

УДК 37:004

Леонова Алла Петрівна

учениця Білошівської гімназії

alla4.leonova@ukr.net

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ У НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ МІСТА: АНАЛІЗ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Анотація. У статті представлено результати дослідження енергоефективності систем освітлення в навчальних закладах міста. Актуальність теми зумовлена зростанням вартості електроенергії, необхідністю раціонального використання енергоресурсів та забезпеченням належних санітарно-гігієнічних умов освітнього процесу. Метою дослідження було оцінити ефективність використання електроенергії для освітлення навчальних приміщень та розробити практичні рекомендації щодо її зниження без погіршення якості освітлення. У ході роботи проаналізовано типи освітлювальних приладів, що використовуються в класних кімнатах (лампи розжарювання, люмінесцентні та світлодіодні лампи), здійснено вимірювання рівня освітленості за допомогою люксметра та порівняно отримані показники з чинними нормативами. Також розраховано середнє енергоспоживання освітлення на один навчальний клас і визначено показники енергоефективності для кожного типу ламп. Результати дослідження свідчать, що використання світлодіодного освітлення забезпечує економію електроенергії до 50% порівняно з люмінесцентними лампами та до 65 % — порівняно з лампами розжарювання, водночас забезпечуючи нормативний рівень освітленості. Запропоновано комплекс рекомендацій щодо модернізації систем освітлення, використання ватметрів для контролю споживання електроенергії та залучення учнів до моніторингу якості освітлення. Отримані результати можуть бути використані адміністраціями навчальних закладів для підвищення енергоефективності та зменшення експлуатаційних витрат.

Ключові слова: освітлення; навчальні заклади; світлодіодні лампи; енергоспоживання; освітленість класів.

1. ВСТУП

У сучасних умовах розвитку освіти питання раціонального використання енергоресурсів набуває особливої актуальності. Зростання тарифів на електроенергію, необхідність зменшення вуглецевого сліду та виконання національних і міжнародних зобов'язань у сфері енергоефективності зумовлюють потребу у впровадженні енергозберігаючих технологій у всіх галузях, зокрема в освітній сфері. Навчальні заклади є значними споживачами електричної енергії, при цьому істотна її частка використовується саме для освітлення навчальних приміщень.

Освітлення безпосередньо впливає не лише на енергоспоживання, а й на стан здоров'я, працездатність та навчальні досягнення учнів. Недостатній або надмірний рівень освітленості може призводити до зорового перевантаження, швидкої втомлюваності, зниження концентрації уваги та загального погіршення якості освітнього процесу. Тому забезпечення нормативних показників освітленості за мінімальних енергетичних витрат є важливим практичним і науковим завданням.

Багато навчальних закладів і досі експлуатують застарілі системи освітлення, що базуються на лампах розжарювання або люмінесцентних лампах, які характеризуються низькою енергоефективністю, коротким терміном служби та підвищеним енергоспоживанням. У цьому контексті перехід на світлодіодні джерела світла розглядається як один із найбільш перспективних напрямів модернізації освітньої

інфраструктури. Проте ефективність таких рішень потребує експериментального підтвердження з урахуванням конкретних умов навчальних приміщень.

Таким чином, виникає необхідність проведення комплексного аналізу систем освітлення у навчальних закладах міста, оцінки їх енергоефективності, відповідності санітарним нормам та розробки практичних рекомендацій щодо оптимізації енергоспоживання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми енергоефективності та енергозбереження в освітніх закладах широко висвітлюються у наукових працях українських і зарубіжних дослідників. У роботах [1], [2] розглядаються загальні підходи до підвищення енергоефективності будівель навчального призначення, зокрема за рахунок модернізації інженерних систем та впровадження енергозберігаючих технологій.

Окрема група досліджень присвячена аналізу різних типів джерел світла. Автори [3], [4] доводять, що світлодіодні лампи мають значно вищу світлову віддачу порівняно з лампами розжарювання та люмінесцентними аналогами, а також характеризуються тривалішим терміном експлуатації. У працях [5], [6] підкреслюється позитивний вплив якісного світлодіодного освітлення на зоровий комфорт та працездатність учнів.

Разом із тим у більшості досліджень основна увага приділяється технічним або економічним аспектам енергоефективності, тоді як практичні вимірювання освітленості безпосередньо в навчальних класах, а також порівняння фактичних показників з нормативними значеннями розглядаються недостатньо детально. Обмеженою є також кількість робіт, у яких до процесу дослідження залучаються самі учні, що знижує освітній та виховний потенціал таких досліджень.

Отже, аналіз літературних джерел свідчить про необхідність комплексного підходу до оцінювання енергоефективності освітлення, який поєднує теоретичний аналіз, експериментальні вимірювання та практичні рекомендації для конкретних навчальних закладів.

