

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

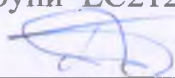
Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: Дослідження освітленості об'єкта А та розробка рекомендацій по її покращенню

за освітньою програмою Електротехнічні системи електроспоживання

зі спеціальності: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав: студент групи ЕС2121:



/ Дмитро МІТЯЄВ /

Керівник:



/ доцент Тетяна ДРУБЕЦЬКА /

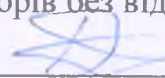
Нормоконтролер:



/ доцент Віталій ПЕРЦЕВИЙ /

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент

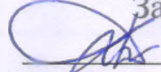


Дніпро – 2022 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Управління енергетичними процесами
Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання
Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)
Освітня програма: Електротехнічні системи електроспоживання
Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІСЕ
 Дмитро БОСІЙ

Дата 05.09.22

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістр з електротехнічних систем
електроспоживання

студенту МІТЯЄВУ Дмитру Михайловичу

1. Тема роботи: “Дослідження освітленості об'єкта А та розробка
рекомендацій по її покращенню”.

Керівник роботи: Друбецька Тетяна Ігорівна, к.т.н., доцент

затверджені наказом від

" 14 " 04 2022 р. № 318ст

2. Строк подання студентом роботи: 05.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:
план об'єкту А.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Дослідження існуючих енергоефективних рішень в системах внутрішнього
освітлення.

4.2 Дослідження системи внутрішнього освітлення існуючого об'єкту А.

4.3 Модернізація системи внутрішнього освітлення існуючого об'єкту А.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Класифікація джерел світла. 2. План будівлі. 3. Скріни із середовища DIALux. Результати розрахунків для існуючого об'єкта. 3. Скріни із середовища DIALux. Результати розрахунків для об'єкта після модернізації.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження існуючих енергоефективних рішень в системах внутрішнього освітлення	20.09.2022	
2	Дослідження системи внутрішнього освітлення існуючого об'єкту А	15.10.2022	
3	Модернізація системи внутрішнього освітлення існуючого об'єкту А	01.12.2022	
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	05.12.2022	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	20.12.2022	

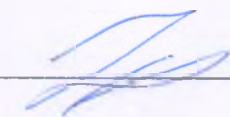
Студент

Дмитро МІТЯЄВ



Керівник роботи

Тетяна ДРУБЕЦЬКА



ЗМІСТ

стор.

ВСТУП	8
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ	10
1.1 Аналіз освітлювальних пристроїв в системах внутрішнього освітлення ..	10
1.2 Заходи збереження електроенергії	13
1.3 Установка електронних пускорегулюючих пристроїв	16
1.4 Використання світлової віддачі ламп	18
1.5 Регулятори освітлення	19
1.6 Підтримання ефективності системи освітлення.....	21
1.7 Підвищення коефіцієнта потужності мережі	22
1.8 Підтримання якості напруги мережі освітлення	22
1.9 Висновки до розділу	22
2 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ОБ'ЄКТУ А	24
2.1 Аналіз існуючого методу використання освітлювальних приладів	24
2.2 Розрахунок рівня освітленості об'єкту А в середовищі DIALux	24
2.3 Розрахунок витрат на утримання внутрішнього освітлення	29
2.4 Висновки до розділу 2	30
3 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ОБ'ЄКТУ А	31
3.1 Підбір енергоефективних технічних рішень в системі внутрішнього освітлення	31
3.2 Основні вимоги до системи управління внутрішнім освітленням	33

					02.15. EC2027.MP.2022-ПЗ		
Зм.	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження освітленості об'єкта А та розробка рекомендацій по її покращенню		
Розробник		Міт'яєв Д.М.		10.12.22			
Консульт							
Керівник		Друбецька Т.І.		19.12.22			
Н.контр		Перцевий В.О.					
Зав.каф		Босий Д.О.		10.12.22	Літера М Аркцш 6 Аркцшів 48		
					МОН, УДУНТ, ІСЕ, гр. EC2121		

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 48 сторінок, 3 частини, 15 рисунків, 9 таблиць, 14 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – систем внутрішнього освітлення.

Мета роботи – підвищення енергоефективності електротехнічних системи внутрішнього освітлення за рахунок впровадження системи автоматизованого управління освітленням та алгоритмів енергоефективного управління

Методи дослідження – метод порівняльного аналізу існуючих систем внутрішнього освітлення за показниками енергетичної ефективності; методи аналізу результатів енергоаудиту будівель і споруд.

Одержані результати

1. Проаналізовані існуючі технічні рішення щодо підвищення енергетичної ефективності системи внутрішнього освітлення та обґрунтування показників їх енергоефективності.

2. Досліджені поточні системи освітлення обраного об'єкту А, та проведений аналіз її недоліків.

3. Розроблені рекомендації по покращенню системи внутрішнього освітлення об'єкту А.

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ ОСВІТЛЕННЯ, ОСВІТЛЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ, СВІТЛОВИЙ ПОТІК, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, РЕГУЛЯТОРИ ОСВІТЛЕННЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

3.3 Розрахунок освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку	36
3.4 Висновки до розділу 3	43
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	47

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		7

ВСТУП

В сучасному суспільстві досить активно підвищується споживання електроенергії, але, в той же час, і зростання екологічної свідомості споживачів. Водночас сучасні будівлі, частіше офісні та виробничі, використовують багато комп'ютерних приладів, які забезпечують створення комфортних умов для праці людей людини всередині. Невраховуючи традиційні систем життєзабезпечення, такі як вентиляція та водопостачання, тепло тощо, теж застосовуються системи відеоспостереження, контролю доступу, пожежної сигналізації. Дана магістерська робота досліджує можливості сучасних технологічних засобів для створення функціональних та енергоефективних систем керування освітлювальними приладами. Системи керування освітлювальними приладами досліджено з точки зору функціональності, енергозбереження та комфорту для користувача.

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 XX-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.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		8

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.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		9

1. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ В СИСТЕМАХ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ

1.1 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 розряду 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 (рис 1.1).

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		10



Рисунок 1.1 – 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.1.1. побудуємо порівняльний графік залежності світлового потоку від потужності (рис. 1.2)

