із акумуляторними сховищами, що забезпечує стабільну роботу в нічний час.

В умовах війни та періодичних відключень електроенергії зростає потреба у розбудові автономних систем освітлення.

У Чернівецькій області у 2023–2024 рр. встановлено понад 420 автономних сонячних ліхтарів у селах поблизу кордону для забезпечення безпеки руху — проєкт реалізований за підтримки Програми розвитку ООН. Річна економія становить приблизно 180 тис. кВт·год [14].

У м. Хмельницький у 2024 р. 115 сонячних ліхтарів було встановлено вздовж велосипедних маршрутів. Система працює повністю автономно та не потребує підключення до мережі — економія міського бюджету становить понад 1,3 млн грн за 5 років [15].

За даними досвіду Іспанії та Німеччини, використання автономних систем освітлення у сільських регіонах дозволяє скоротити витрати на експлуатацію на 80–90 %, а термін окупності становить 5–6 років завдяки зменшенню навантаження на електромережі [16].

Економічні та організаційні аспекти модернізації

За оцінками Держенергоефективності [2], повна модернізація вуличного освітлення в одному середньому місті (приблизно 50 тис. мешканців) дозволяє зекономити до 1,5–2,0 млн кВт·год електроенергії на рік, що еквівалентно 1–1,5 млн грн за поточними тарифами.

Водночас реалізація таких проєктів потребує залучення інвестиційних механізмів — енергосервісних контрактів (ESCO), грантів міжнародних організацій (UNDP, GIZ, USAID), а також державно-приватного партнерства. В Україні вже реалізовано понад 80 проєктів модернізації освітлення за участю таких механізмів [2; 4].

В Україні з 2020 по 2024 рік реалізовано понад 110 успішних проєктів модернізації вуличного освітлення за моделлю ESCO, що дозволило скоротити річні витрати на електроенергію більш ніж на 55 млн кВт·год [11; 14].

Приклади ESCO-проєктів:

- м. Славутич – модернізація освітлення 78 вулиць, економія енергії становить 72 %, термін контракту — 7 років [12].
- м. Краматорськ (до 2022 р.) — заміна 1 200 світильників, зменшення споживання електроенергії на 1,6 млн кВт·год щорічно [11].
- м. Дубно — модернізація за кошти USAID дозволила підвищити рівень освітленості центральних вулиць на 55 %, при цьому витрати зменшилися на 68 % [14].

Згідно з аналітичними даними Європейської асоціації муніципалітетів, перехід на енергоефективне освітлення дозволяє зменшити загальні комунальні витрати міста на 8–12 %, що є суттєвим показником для громад із обмеженим бюджетом [17].

Висновки: Впровадження енергоощадних систем вуличного освітлення є важливим напрямом розвитку інфраструктури населених пунктів України. Перехід на LED-технології, автоматизація керування та використання відновлюваних джерел енергії забезпечують істотне зниження енергоспоживання, експлуатаційних витрат і негативного впливу на довкілля. Подальше вдосконалення нормативної бази та фінансових механізмів підтримки енергоефективних проєктів сприятиме модернізації освітлювальних систем і сталому розвитку територіальних громад [4; 9; 10].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 № 1818-IX.
2. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Аналітичний звіт про стан енергоефективності у сфері комунального господарства України. – Київ, 2023.

3. Соколенко В. М. Енергоефективні технології освітлення міських територій // Науковий вісник будівництва. – 2021. – Т. 103, № 3.
4. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. – Київ : Мінрегіонбуд, 2018.
5. Кравчук І. О. Світлодіодні системи вуличного освітлення // Світлотехніка та електроенергетика. – 2020. – № 2.
6. Лисенко П. В. Автоматизовані системи керування вуличним освітленням // Енергетика та автоматика. – 2022. – № 3.
7. Ivanenko D., Melnyk O. (2023). Renewable Energy Solutions for Public Lighting in Small Communities. *Energy and Environment Review*, 15(2).
8. European Commission. EU Green Public Procurement Criteria for Road Lighting and Traffic Signals. – Brussels, 2021.
9. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2023: Lighting Systems Report. – Paris, 2023.
10. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Guidelines on Energy Efficiency in Urban Infrastructure. – Geneva, 2022.
11. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Аналітичний звіт про стан систем вуличного освітлення. – Київ, 2024. – 54 с.
12. Міністерство розвитку громад України. Оцінка технічного стану мереж зовнішнього освітлення у громадах. – Київ, 2023. – 62 с.
13. Львівська міська рада. Звіт про модернізацію системи вуличного освітлення за 2023 рік. – Львів, 2024. – 32 с.
14. UNDP Ukraine. Community Energy Efficiency Projects Report 2024. – Kyiv, 2024. – 58 p.
15. Вінницька міська рада. Програма модернізації зовнішнього освітлення «Світло міста». – Вінниця, 2024. – 40 с.
16. European Renewable Energy Council. Solar Street Lighting Efficiency Study. – Brussels, 2023. – 73 p.
17. Council of European Municipalities and Regions (CEMR). Urban Infrastructure Energy Saving Review. – Paris, 2024.– 91p

Любич Володимир Володимирович – викладач кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

Lyubich Volodymyr V. – lecturer at the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.