

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОСВІТЛЕНOSTІ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ЇХ ПОКРАЩЕННЮ

*Роботу присвячено, як аналізу методів та приладів освітлення що використовуються на сьогоднішній день а також пошук ефективних рішень по підвищенню енергоефективності електротехнічних системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження системи автоматизованого управління освітленням та алгоритмів енергоефективного управління, пояснення принципів побудови освітлення з використанням природного освітлення та сучасних технологій застосування звичних та новітніх приладів освітлення, так і методам покращення ефективності освітлення з використанням новітніх технологій з існуючих освітлювальних приладів. Основну увагу приділено проблемам існуючих на сьогодні способів штучного освітлення приміщень у будинках різного призначення, та вирішенню цих проблем максимально ефективними та реальними у практичному використанні методами. Дана стаття може бути корисною для тих, хто зацікавлений в модернізації існуючого освітлення чи побудові нової системи освітлення з ефективним використанням електроенергії.*

**Ключові слова:** модернізація освітлення, освітлювальні прилади, світловий потік, енергозбереження, регулятори освітлення, автоматизація.

### Вступ

На сьогоднішній день досить гостро стало питання енергозбереження, що обумовлено вартістю видобутку енергоресурсів та їх дефіцитом, глобальними проблемами екології, та проблемами безпеки на державному рівні.

Освітлювальні пристрої входять до списку найбільш широко використовуваних приладів у всіх сферах людської життєдіяльності, тому проблема енергозбереження є досить актуальною. За статистикою системи освітлення складають 50-90% споживаної електроенергії у сфері житлово-комунального господарства, офісних і адміністративних будівлях [1]. Освітлювальні прилади (ОП) є одними з найбільш поширених технічних пристроїв, які присутні практично у всіх сферах життєдіяльності людини, тому заходи з енергозбереження в цьому напрямку настільки популярні. В останньому десятилітті ХХ-го століття освітлювальні установки ряду країн споживали таку частину виробленої електроенергії: Франція - 11%, Велика Британія - 12%, Італія - 13%, Україна - 13%, Японія - 18%, США - 20% [2]. Отже, ОП, як споживачі електроенергії, представляють досить важливий об'єкт і поле для економії енергетичних ресурсів.

Освітлення є важливим елементом сучасного життя, який має значний вплив на три основні потреби людини: візуальний комфорт, щоб забезпечити відчуття благополуччя, візуальна продуктивність, щоб дозволити виконання завдань, навіть за складних обставин і протягом тривалого часу, а також безпека, що зменшує ризик аварії на підприємстві. В той же час освітлення, як зовнішнє, так і внутрішнє, є істотним споживачем електроенергії. Освітлення становить більшу частину від загальної споживаної електроенергії у багатьох будинках різного призначення: промислових, житлових, адміністративних. Енергозбереження в освітлювальних установках значно впливає на витрату електроенергії, а раціональні методи експлуатації і проблеми її якості є надзвичайно актуальними.

Під системою внутрішнього освітлення розуміють сукупність освітлювальної мережі та освітлювальних установок.

Сутність енергоефективного функціонування системи внутрішнього освітлення полягає в меншому споживанні електроенергії при забезпеченні нормативного рівня освітленості.

### Мета та завдання

Дослідити існуючі способи освітлення приміщень різного призначення, провести пошук ефективних рішень по підвищенню енергоефективності електротехнічних системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження системи автоматизованого управління освітленням та алгоритмів енергоефективного управління, пояснити принципи побудови освітлення з використанням природного освітлення та сучасних технологій застосування звичних та новітніх приладів освітлення.

### Матеріал та результати досліджень

#### Аналіз освітлювальних пристроїв в системах внутрішнього освітлення

Основними нормативними документами, до систем природного та штучного освітлення є: ДБН В. 2.5–28–2018 [5], згідно з яким для штучного освітлення нормується значення освітленості в залежності від розряду, під розрядом зорових робіт (їх чотири а, б, в, г), контрасту об'єкту розрізнення з фоном і характеристики фону та яскравості фону.