Таблиця 1.1 – 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

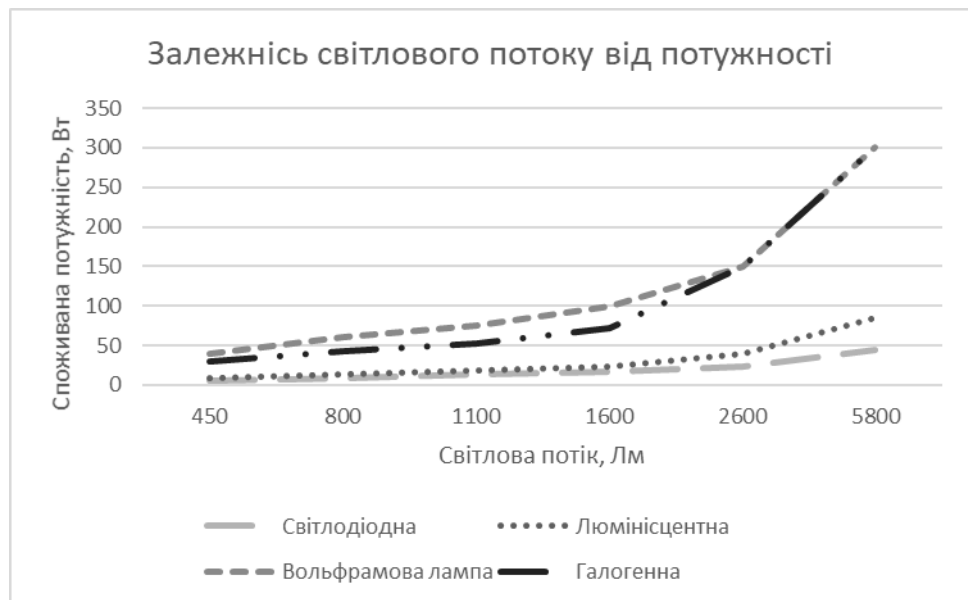


Рисунок 1. 2 – Залежність світлового потоку від потужності

На рис. 1.3 представлені витрати на електроенергію різних типів ламп

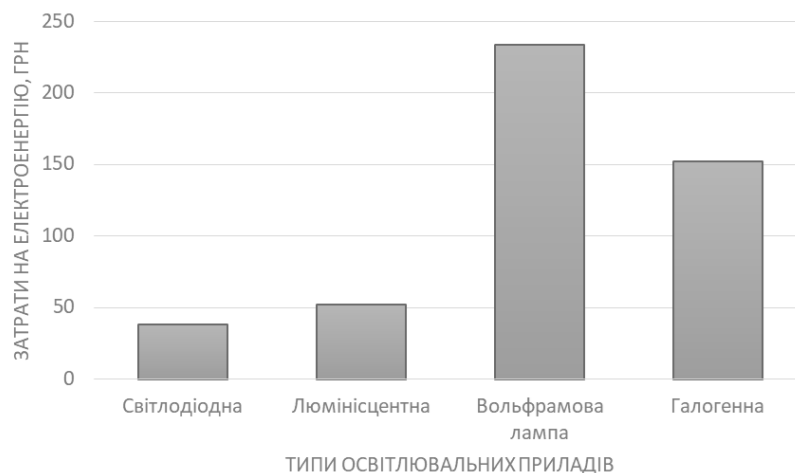


Рисунок 1. 3 – Витрати на електроенергію різних типів ламп

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.

1.2 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 світловіддачі [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 ефективного 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.

						02.15. ЕС2027.MP.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		13

- 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] , то опираючись на ці дослідження ми 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%.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		14

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 природного 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 вживлення 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 світловипромінюючі діоди.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		15

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 непотрібних 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 підвищену долю 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.

1.3 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.

						02.15. ЕС2027.MP.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		16

Сучасні електронні баласты забезпечують:

- високу якість споживаємої електроенергії
- 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.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		17

1.4 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 максимальне 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 тієїж площі.

Не малу роль в якості освітлення також має вплив дизайну та облицювання приміщення. Поверхні покращені в світлий тон відбиває світла більше і є більш ефективними, проте їх необхідно регулярно красити, 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].

						02.15. ЕС2027.MP.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		18

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 освітлювальної 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].

1.5 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

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		19

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 вмикається 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 ланцюг 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

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		20

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 зрізновидів таких таймерів є астрономічні реле. Зазвичай, ці реле використовують для управління зовнішнім освітленням — як вхідні 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 вимикати деякі з груп світильників, якщо природнього освітлення достатньо[6]. Також, завдяки цьому, можливо локалізувати зони освітлення, що в свою чергу дозволяє економити споживання електроенергії.

1.6 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.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		21

1.7 Підвищення коефіцієнта потужності мережі

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. Доприкладу, у люмінесцентних ламп коефіцієнт потужності складає біля 0,5 тому не можна допускати роботу цих ламп без компенсуючих пристроїв.

1.8 Підтримання якості напруги мережі освітлення

Коливання напруги призводить до непотрібних втрат електроенергії. Напруга на виводах ламп не повина 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 використовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою вольтодобавочних трансформаторів та включенням в мережу додаткової індуктивності.

1.9 Висновки до розділу 1

В першому розділі було проведено аналіз існуючих енергоефективних технічних рішень в системах внутрішнього освітлення, за результатами якого можна зробити висновок, що в системі освітлення доречно використовувати

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		22

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 ефективне 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.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		23

2. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ОБ'ЄКТУ А

2.1 Аналіз існуючого методу використання освітлювальних приладів

В даній магістерській роботі ми використовуємо існуючий об'єкт А та фактичні освітлювальні прилади та їхні характеристики.

На сьогоднішній день більшість офісних будівель чи виробничого призначення використовують для освітлення власних приміщень застарілі, малоефективні та енергозатратні освітлювальні пристрої та практично не використовують системи управління ними.

Даний об'єкт є яскравим прикладом. Дослідження почнемо з визначення освітлювальних пристроїв які використовуються в будівлі.

Будівля об'єкту дослідження має 14 приміщень з індивідуальними розмірами, освітлювальні прилади різних типів та параметрів.

В ній було використано декілька типів світильників, це:

- Галогенні освітлювальні пристрої потужністю 36 Вт та світловим потоком 720 lm;
- Галогенні освітлювальні пристрої потужністю 76 Вт та світловим потоком 1350 lm;
- Вольфрамові освітлювальні пристрої (лампи розжарювання) потужністю 50 Вт та світловим потоком 560 lm;
- Вольфрамові освітлювальні пристрої (лампи розжарювання) потужністю 70 Вт та світловим потоком 720 lm.

2.2 Розрахунок рівня освітленості об'єкту А в середовищі DIALux

Для виконання розрахунку нам необхідно підготувати план будівлі, по якому в подальшому будується віртуальний макет нашого об'єкта дослідження та виконується розрахунок рівня освітленості (рисунок 2.1).