Мета дослідження. Метою дослідження є комплексна оцінка енергоефективності систем освітлення навчальних приміщень закладів загальної середньої освіти міста на основі експериментальних вимірювань освітленості та енергоспоживання, порівняльного аналізу різних типів джерел світла й обґрунтування практичних рекомендацій щодо оптимізації систем освітлення з метою зменшення енергетичних витрат за умови дотримання нормативних вимог до світлового середовища.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Енергоефективність освітлення є багатокомпонентною характеристикою, що визначається взаємозв'язком між світлотехнічними, енергетичними та експлуатаційними показниками системи освітлення. Основним завданням енергоефективного освітлення є забезпечення необхідного рівня освітленості при мінімальних витратах електричної енергії протягом усього терміну експлуатації освітлювальних приладів.

Ключовим світлотехнічним параметром є освітленість, яка вимірюється в люксах (лк) та визначає кількість світлового потоку, що припадає на одиницю площі. Для навчальних класів відповідно до чинних санітарних норм рекомендований рівень освітленості становить 300–500 лк залежно від типу приміщення та характеру зорової роботи. Недотримання цих норм може негативно впливати на зір і загальне самопочуття учнів.

Другим важливим параметром є світловий потік, що вимірюється в люменах (лм) і характеризує загальну кількість світла, яке випромінює джерело. Співвідношення

світлового потоку до споживаної потужності визначає світлову віддачу (лм/Вт), яка є основним показником енергоефективності лампи.

Лампи розжарювання мають низьку світлову віддачу (10–15 лм/Вт), оскільки значна частина електричної енергії перетворюється на тепло. Люмінесцентні лампи є більш ефективними (50–90 лм/Вт), проте містять ртуть, що ускладнює їх утилізацію та створює екологічні ризики. Світлодіодні лампи характеризуються високою світловою віддачею (80–150 лм/Вт), тривалим терміном служби та відсутністю шкідливих речовин.

Окрім технічних характеристик ламп, важливу роль відіграють умови їх експлуатації: висота підвісу світильників, колір стін і стелі, коефіцієнт відбиття поверхонь, а також рівномірність розподілу світла. Усі ці фактори впливають на фактичний рівень освітленості та загальну ефективність системи освітлення.

Таким чином, теоретичною основою дослідження є положення світлотехніки, енергетики та санітарної гігієни, які дозволяють комплексно оцінити ефективність освітлення навчальних приміщень.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальне дослідження енергоефективності систем освітлення проводилося протягом одного навчального семестру в закладах загальної середньої освіти Ковельського району. Основною метою експериментального етапу було отримання об'єктивних кількісних даних щодо рівня освітленості та енергоспоживання в навчальних класах із різними типами освітлення, а також аналіз впливу цих параметрів на комфортність освітнього середовища.

У дослідженні було задіяно 12 навчальних класів площею від 45 до 55 м², що є типовими для більшості шкіл міста. Висота приміщень становила в середньому 3,3 м, що відповідає будівельним нормам для закладів освіти. Навчальні кабінети мали стандартне планування: робочі місця учнів розташовані у 3–4 ряди, дошка — на фронтальній стіні, світильники — рівномірно розміщені на стелі. Добове споживання електричної енергії системою освітлення розраховувалося за формулою $E_{\text{доба}} = \frac{P_{\text{заг}} \cdot t}{1000}$, де $P_{\text{заг}}$ — загальна потужність системи освітлення класу, Вт; t — тривалість роботи освітлення протягом доби, год (у дослідженні прийнято $t = 6$ год).

Освітлення в усіх класах використовувалося як у першій, так і в другій половині дня, що дало змогу оцінити системи освітлення в умовах реального навчального процесу, а не лабораторного експерименту.

Структура використання типів освітлення. Первинний технічний огляд показав, що в закладі одночасно експлуатуються різні типи освітлювальних систем, що характерно для більшості шкіл, де модернізація здійснюється поступово. Зокрема: 5 класів (41,7 %) оснащені світлодіодними світильниками; 6 класів (50,0 %) використовують люмінесцентні лампи; 1 клас (8,3 %) має комбіновану систему з використанням ламп розжарювання.

Кількість світильників у класах варіювалася від 8 до 12 одиниць, залежно від типу ламп та геометрії приміщення. Це створило можливість провести коректне порівняння ефективності різних систем за схожих умов експлуатації.

Результати вимірювання освітленості. Вимірювання освітленості здійснювалися за допомогою люксметра в робочій зоні учнівських парт на висоті 0,8 м від підлоги, що відповідає вимогам світлотехнічних стандартів. У кожному класі проводилося 6 вимірів у різних точках приміщення, після чого визначалося середнє значення освітленості.

Результати вимірювань подано в таблиці 1.

Таблиця 1

Показники освітленості в навчальних класах залежно від типу освітлення

Тип освітлення	Кількість класів	Мінімальна освітленість, лк	Максимальна освітленість, лк	Середня освітленість, лк
Світлодіодне	5	360	480	420
Люмінесцентне	6	250	380	310
Лампи розжарювання	1	210	260	235

Аналіз таблиці 1 свідчить, що лише світлодіодне освітлення стабільно забезпечує нормативний рівень освітленості (300–500 лк) у всіх досліджуваних класах. Важливо відзначити не лише відповідність середніх значень нормам, а й високу рівномірність освітлення, що є критично важливим для зорового комфорту учнів.