Згідно з ДБН В. 2.5–28–2018 [5] для загального штучного освітлення приміщень слід використовувати, зазвичай, розрядні джерела світла, віддаючи перевагу за однакової потужності джерелам світла з найбільшим строком служби і світловою віддачею. Застосування ламп розжарювання для загального освітлення допускається тільки у випадках неможливості або техніко-економічної недоцільності використання розрядних ламп. Застосування ксенонових ламп у приміщеннях не дозволяється. Для місцевого освітлення, окрім розрядних освітлювальних пристроїв, рекомендується використовувати лампи розжарювання, в тому числі галогенні.

Основними вимогами, що висуваються до сучасного освітлення є наступні: енергоефективність, забезпечення найкращих умов зорової роботи, керування освітленням безпосередньо із робочого місця, мінімізація шкоди навколишньому середовищу, енергозбереження протягом усього періоду експлуатації.

На даний час в сучасних електротехнічних системах внутрішнього освітлення найбільш широко використовуються наступні типи джерел світла (рисунок 1).



Рисунок 1 – Класифікація джерел світла

Для подальшого аналізу обираємо наступні типи ламп: СД, ЕЛП, ЛР, ГЛР.

Розглянемо детальніше та порівняємо основні характеристики зазначених ламп для застосування в автоматизованій системі. Виходячи з даних табл.1. побудуємо порівняльний графік залежності світлового потоку від потужності (рисунок 2)

Таблиця 1 – Залежність світлової віддачі від потужності

Світловий потік, лм	Потужність, Вт			
	Світлодіодна	Люмінесцентна	Вольфрамова лампа	Галогенна
450	6	8	40	29
800	9	13	60	43
1100	13	18	75	53
1600	17	23	100	72
2600	24	40	150	150
5800	45	85	300	300

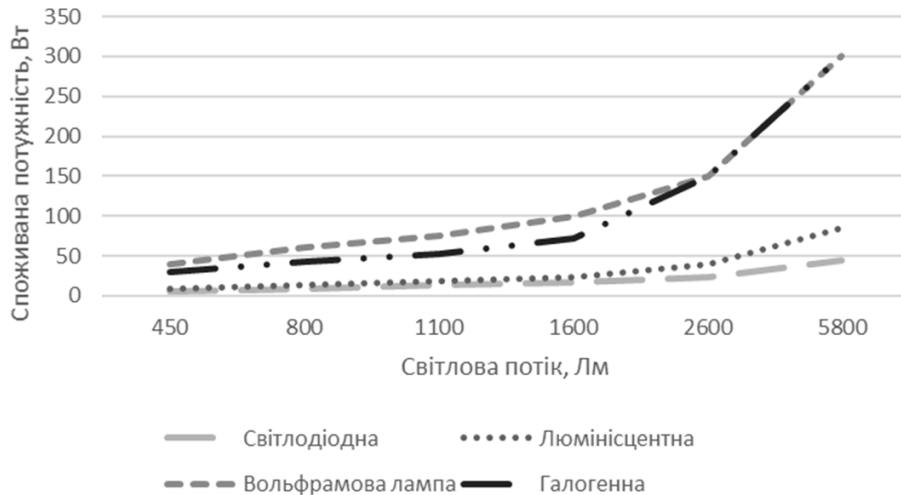


Рисунок 2 – Залежність світлового потоку від потужності

На рисунку 3 представлені витрати на електроенергію різних типів ламп.

Провівши аналіз ми можемо зробити висновок про те, що при розробці методики підвищення енергоефективності ЕС УО має сенс орієнтуватися на світлодіодні джерела світла, так як вони дозволяють підвищити енергоефективність ЕС УО не тільки за рахунок зниження втрат, а й за рахунок більш високої світлової віддачі в освітлювальних мережах і більшим спектром можливостей по регулюванню потужності і світлового потоку.