						02.15. ЕС2027.MP.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		24

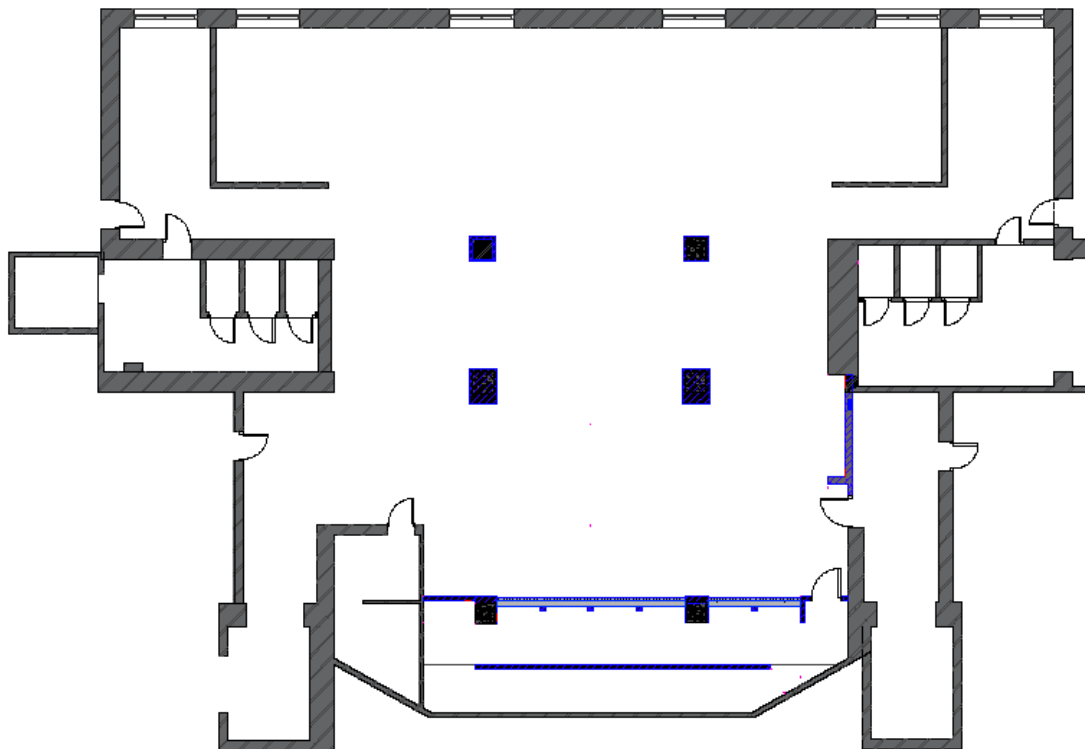


Рисунок 2.1 – План будівлі

Вконаємо розрахунок освітленості в середовищі DIALux (рис. 2.2-)



Рисунок 2.2 – Освітленість

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		25

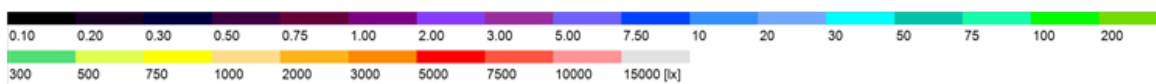
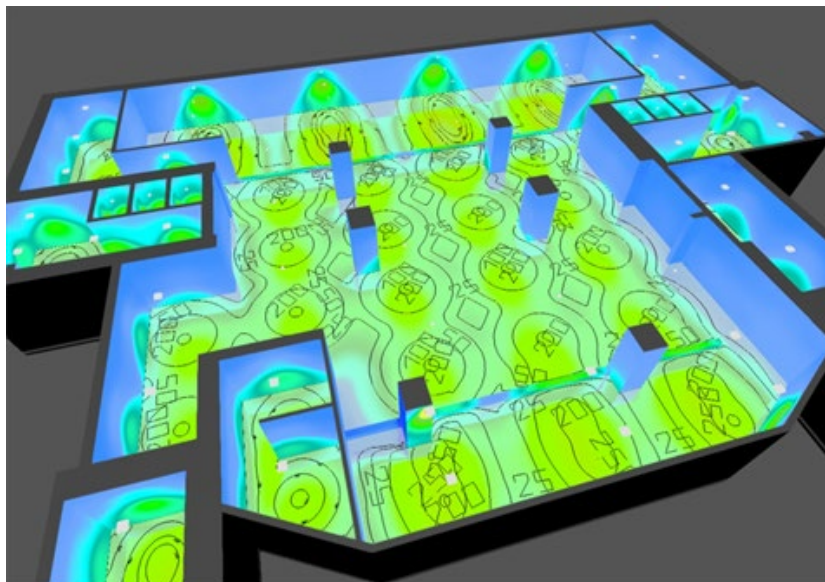


Рисунок 2.3 – Освітленість [Lx]

Нижче представимо розрахункові об'єкти

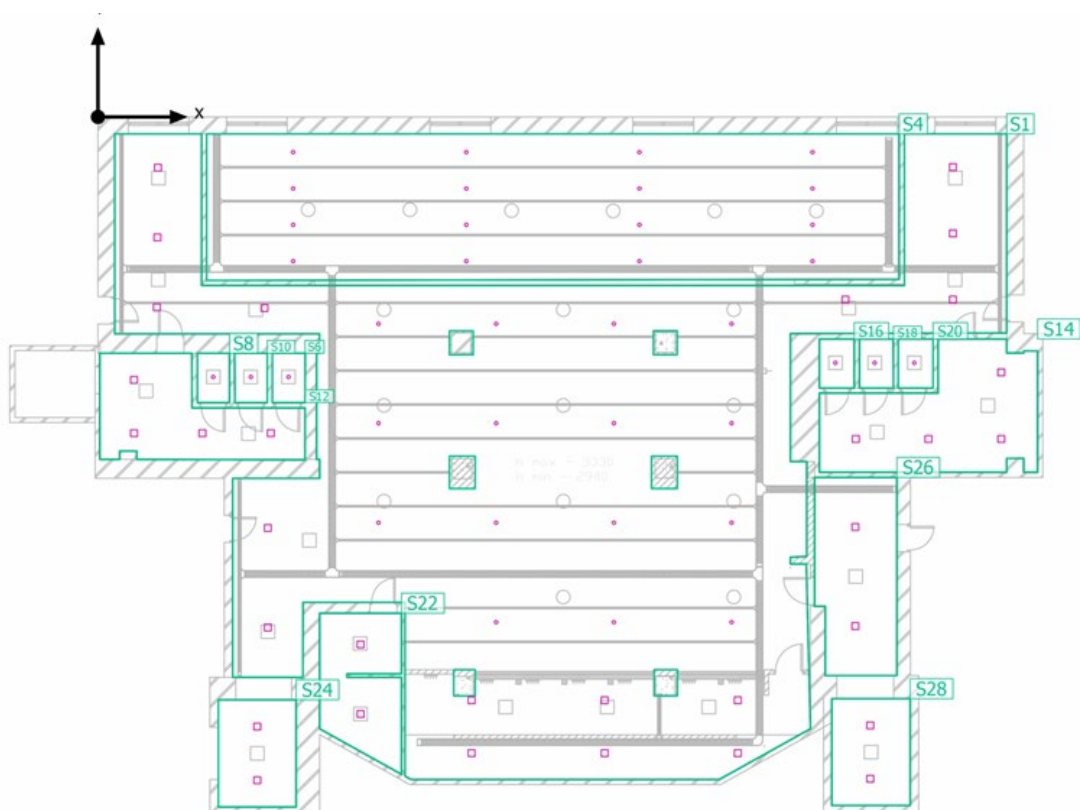


Рисунок 2.4 – Розрахункові об'єкти

Характеристики		Е _{мін}	Е _{макс}	g ₁	g ₂	Індекс
Робочі поверхні	(Задане)					
Приміщення 1	91.9 lx	6.12 lx	378 lx	0.067	0.016	S1
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 2	103 lx	10.5 lx	288 lx	0.10	0.036	S4
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 3	135 lx	23.1 lx	204 lx	0.17	0.11	S6
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 4	161 lx	109 lx	199 lx	0.68	0.55	S8
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 5	161 lx	110 lx	200 lx	0.68	0.55	S10
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 6	161 lx	111 lx	199 lx	0.69	0.56	S12
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 7	107 lx	11.4 lx	176 lx	0.11	0.065	S14
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 8	159 lx	107 lx	198 lx	0.67	0.54	S16
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 9	160 lx	108 lx	198 lx	0.68	0.55	S18
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 10	159 lx	110 lx	199 lx	0.69	0.55	S20
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 11	94.0 lx	9.05 lx	168 lx	0.096	0.054	S22
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 12	129 lx	57.0 lx	198 lx	0.44	0.29	S24
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 13	87.1 lx	10.7 lx	204 lx	0.12	0.052	S26
Перпендикулярна освітленість	(≥300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					
Приміщення 14	128 lx	55.7 lx	199 lx	0.44	0.28	S28
Перпендикулярна освітленість	(≥ 300 lx)					
Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	✗					