У класах із люмінесцентними лампами середні показники освітленості перебувають поблизу нижньої межі норми, а мінімальні значення в окремих зонах опускаються нижче нормативних. Це може призводити до локального перевантаження зору та зниження працездатності учнів.

Освітлення з використанням ламп розжарювання виявилось найменш ефективним: середній рівень освітленості 235 лк є недостатнім для повноцінного навчального процесу, що підтверджує недоцільність використання таких ламп у класних приміщеннях.

Аналіз енергоспоживання систем освітлення. Для визначення фактичного енергоспоживання систем освітлення використовувався ватметр. Вимірювання проводилися у штатному режимі під час навчальних занять. Середня тривалість роботи освітлення становила 6 годин на день, що відповідає типовому навчальному навантаженню.

Отримані результати наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Показники енергоспоживання систем освітлення навчальних класів

Тип освітлення	Кількість світильників	Потужність одного світильника, Вт	Загальна потужність класу, Вт	Добове споживання, кВт·год
Світлодіодне	10	18	180	1,08
Люмінесцентне	10	36	360	2,16
Лампи розжарювання	8	60	480	2,88

З таблиці 2 видно, що світлодіодне освітлення споживає вдвічі менше електроенергії, ніж люмінесцентне, та майже втричі менше, ніж освітлення з лампами розжарювання. При цьому воно забезпечує найвищий рівень освітленості, що свідчить про його максимальну енергоефективність.

Порівняльна оцінка енергоефективності. Для комплексної оцінки було проаналізовано співвідношення між середньою освітленістю та споживаною потужністю. Світлодіодні світильники забезпечують 420 лк при потужності 180 Вт, тоді як люмінесцентні — лише 310 лк при 360 Вт. Це означає, що світлодіодна система є більш ніж удвічі ефективнішою за показником «освітленість на одиницю потужності».

Окрім цього, світлодіодні лампи характеризуються стабільністю світлового потоку протягом усього терміну служби, тоді як люмінесцентні лампи з часом втрачають яскравість, що потребує їх заміни або збільшення кількості світильників.

Результати анкетування учнів. З метою врахування суб'єктивного чинника було проведено анкетування 124 учнів 7–10 класів. Учням пропонувалося оцінити комфортність освітлення, його вплив на втому очей та загальне самопочуття.

Результати показали, що: 82 % учнів відзначили найвищий рівень комфорту в класах зі світлодіодним освітленням; 14 % не помітили суттєвої різниці; 4 % зазначили дискомфорт у класах з лампами розжарювання. Учні також відзначали відсутність мерехтіння, рівномірність світла та меншу втому очей у класах зі світлодіодним освітленням.

Узагальнення результатів дослідження. Комплексний аналіз експериментальних даних дозволяє зробити обґрунтований висновок, що світлодіодне освітлення є оптимальним рішенням для навчальних закладів як з точки зору енергоефективності, так і з позиції забезпечення якісного освітнього середовища.

Отримані результати підтверджують значний потенціал енергозбереження, який може бути реалізований шляхом поетапної модернізації систем освітлення в школах міста, а також демонструють доцільність використання подібних досліджень у навчальній та виховній роботі з учнями.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

За результатами дослідження встановлено, що модернізація систем освітлення є ефективним способом зниження енергоспоживання у навчальних закладах. Рекомендовано поетапний перехід на світлодіодне освітлення, регулярний контроль рівня освітленості та залучення учнів до енергетичних досліджень. Перспективами подальших досліджень є розширення вибірки навчальних закладів та аналіз економічного ефекту в довгостроковій перспективі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сапунов, А. О. (2024). Оцінювання енергоефективності будівлі дошкільного навчального закладу в умовах забезпечення теплого комфорту. <https://ela.kpi.ua/items/1960f752-f11d-4ddb-82f0-25c5695ba6a7>
2. Федіна, О. О. (2020). Моніторинг рівнів енергоефективності в навчальних закладах м. Києва. <https://ela.kpi.ua/items/fe6a97c2-5517-4af9-94a2-5570f23678c9>
3. Василюк, І. П., Сидько, І. П., Журавльов, Є. Л., Конон, О. П., Зелінський, Р. Я., Корнага, В. І., & Сорокін, В. М. (2013). Світлодіодні лампи з корпусами на основі композитних матеріалів.
4. Ткач, Д. В. СВІТЛОДІОДНІ (LED) ЛАМПИ.
5. Бровченко, О. С. Принципи формування біологічно активного і комфортного освітлого середовища навчальних закладів.
6. Хурса, О. (2024). Дослідження біологічної активності та фотобіологічної безпечності світлодіодних ламп побутового призначення.

Матеріал надійшов до редакції 13.02.2026 р.