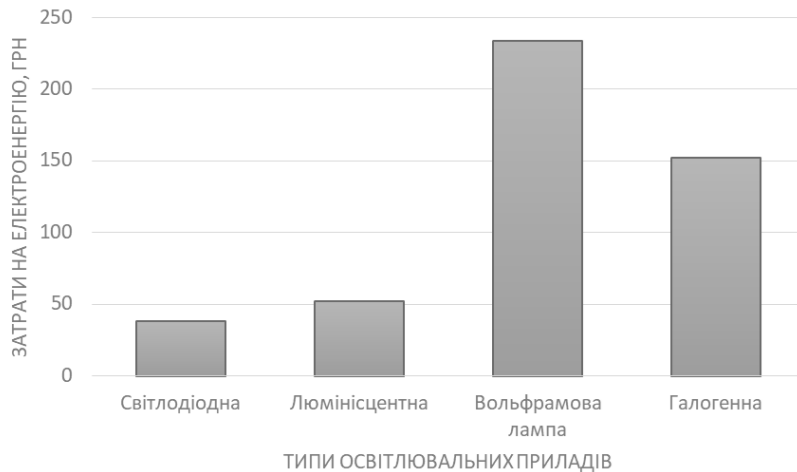


Рисунок 3 – Витрати на електроенергію різних типів ламп

### Заходи збереження електроенергії

На підприємствах та в організаціях до системи економії електроенергії відносять: контроль режимів горіння освітлювальних приладів, установка пристроїв захисного відключення в схемах електропостачання, використання датчиків присутності і руху, реле часу, і комплексна заміна застарілого електроустаткування на більш досконале, з кращим співвідношенням споживання електроенергії до світлової віддачі [3].

Сучасний ринок пропонує цілий спектр технологій збереження електроенергії, які працюють в системах освітлення і спрямованих на зниження витрат по його організації.

Аналіз наукових публікацій і технічних рішень в даній області показав, що в даний час використовується кілька підходів до підвищення енергоефективності. У всьому світі, зокрема, в країнах, які входять до Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) [4], до основних енергозберігаючих заходів в області освітлення можна віднести:

- заміну джерел світла новітніми енергоефективними освітлювальними пристроями при забезпеченні встановлених норм освітленості;
- максимально ефективне використання природнього освітлення в денний час і автоматичне керування штучним освітленням залежно від рівня природнього освітлення.
- раціональним світлорозподілом з використання сучасної освітлювальної арматури;

-використання електронної пускорегулюючої апаратури;

Сучасні електронні пускорегулюючі апарати дають змогу запустити лампи миттєво після того, як будуть розігріті її електроди. Крім того, під час роботи невелика напруга підтримує пускорегулюючу апаратуру, що дозволяє значною мірою зменшити кількість споживаної енергії, ніж під час горіння ламп без даного апарату. Також вирішується проблема стробоскопічного ефекту.

-застосування автоматичних вимикачів системою чергового освітлення в зонах тимчасового перебування персоналу. Встановлення датчиків присутності в цих зонах які будуть регулювати інтенсивність освітлення в залежності від наявності в приміщення людей;

-фарбування поверхонь виробничих приміщень і устаткування у світлі тони для підвищення коефіцієнта використання природнього й штучного освітлення, що дає ефект економії до 2,5%.

Для підвищення показників енергоефективності в більшості випадків замінюють застарілі освітлювальні установки новими, з меншою потужністю споживання. Додатковий енергозберігаючий ефект дають системи управління освітленням. Системи управління дозволяють не тільки вмикати і вимикати світло, коли це потрібно, але і знижувати потужність і світловий потік від освітлювальних установок для підтримки рівня освітленості, необхідного за нормами.

Витрата електроенергії на потреби освітлення може бути помітно знижена досягненням максимально оптимальної роботи освітлювальної установки в кожен момент часу.

Скориставшись даними досліджень, що були проведені «ВНДСІ» [9], та опираючись на ці дослідження можемо виділити наступні шляхи підвищення енергоефективності систем освітлення:

-розширенням виготовлення ефективних джерел світла і області їх застосування можливо отримати економію електроенергії близько 14%;

-збільшенням світлової віддачі джерел світла - 6%;

-підвищенням стабільності характеристик джерел світла - 3%;

-підвищенням ККД освітлювальних приладів - 6%;

-покращенням експлуатаційних властивостей освітлювальних приладів - 3,5%;

-зниженням енергоспоживання освітлювальних приладів, зокрема завдяки використанню електронної пускорегулювальної арматури - 1,5-2%.