76

Рисунок 2.5 –Робочі поверхні

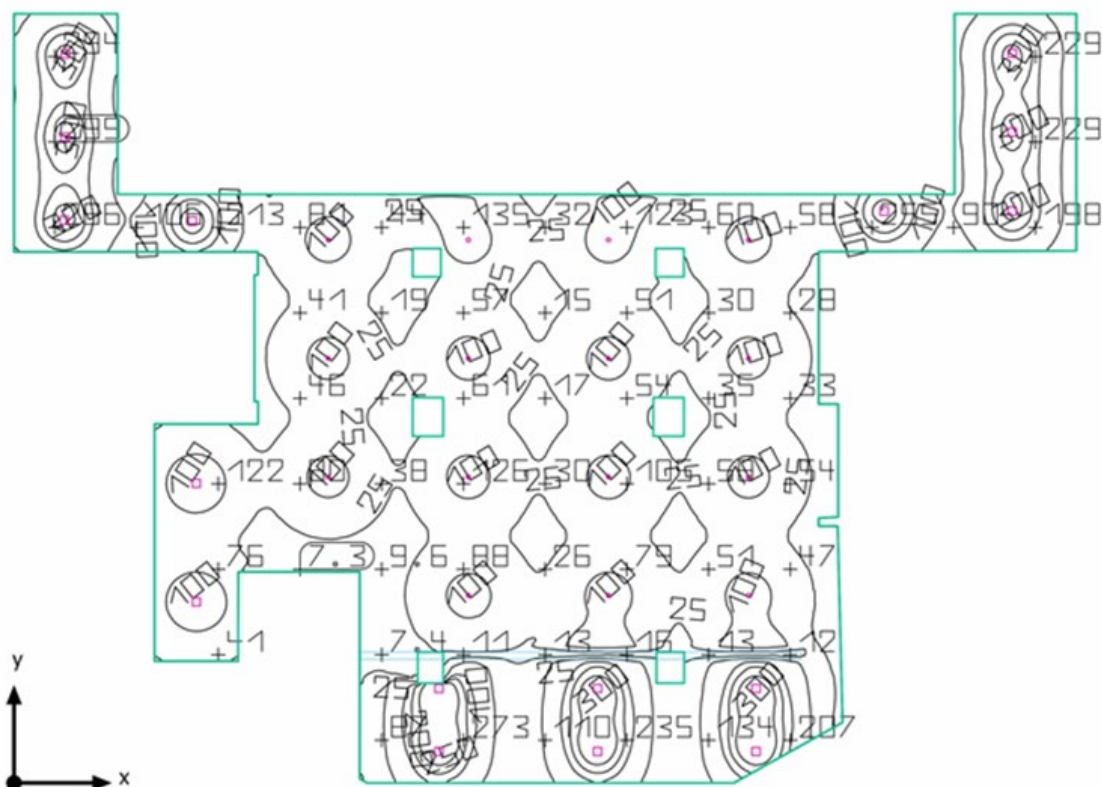


Рисунок 2.6 –Приміщення 1

Поверхня основи: 249.05 m² | Коефіцієнт відображення: Стеля: 70.0 %, Стіни: 50.0 %, Підлога: 20.0 % |

Коефіцієнт використання: 0.80 | Висота приміщення: 2.800 m | Висота монтажу: 2.800 m.

Таблиця 2.1 -Результати розрахунку

Результат	Розмір	Розраховано	Задано	Перевірка
Робоча площа	Ї	91.9 lx	≥ 300 lx	×
	g1	0.067	-	-
Параметри споживання	Споживання	6800 kWh/a	макс. 5000 kWh/a	×
	LENI	27 kWh/a/m ²	макс. 15 kWh/a/m ²	×
	Затрати	9777 грн/а	макс. 5000 грн/а	×
Питома споживана потужність	Приміщення	7.57 W/m ²	-	-
		8.24 W/m ² /100 lx	-	-

Таблиця 2.2 - Перелік світильників

шт.	Виробник	№ Вироби	Назва артикула	P	Φ	Світловідача
15		50/560		50.0 W	560 lm	11.2 lm/W
2		36/720		36.0 W	720 lm	20.0 lm/W
14		76/1360		76.0 W	1350 lm	17.8 lm/W

За результатами розрахунків ми бачимо що середні значення рівня освітленості не досягає мінімальних значень які вказано в ДБН В.2.5-28:2018 [5](таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Приміщення загального призначення культурно-видовищних закладів

Найменування приміщення	$E_{екс}$, лк	U_0 , не менше	URG , не більш	R_a , не менше	$K_{п.}\%$, не більш
Вестибюль при вході в будівлю	100	0,4	22	80	-
Гардероби	200	0,4	25	80	-
Холи	200	0,4	22	80	-
Каси	300	0,6	22	80	20

2.3 Розрахунок витрат на утримання внутрішнього освітлення

Тепер, знаючи характеристики та кількість світильників (табл. 2.2) ми можемо розрахувати загальну споживану потужність та затрати на утримання об'єкту.

Таблиця 2.4 – Розрахункові дані

Найменування	Галогенні лампи		Лампи розжарювання	
Потужність	36	76	50	70
Кількість	18	14	15	22
Строк служби	1200		1000	

Приклад розрахунку: прийнемо тариф на електроенергію в Україні 1.44 грн за 1 кВт*год.

Розрахунок проводиться за умови що лампа працює 12 годин на день, розрахунок витрат проводиться за рік. Скільки лампа працює в рік:

$$250 \cdot 12 = 3000 \text{ годин на рік працює лампа.}$$

Далі зробимо розрахунок витрат одної лампи за одну годину:

- Галогенні лампи $0,036 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ год} \cdot 1.44 = 0,052 \text{ грн};$
- Галогенні лампи $0,076 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ год} \cdot 1.44 = 0,109 \text{ грн};$
- Лампа розжарення $0,05 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ год} \cdot 1.44 = 0,072 \text{ грн};$
- Лампа розжарення $0,07 \text{ кВт} \cdot 1 \text{ год} \cdot 1.44 = 0,101 \text{ грн};$

Розрахуємо загальні витрати за одну годину:

$$0,052 \text{ грн} \cdot 18 + 0,109 \text{ грн} \cdot 14 + 0,072 \text{ грн} \cdot 15 + 0,101 \text{ грн} \cdot 22 = 5,764 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію в рік:

$$5,764 \text{ грн} \cdot 3000 \text{ год} = 17292 \text{ грн} + 5528 \text{ грн} (36 \text{ грн} \cdot 3 \cdot 32 + 14 \text{ грн} \cdot 4 \cdot 37 \text{ на заміну ламп});$$

Не можна не сказати про відсутність будь якої автоматизації. Застаріла ручна система управління освітленням не тільки спричиняє непотрібні втрати електроенергії а також і вимагає персонал займатись управлінням освітлення в той час коли вони повинні виконувати свої обов'язки

2.4 Висновки до розділу 2

В другому розділі дипломної роботи було проведено аналіз існуючого застарілого технічного рішення в системах внутрішнього освітлення, за результатами якого можна зробити висновок , що в системі освітлення недоцільно використовувати вольфрамові освітлювальні пристрої і галогенні світильники завдяки їх не дуже приємним показникам світлового потоку , світловіддачі, та невеликого терміну служби.

Використовуючи ці данні ми можемо визначити опорні місця модернізації внутрішнього освітлення даного об'єкта щоб досягти значної економії електроенергії та , відповідно, фінансових ресурсів.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		30

3 МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ОСВІТЛЕННЯ ІСНУЮЧОГО ОБ'ЄКТУ А

3.1 Підбір енергоефективних технічних рішень в системі внутрішнього освітлення

Першим і найбільш ефективним буде заміна джерела живлення на більш ефективне. Спираючись на сказане вище буде доречим в якості основних освітлюючих приладів використати світлодіодні світильники, як більш ефективні, менш енергозатратні, універсальні в плані взаємодії з різними елементами автоматики та управління, прості під час монтажу та в обслуговуванні.

Другим буде впровадження автоматизованої системи керування, що є одним з основних шляхів підвищення економічності та енергоефективності систем освітлення з можливістю урахування зовнішніх факторів з допомогою використання новітніх технологій. Наприклад: Системи автоматичного регулювання освітлення в залежності від зовнішніх факторів. Пристрої управління освітленням мають забезпечувати зручність в експлуатації, мінімальні витрати часу на включення (відключення) освітлювальної установки, максимальне використання природного світла з урахуванням режимів роботи технологічного обладнання виробничого об'єкта [10].

На сьогоднішній день найчастіше використовують наступні типи систем керування освітленням (рис. 3.1).

1. Регулювання системи освітлення за допомогою датчиків освітлення. Це регулювання здійснюється за допомогою інформації, які отримують інформацію з датчиків освітлення встановлених в приміщенні, що до рівня освітленості даного приміщення.

Перевагами даного типу управління є :

- ефективне використання освітлювальних установок;
- можливість датчиків стежити за зміною освітленості і після проходження природним освітленням заданого порогу;

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		31

- плавне регулювання світлового потоку.

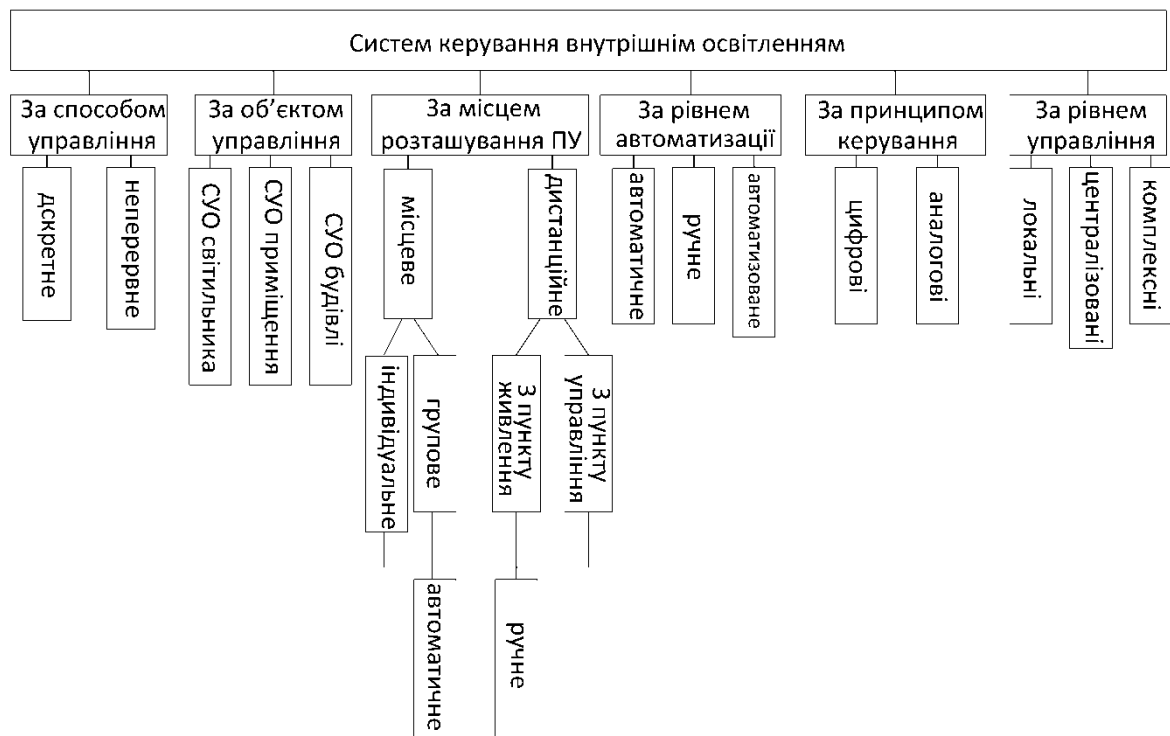


Рисунок 3.1 – Керування системами освітлення

До недоліків можна віднести:

- продовження роботи освітлювальних установок при відсутності людей в приміщенні.

2. Регулювання освітлення датчиками руху. Включення освітлювальних приладів, при даній системі управління, відбувається тільки після того як датчик зафіксує рух людей у приміщенні.

Перевагами даного типу є:

- економія електроенергії за рахунок відключення освітлення в момент відсутності людей в приміщенні;
- функціональність;
- простота і зручність експлуатації.

До недоліків можна віднести:

- велику вартість даної системи;

- складність монтажу;
- можливість помилкових спрацювань.

3. Інтелектуальні системи управління. В даних системах управління адаптивне управління програмно реалізується за допомогою методів штучного інтелекту.

До переваг можна віднести:

- автономність системи освітлення;
- універсальність;
- централізація всієї системи.

Недоліками є:

- дороговизна обланання;
- установка та налаштування вимагає наявності спеціаліста в даній сфері.

Системи управління освітлювальними мережами – на сьогоднішній день є складним технічним завданням , від його результату якого залежать умови, при яких будуть використовуватись ОП.

Щоб значно понизити витрати електроенергії на систему освітлення, доречно використовувати раціональну систему управління системою внутрішнього освітлення. Ця система дозволяє здійснити включення або відключення освітлювальних приладів та регулювання їх світлового потоку за наступних умов:

- в залежності від рівня природного освітлення приміщення (наприклад, за сигналами фотореле);
- в залежності від зміни часу, дня тижня (наприклад, по сигналах таймерів);
- в залежності від сигналів ,що надходять від датчиків присутності;
- від натиснення кнопок управління людиною.

Третім будуть регулятори освітлення. Завданням регуляторів освітлення є забезпечення ефективного освітлення в потрібному місці і протягом заданого часу. За допомогою ручних регуляторів можна отримати керування освітленням окремими групами освітлювальних пристроїв або ж

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		33

індивідуальними світильниками. Автоматичні регулятори бувають декількох видів: фотоелектричні, безконтактні, регулятори з таймером.

Наступним буде підвищення коефіцієнта потужності мережі що є одним із найважливіших заходів щодо економії електроенергії. Цей метод дозволяє зменшити споживання реактивної потужності електроустановками, а тим самим зменшити втрати в енергосистемі що спрямовані на передачу реактивної потужності.