Вдосконаленням способів освітлення теж можна досягти економії електроенергії:

-розширенням сфери застосування системи загального локалізованого освітлення - 6,5%;

-при використанні систем регулювання загального освітлення в залежності від рівня природнього освітлення - 4,5-7,5%;

-розширенням використання системи комбінованого освітлення - 4%.

Впровадження напівпровідникових, світлодіодних джерел світла та люмінесцентних ламп.

Для кращого та ефективнішого використання ресурсів необхідно застосовувати саме той тип лампи, що може забезпечити максимально можливий світловий потік на ват електричної потужності та має характеристики, узгоджені з іншими потребами освітлювальних установок та приміщення де цей пристрій планується використовуватись. Світловий потік кожного типу лампи може бути визначений на основі паспортних даних про лампу і схему її підключення. Під час проектування нового устаткування мають порівнюватись світлові віддачі придатних ламп і використовуватись ті з них, які мають найвищу ефективність. На сьогоднішній день, одним з найкращих рішень при виборі системи освітлення та відповідної лампи є компактні люмінесцентні лампи. Використанням сучасних технічних рішень люмінесцентні лампи були зменшені до розмірів звичайної лампи розжарювання. Завдяки цьому з'явилась можливість використання люмінесцентних ламп в системи освітлення у буденному житті. Люмінесцентні лампи мають такі переваги: на 80% економніше споживання електроенергії при використанні такого ж світлового потоку; в 9-12 разів більший термін експлуатації; без мерехтіння, запалення; невеликий розмір та вага; відмінна кольоропередача [4].

Перехід на новітні ефективні типи ламп дозволяє зменшити споживання електроенергії та знизити експлуатаційні витрати. Але найкращим рішенням безсумнівно залишаються напівпровідникові світло випромінюючі діоди.

Невелика потужність споживання, сумісність з інтегральними схемами пристроїв керування, висока стійкість до механічних і кліматичних впливів, висока надійність, а також СВД зі світловіддачею більше 75 люмен/ват (світловіддача стандартних ламп розжарювання – 15 люмен/ват), здійснили революцію в галузі світлотехнічних та інформаційних технологій, незважаючи на їх високу вартість. На сьогодні в Україні уже зараз випускаються світлодіоди на потужність уже понад 25 Вт. Монтувати їх можна в уже існуючу встановлену світлоарматуру.

Люмінесцентні лампи і газорозрядні лампи потребують наявності пускових пристроїв (стартерів) також засобів обмеження струму лампи після запуску (дроселів). Зазвичай для підвищення коефіцієнта потужності і зменшення спожитого струму з мережі при заданій потужності, передбачають також підключення конденсатора.

Звичайні дроселі це пристрої індукційного типу що обмежують струм ламп і стабілізують напругу, яка на них подається. Це призводить до появи втрат. Нові пристрої дозволяють знизити втрати в залізі і міді і в той же час забезпечують роботу ламп на номінальному рівні активної потужності. Для покращення ефективності кола перемикача та дроселів використовують дроселі з малими втратами, що мають підвищений склад міді. Такі дроселі мають велику вагу та великі габарити, а також дорожчі в порівнянні із стандартними дроселями [11]. Інша категорія пускових пристроїв представляє собою суто електронні і частково електронно-баластні навантаження.

#### **Установка електронних пускорегулюючих пристроїв.**

На сьогодні в експлуатації знаходиться велика кількість люмінесцентних ламп з електромагнітними дроселями, які не забезпечують оптимальних режимів роботи ламп і мають низькі експлуатаційні характеристики. Їм на заміну прийшла електронна пускорегулююча апаратура, яка значно покращує техніко-економічні показники цього типу світильників.

Сучасні електронні баласты забезпечують:

- високу якість електроенергії що споживається
- миттєве (без мигання і шуму) запалювання ламп;
- стабільність освітлення незалежно від коливань напруги;

-близький до одиниці коефіцієнт потужності завдяки споживанню синусоїдального струму з нульовим фазовим зсувом.