Не можн а не сказати про підтримку номінального рівня напруги в освітлювальній мережі. Коливання напруги призводить до перевитрат електроенергії. Напруга на виході не повина бути більше 105% і нижче 85% номінальних значень напруги. Зменшення напруги на 1% викликає зниження світлового потоку ламп: розжарювання – на 3-4%, люмінесцентних – на 1,5% і ртутних люмінесцентних ламп на 2,2%.

Для того щоб уникнути впливу коливань напруги на ефективність освітлювальних приладів використовуються компенсуючі пристрої та пристрої автоматичного регулювання напруги. В той час для промислових освітлювальних електромереж використовуються автоматичне регулювання напруги за допомогою вольтодобавочних трансформаторів і включення в мережу додаткової індуктивності.

Для подальшого порівняння та наглядності проаналізуємо основні вимоги до систем внутрішнього освітлення та проведемо розрахунок освітленості об'єкта після модернізації з використанням даних технічних рішень в середовищі DIALux.

3.2 Основні вимоги до системи управління внутрішнім освітленням

Будівлі організацій, офісів, вузів і шкіл будуються за типовими проектами, вони мають подібні характеристики за розмірами приміщень, кольорами стін і стель, розмірами вікон. Освітлюються поширеними типами нерегульованих освітлювальних пристроїв, утворених групами світильників з люмінесцентними

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		34

лампами. Для їх освітлення використовується природне, штучне і змішане освітлення. У таких приміщеннях громадського призначення з великим щоденним потоком людей існує проблема організації контролю освітлення.

Для економного використання електроенергії, необхідної для освітлення приміщень даних організацій, потрібна розробка ефективної системи управління при мінімальній участі людини в процесі її роботи. Система має забезпечувати максимальну енергоефективність при дотриманні встановлених норм рівня освітленості[12].

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

У виборі штучних джерел освітлення до уваги приймаються показники, головними з яких є світловий потік, передача кольорів, розподіл яскравості. Кожен цих показників має чіткі цифрові значення, так, в ДБН В. 2.5–28–2018 нормується показник осліпленості P , коефіцієнт пульсації K_n , %, індекс кольоропередачі R_a .

Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному, три методи: світлового потоку (коефіцієнта використання), точковий та питомої потужності.

При підборі світлотехнічного обладнання ми маємо керуватися вимогами затвердженими Постановою КМУ № 992 від 15.10.2012р. «Про затвердження вимог до світлодіодних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення.[14]

Світильники повинні відповідати даним вимогам (табл 3.1).

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		35

Таблиця 3.1 – Вимоги до світильників

Вимоги	Мінімальні значення	Обрані світильники
Коефіцієнт корисної дії допоміжних електронних пристроїв	на 5,10,25 Вт відповідно не менше 70,75,80 %	76%
Значення світлової ефективності	не менше як 85 лм/Вт	114 лм/Вт
Коефіцієнт потужності, не менше	0,9	0,92
Гарантійний термін на світильник	не менше 5 років	7-9 років
Рівень спаду світлового потоку на 30%	не більше ніж за 25000 годин	21000
Мінімально допустимі значення індексу кольоропередачі	70	90

3.3 Розрахунок освітлення за методом коефіцієнта використання світлового потоку

Для налаштування системи управління освітленням проведемо типовий розрахунок освітлення для Об'єкту А. Проводити розрахунок будемо використовуючи метод коефіцієнта використання світлового потоку. Метод світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та стелі[13].

Для прикладу розрахунку візьмемо робоче приміщення. Нормована освітленість для даного типу приміщення, згідно з санітарними нормами повина бути не нижче $E = 300$ лк, коефіцієнт запасу $k = 1,2$, висота робочої поверхні $H_p = 1,2$ м, коефіцієнти відбиття поверхонь приміщення, $\rho_p = 50\%$, $\rho_c = 30\%$, $\rho_{pr} = 10\%$.

В приміщенні, для прикладу, передбачається встановити світлодіодні світильники з підвіскою на трос ($h_c = 0.7$ м), світильники мають КСС типу Д, загальний ККД - 82%, ККД в нижню півсферу - 76%.

Почнемо розрахунок з визначення розрахункової висоти, згідно з вихідними даними за допомогою формули (3.1):

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		36

$$h = H - H_p - h_c, \quad (3.1);$$

$$h = 4,5 - 1,2 - 0,7 = 2,6 \text{ м.}$$

Для прийнятих до установки світильників

$$\lambda_0 = 1,4 - 1,6 \text{ (табл. 3.2).}$$

Виходячи з оптимальних співвідношень, визначаємо відстань між світильниками за допомогою формули (3.2):

$$L_0 = \lambda_0 \cdot h, \quad (3.2);$$

$$L_0 = 1,6 \cdot 2,6 \approx 4,16 \text{ м.}$$

Таблиця 3.2 – **Оптимальні відносні відстані між світильниками**

Тип кривої сили світла	Значення λ_0	
Глибока	1,0	1,1
Косинусна	1,4	1,6
Рівномірна	1,7	1,9
Напівширока	2,5	2,5

В розрахунках приймається округлене значення відстані, $L_0 = 4,2 \text{ м.}$
Виходячи з розмірів приміщення, проводиться розрахунок розміщення світильників:

1) розрахунок кількості рядів за формулою:

$$NB = B/L_0, \quad (3.3);$$

$$NB = 14 / 4,2 = 4 \text{ ряда.}$$

2) розрахунок кількості світильників в ряду:

$$N_A = A/L_0, \quad (3.4);$$

$$N_A = 23 / 4,2 = 6 \text{ світильників.}$$

3) загальна кількість світильників:

$$N = N_B \cdot N_A, \quad (3.5);$$

$$N = 4 \cdot 6 = 24 \text{ світильника.}$$

4) відстань від крайніх рядів до стін:

$$14 - 10,5 = 3,5 / 2 = 1,75 \text{ м};$$

5) відстань від крайніх світильників в ряду до стін :

$$23 - 19,5 = 3,5 / 2 = 1,75 \text{ м.}$$

в рекомендовані значення

$$0,3 - 0,5 L_0 \text{ (укладаємося).}$$

З метою визначення коефіцієнта використання світлового потоку знаходиться індекс приміщення: $i = 3,82$.

Коефіцієнт використання світлового потоку визначається згідно з додатками 3 і 4 [14] для світильників з 100% ККД: в нижню півсферу, $\eta_1 = 0,84$; в верхню півсферу, $\eta_2 = 0$;

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		38

Коефіцієнт використання світлового потоку прийнятих світильників, з урахуванням їх реального ККД в нижню півсферу:

$$\eta = 0,84 \cdot 0,72 \approx 0,6.$$

Визначається світловий потік одного світильника за формулою:

$$\Phi = E \cdot k \cdot Z \cdot S / N \cdot \eta \quad (6);$$

$$\Phi = 18 \cdot 1.2 \cdot 1.15 \cdot 294 / 24 \cdot 0.6 \approx 1409 \text{ лм.}$$

Виходячи з розрахунку, підбирається джерело світла з необхідним світловим потоком. При використанні світильників світлодіодного типу, потужністю 18 Вт, зі світловим потоком $\Phi = 2022$ лм, $Ra = 42$. У цьому випадку рівень освітленості буде вище нормованої, так як перевищення потоку прийнятого джерела перевищує розрахунковий світловий потік на 31%, що вище рекомендованих значень (-10%, + 20%).

В цьому випадку треба перевірити рівень освітленості з прийнятими джерелами світла і з'ясувати можливість зменшення кількості світильників за формулою :

$$E = \Phi \cdot N \cdot \eta / Z \cdot k \cdot S \quad (7);$$

$$E = 2022 \cdot 24 \cdot 0.6 / 1.2 \cdot 1.15 \cdot 294 = 71.8 \text{ лк.}$$

Встановлена потужність при використанні СДЛ буде:

$$P_{\text{вст}} = 24 \times 18 = 432 \text{ Вт.}$$

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		39

Найменшу встановлену потужність мають світлодіодні джерела світла, тому вони і були обрані у якості основних освітлювальних пристроїв.

Освітленість

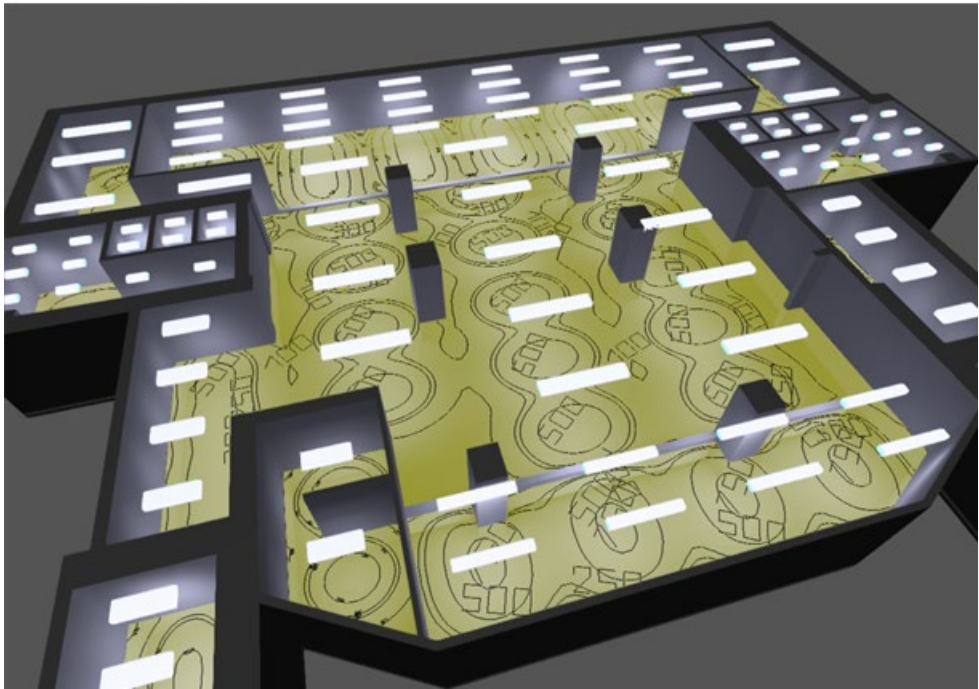


Рисунок 3.2 –Освітленість

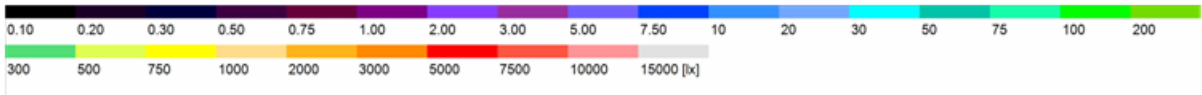
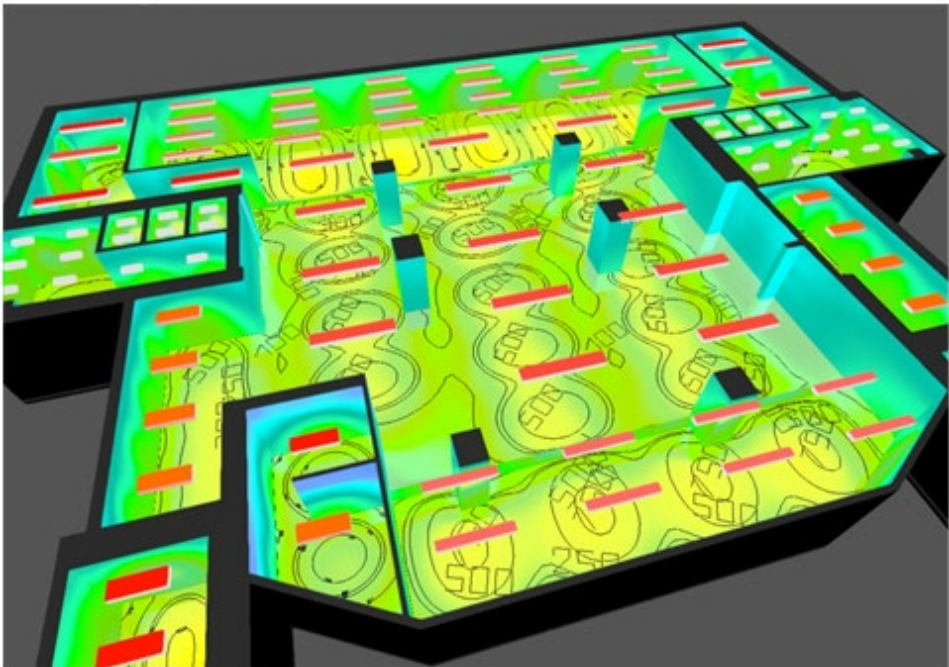


Рисунок 3.3 – Освітленість [Lx]