Сучасні електронні пускорегулювальні пристрої є досить дорогими пристроями, однак початкові затрати, компенсуються за рахунок їх високої економічності. Досягається економія електроенергії в розмірі 20-25% при збільшенні освітленості на 10-12%, знижуються затрати на обслуговування світильників із-за виключення з їх складу стартерів, конденсаторів, збільшується на 50% термін служби ламп завдяки ощадному режиму роботи і пуску.

Основою електронних пускорегулювальних пристроїв є напівпровідникові імпульсні схеми, що забезпечують живлення люмінесцентних ламп напругою підвищеної частоти, за рахунок чого суттєвого підвищується якість освітлення люмінесцентних ламп при зниженому споживанні енергії якщо порівнювати зі світильниками, які використовують традиційні електромагнітні баласты. Розроблені пристрої є перетворювачами струму низької частоти мережі живлення в струм підвищеної частоти і містить необхідні вузли для підтримання оптимального режиму запалювання і роботи лампи, а також контролю працездатності ламп і засобів захисту від аномальних режимів. Сучасний етап характеризується інтенсивною розробкою і впровадженням мікропроцесорних і спеціалізованих контролерів для керування системами освітлення. На сьогодні електронні баласты виробляються масово в країнах де інтенсивно впроваджують енергозберігаючі технології та здобувають практично масового використання.

#### **Використання світлової віддачі ламп.**

Для використання світлової віддачі ламп будемо враховувати:

- ефективність світильника (освітлювальної арматури);
- проект схеми освітлення;
- природне освітлення;
- правильне використання вимикання та регулювання.

Головними функціями світильників є: підтримка та захист лампи, забезпечення електричного підключення до джерела живлення, а також регулювання та направлення світла, що випускається лампою.

Використовуючи в освітлювальних приладах високоефективні рефлектори можливо досягти значного покращення ефективності освітлення. Ці рефлектори використовують поверхню покриту сріблом, що має максимально високе дзеркальне відображення та забезпечує максимальне відбиття світлового потоку лампи. Високоефективні рефлектори забезпечують збільшення коефіцієнта використання освітлювальної установки, в результаті чого більша частина світлового потоку, досягає поверхні. Практично це дає змогу зменшити майже вдвоє кількість ламп для освітлення тієї ж площі.

Не малу роль в якості освітлення також має вплив дизайну та облицювання приміщення. Поверхні покращені в світлий тон відбивають світла більше і є більш ефективними, проте їх необхідно регулярно фарбувати, мити, або заново оклеювати з тим щоб забезпечувати економічне використання освітлення [10]. Збільшення коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень на 20% дозволяє економити 5-15% електроенергії, внаслідок збільшення рівня освітленості.

#### **Системи автоматичного регулювання освітлення в залежності від зовнішніх факторів.**

Пристрої управління освітленням забезпечують зручність використання, мінімальні витрати часу на включення (відключення) освітлювальної установки, максимальне використання природного світла з урахуванням режимів роботи технологічного обладнання виробничого об'єкта [7].

Системою внутрішнього освітлення під управлінням розуміється зміна кількості, складу, споживаної потужності і світлотехнічних характеристик світлових приладів з метою адаптації їх до застосування в умовах функціонування, що змінюються. Управління освітлювальними пристроями

реалізується шляхом включення і виключення джерел електричного освітлення, а також регулюванням рівня освітленості об'єкта, що освітлюється.

Способом управління і регулювання системи освітлення мають такі різновиди:

- ручне включення і регулювання;
- включення і регулювання за допомогою датчиків освітленості;
- включення за допомогою інфрачервоних датчиків руху;
- система освітлення з застосуванням датчиків звуку (ультразвуковий);
- комбіновані системи управління освітленням;

Домогтися найбільш повного і точного обліку наявності денного світла, так як і обліку присутності людей в приміщенні, можливо, застосовуючи засоби автоматичного управління освітленням. Управління освітлювальною навантаженням здійснюється при цьому двома основними способами: відключенням всіх або частини світильників (дискретне управління) і плавним зміною потужності світильників (однаковим для всіх або індивідуальним) [8].

#### **Регулятори освітлення.**

Метою регуляторів освітлення є забезпечення ефективного освітлення в необхідному місці і протягом потрібного часу. За допомогою ручних регуляторів можливо отримати керування індивідуальними світильниками або ж освітленням для окремих груп систем освітлення. Автоматичні регулятори бувають: фотоелектричні, безконтактні, регулятори з таймером.

Фотоелектричні регулятори забезпечують можливість відключення штучного освітлення в сонячні дні, або коли природного освітлення достатньо для створення необхідних умов освітлення. Фотоелектричний датчик налаштовується на спрацювання лише при зміні зовнішньої освітленості, для забезпечення необхідних умови освітленості робочого місця. Включення регулятора в робочий режим відбувається в момент зниження освітленості нижче необхідного рівня за допомогою фотодіода, а безпосереднє включення або виключення освітлення здійснюється після сигналів, які надходять від датчика руху в той момент коли в поле його дії потрапляє користувач.

Особливістю схеми підключення датчика освітленості вважається урахування навантажувальної здатності реле датчика. За необхідності (недостатнє навантаження) використовують додаткове реле з потрібним струмом комутації.

У більш складних системах фотодатчик через диммер плавно змінює інтенсивність штучного освітлення і підтримує загальну освітленість приміщення на заданому рівні. Для забезпечення коректної роботи системи управління, проводиться калібрування датчика освітленості.

Безконтактні регулятори. Це локальні регулятори, які реагують на присутність (ефект близькості) в приміщенні людей. Присутність визначається за допомогою датчиків, зазвичай інфрачервоних (ІЧ) або високочастотних датчиків. Прилади освітлення вмикаються при фіксації руху в приміщенні або ж коливанні хвиль (включають та знову його відключають) коли руху не зафіксовано. Підключення датчика до мережі та взаємодія з системою освітлення можливе за двома варіантами:

- пряме підключення до ламп (пристрій буде спрацьовувати так, як це задано виробником).
- у коло підключення додають вимикач зі сторони входу (дозволяє примусово відключати світло, а також і датчик, що дає можливість ручного керування).

Регулятори з таймером можна використовувати в приміщеннях, де робота відбувається за чітко визначеним графіком. До прикладу, освітлення за фіксованої зміни буде автоматично вимикатись з невеликим запізненням після закінчення робочої зміни в цьому приміщенні. Проте в цьому випадку необхідно передбачити аварійне та охоронне освітлення. В залежності від модифікації таймера, в ньому можливо запрограмувати події від доби до одного року. Одним з різновидів таких таймерів є астрономічні реле. Зазвичай, ці реле використовують для управління зовнішнім освітленням – як входні величини в нього вводяться географічні координати місцевості, а пристрій вже на підставі цієї інформації сам розраховує, коли потрібно ввімкнути або вимкнути освітлення.

Автоматичне управління рядами світильників ефективно використовувати для освітлення приміщень з великою площею. Завдяки ньому можна вимкати деякі з груп світильників, якщо природного освітлення достатньо [6]. Також, завдяки цьому, можливо локалізувати зони освітлення, що в свою чергу дозволяє економити споживання електроенергії.

#### **Підтримання ефективності системи освітлення.**

Для забезпечення ефективності системи освітлення необхідна: періодична чистка світильників, заміна пошкоджених та застарілих ламп, полегшення доступу природного освітлення шляхом регулярного чищення вікон.

Використання на практиці освітлювальної апаратури вказує, що втрати світлового потоку складає:

- через забруднення світильників – 15,7%;
- забруднення стін та стелі – 19,2%;
- старіння ламп – 13,1%;
- неправильної зборки ламп і рефлектора – 3,8%;

-понаднормативної втрати напруги в мережі – 7,5%.

Потрібно відмітити, що використання ламп з раціональною освітлювальною арматурою скорочує витрати електроенергії в 1,5 рази в порівнянні з відкритими лампами.

**Підвищення коефіцієнта потужності мережі** є одним із найважливіших способів щодо економії електроенергії. Цей метод зменшує споживання реактивної потужності електроустановками, чим дає змогу зменшити втрати в енергосистемі на передачу реактивної потужності.

При значній економії електроенергії люмінесцентні лампи мають деякі особливості. Наприклад, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає біля 0,5 тому не можна допускати роботу цих ламп без компенсуючих пристроїв.

#### **Підтримання якості напруги мережі освітлення.**

Коливання напруги призводить до непотрібних втрат електроенергії. Напруга на виводах ламп не повинна виходити за межі 85% - 105% номінальної напруги. Зниження напруги на 1% викликає зменшення світлового потоку ламп: розжарювання – на 3-4%, люмінесцентних – на 1,5% і ртутних люмінесцентних ламп на 2,2%.

Для уникнення цих проблем використовуються окремі трансформатори для навантаження освітлення і компенсуючі пристрої. В той же час використовуються пристрої автоматичного регулювання напруги. Для промислових освітлювальних електромереж використовується автоматичне регулювання напруги за допомогою вольтодобавочних трансформаторів та включенням в мережу додаткової індуктивності.

#### **Висновки**

В даній роботі було проведено аналіз існуючих енергоефективних технічних рішень в системах внутрішнього освітлення, за результатами якого можна зробити висновок, що в системі освітлення доречно використовувати світлодіодні світильники завдяки їх чудовим показникам світлового потоку, світловіддачі, великого терміну служби та доступної ціни.

Так само було розглянуто різні енергозберігаючі методи в системах освітлення до яких можна віднести: впровадження напівпровідникових, світлодіодних джерел світла та люмінесцентних ламп, встановлення електронних пускорегулюючих пристроїв, більш ефективного використання світлової віддачі ламп, впровадження систем автоматичного регулювання освітлення в залежності від зовнішніх факторів та підтримання ефективності системи освітлення.

Використовуючи ці способи можна досягти досить значної економії електроенергії та, відповідно, фінансових ресурсів.

#### **Список використаної літератури**

1.ДП «НЕК»УКРЕНЕРГО» Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн.Відокремлений підрозділ. – К.: 2017. – 213с.

2.Андрійчук В.А. Світлотехніка й електротехніка: історія, проблеми й перспективи. Праці II міжнародної науково-технічної конференції, приуроченої 160-річчю видатного українського фізика, піонера в галузі світлотехніки і електротехніки професора Івана Пулюя. . – Тернопіль.: 2005. – 170с.

3.Економія електроенергії на підприємстві: основні способи. [електронний ресурс].–Режим доступу:<https://energy.com.ua/energoefectyvnist/ekonomiya-elektroenergiyi-na-pidpruyemstvi/>(дата звернення 14.05.20).

4.ДП «НЕК»УКРЕНЕРГО» Огляд аналітичних робіт міжнародних енергетичних організацій щодо стану та сценаріїв розвитку світової енергетичної сфери з прогнозом інвестування в енергоефективність. Відокремлений підрозділ. – К.: 2018. – 94с.

5.ДБН В.2.5-28:2018 .Природне і штучне освітлення.Технічні норми.–Чинні з 28.02.2019. – К.: 2018. – 133с.

6.Безпека праці та промислова санітарія.Навчальний посібник до курсу «Охорони праці»:[К.Н. Ткачук та ін.]– Тернопіль.: 2018. – 213с.

7.Освітлення виробничих приміщень — види промислових світильників [електронний ресурс].–Режим доступу: <https://stolb.com.ua/osvitlennya-virobnichikh-primishchen-vidi-promislovikh-svitilnikov/>( дата звернення 16.08.22).

8.Системы автоматического управления освещением зданий[електронний ресурс].–Режим доступу: <http://electricalschool.info/main/lighting/409-sistemy-avtomaticheskogo-upravlenija.html>( дата звернення 18.08.22).

9.The International Dark-Sky Association (IDA) is the recognized authority on light pollution and is the leading organization combating light pollution worldwide. [електронний ресурс].–Режим доступу:<https://www.darksky.org/about/>(дата звернення 1.08.22).

D. Mitiaiev<sup>1</sup>, student of the group EC2121  
T. Drubetska<sup>1</sup>, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0002-8580-9719  
<sup>1</sup>Ukrainian State University of Science and Technology

## STUDY OF THE ILLUMINATION AND DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR ITS IMPROVEMENT

**Goal.** Investigate the existing methods of lighting rooms of various search purposes, make effective decisions on increasing the energy efficiency of electrical engineering systems of internal education through the implementation of automated education management systems and energy-efficient management algorithms, explain the principles of lighting construction using natural lighting and the application of modern technologies of familiar and modern lighting devices.

**Task.** Analysis of existing technical solutions to increase the energy efficiency of the internal lighting system and substantiation of their energy efficiency indicators. Synthesis of the internal lighting control system of the administrative building. Development of algorithms for energy-efficient control of the internal lighting system taking into account external factors.

**The result of the study.** The work is devoted to the analysis of lighting methods and devices used today, as well as the search for effective solutions to increase the energy efficiency of the electrical system of internal lighting due to the implementation of an automated lighting control system and energy-efficient control algorithms, an explanation of the principles of lighting construction using natural lighting and modern application technologies conventional and modern lighting devices, as well as methods of improving lighting efficiency using the latest technologies from existing lighting devices. The main attention is paid to the problems of the currently existing methods of artificial lighting of rooms in houses of various purposes, and to the solution of these problems with the most effective and real methods in practical use. This article may be useful for those interested in upgrading existing lighting or building a new lighting system with efficient use of electricity.

**Conclusions and practical significance.** In this work, an analysis of existing energy-efficient technical solutions in interior lighting systems was carried out, based on the results of which it can be concluded that it is appropriate to use LED lamps in the lighting system due to their excellent indicators of luminous flux, light output, long service life and affordable price. It was also a source of various energy-saving methods in lighting systems, which can be attributed to: the introduction of half-light, LED lights and fluorescent lamps, the installation of electronic start-up control devices, more efficient use of light output, the introduction of a system of automatic lighting regulation depending on external factors and maintaining efficiency. education system.

**Key words:** lighting modernization, lighting devices, luminous flux, energy saving, lighting regulators, automation.

### References

1. SE "NEK" UKRENERGO" Experience of the European Union countries in increasing energy efficiency, energy audit and energy management for energy saving in the economy of the countries. Separate unit. - K.: 2017. - 213 p.
2. Andriychuk V.A. Lighting and electrical engineering: history, problems and prospects. Proceedings of the II international scientific and technical conference dedicated to the 160th anniversary of the outstanding Ukrainian physicist, pioneer in the field of light engineering and electrical engineering Professor Ivan Pulyuy. . – Ternopil.: 2005. – 170 p.
3. Saving electricity at the enterprise: main methods. [electronic resource]. – Access mode: <https://eenergy.com.ua/energoefectyvnist/ekonomiya-elektroenergiyi-na-pidpryyemstvi/> (access date 05/14/20).
4. SE "NEK" UKRENERGO" Review of analytical works of international energy organizations regarding the state and scenarios of development of the global energy sector with a forecast of investing in energy efficiency. Separated subdivision. - K.: 2018. - 94 p.
5. DBN V.2.5-28:2018. Natural and artificial lighting. Technical standards. – Valid from 28.02.2019. - K.: 2018. - 133 p.
6. Occupational safety and industrial sanitation. Training manual for the course "Occupational safety": [K.N. Tkachuk et al.]– Ternopil.: 2018. – 213 p.
7. Lighting of industrial premises - types of industrial lamps [electronic resource]. – Access mode: <https://stolb.com.ua/osvitlennya-virobnichikh-primishchen-vidi-promislovikh-svitilnikov/> (access date 08/16/22).
8. Systems of automatic lighting control completed [electronic resource]. – Access mode: <http://electricalschool.info/main/lighting/409-sistemy-avtomaticheskogo-upravlenija.html> (access date 08/18/22).
9. The International Dark-Sky Association (IDA) is the recognized authority on light pollution and is the leading organization combating light pollution worldwide. [electronic resource]. – Access mode: <https://www.darksky.org/about/> (accessed 08/1/22).

Надійшла 15.11.2022  
Received 15.11.2022