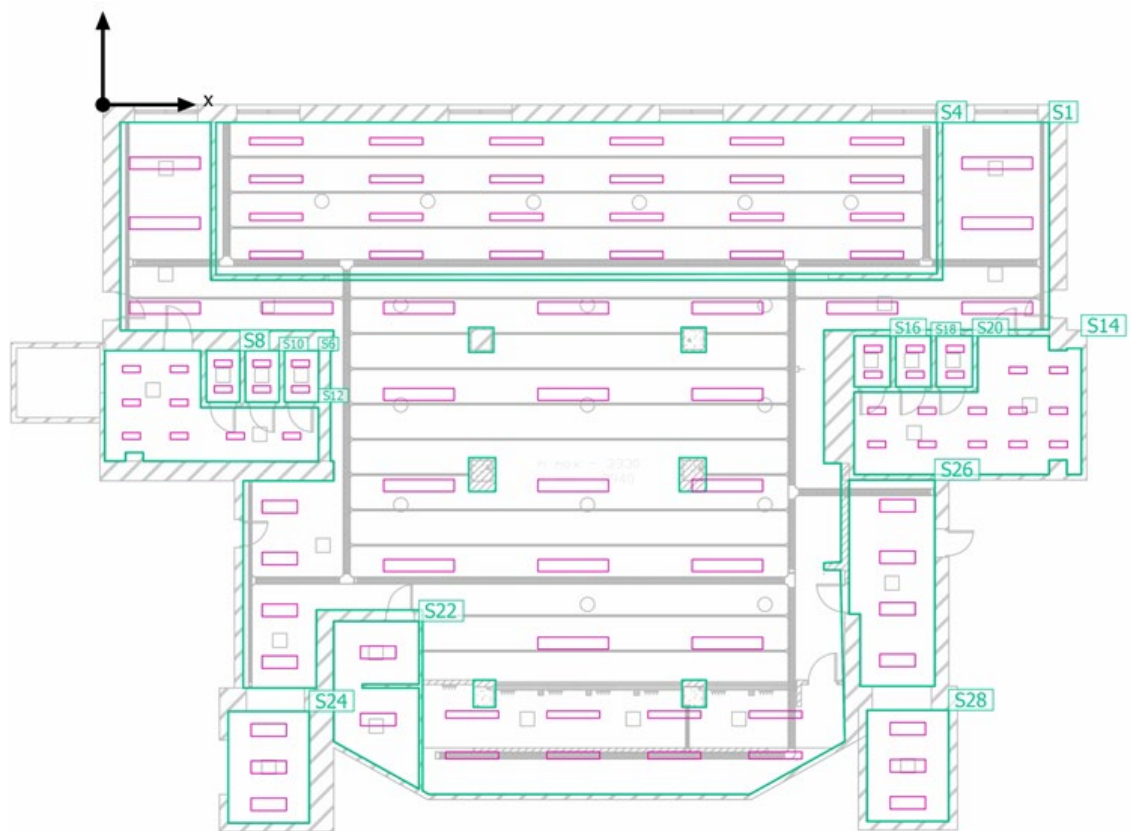


Рисунок 3.4 – Розрахункові об'єкти

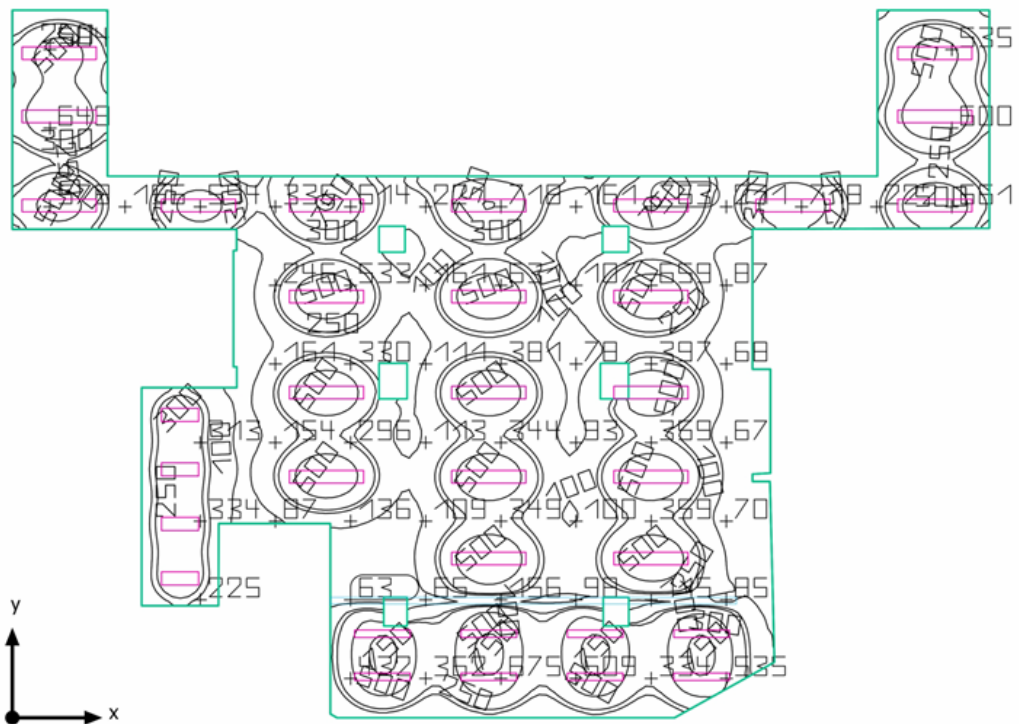


Рисунок 3.5 – Приміщення 1

Робочі поверхні						
Характеристики	E	E _{мін}	E _{макс}	E _г	E _с	Індекс
	(Заданое)					
Приміщення 1 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	321 lx (≥ 300 lx) ✓	35.7 lx	827 lx	0.11	0.043	S1
Приміщення 2 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	537 lx (≥ 300 lx) ✓	135 lx	944 lx	0.25	0.14	S4
Приміщення 3 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	446 lx (≥ 300 lx) ✓	171 lx	713 lx	0.38	0.24	S6
Приміщення 4 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	526 lx (≥ 300 lx) ✓	434 lx	606 lx	0.83	0.72	S8
Приміщення 5 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	526 lx (≥ 300 lx) ✓	433 lx	608 lx	0.82	0.71	S10
Приміщення 6 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	525 lx (≥ 300 lx) ✓	430 lx	605 lx	0.82	0.71	S12
Приміщення 7 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	489 lx (≥ 300 lx) ✓	85.7 lx	764 lx	0.18	0.11	S14
Приміщення 8 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	415 lx (≥ 300 lx) ✓	336 lx	481 lx	0.81	0.70	S16
Приміщення 9 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	418 lx (≥ 300 lx) ✓	336 lx	481 lx	0.80	0.70	S18
Приміщення 10 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	414 lx (≥ 300 lx) ✓	334 lx	481 lx	0.81	0.69	S20
Приміщення 11 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	336 lx (≥ 300 lx) ✓	21.2 lx	909 lx	0.063	0.023	S22
Приміщення 12 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	680 lx (≥ 300 lx) ✓	260 lx	1056 lx	0.38	0.25	S24
Приміщення 13 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	421 lx (≥ 300 lx) ✓	107 lx	635 lx	0.25	0.17	S26
Приміщення 14 Перпендикулярна освітленість (адаптивний) Висота: 0.800 m, Крайова зона: 0.000 m	543 lx (≥ 300 lx)	207 lx	848 lx	0.38	0.24	S28

Рисунок 3.6 –Робочі поверхні

Поверхність основи: 249.05 m² | Коефіцієнт відображення: Потолок: 70.0 %,
Стіни: 50.0 %, Поли: 20.0 % |

						02.15. ЕС2027.MP.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		42

Коефіцієн використання: 0.80 | Висота приміщення: 2.800 m | Висота монтажу: 2.800.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку

Результат	Розмір	Розраховано	Задано	Перевірка
Робоча площа	Ї	321 lx	$\geq 300 \text{ lx}$	✓
	g1	0.11	-	-
Параметри споживання	Споживання	2600 kWh/a	макс. 5000 kWh/a	✓
	LENI	10 kWh/a/m ²	макс. 15 kWh/a/m ²	✓
	Затрати	3732 грн/a	макс. 5000 грн/a	✓
Питома споживана потужність	Приміщення	2.89 W/m ²	-	-
		0.90 W/m ² /100 lx	-	-

Таблиця 3.4 – Перелік світильників

шт.	Виробник	№ Вироби	Назва артикула	P	Ф	Світловіддача
22				24.0 W	2738 lm	114.1 lm/W
8				18.0 W	2022 lm	112.3 lm/W
4				12.0 W	1379 lm	114.9 lm/W

В результаті реалізації системи освітлення на основі світлодіодів досягається істотна економія електроенергії. Вона складається з економії, обумовленої використанням енергоефективних джерел світла та застосуванням системи управління освітленням. Ці розрахунки також підтверджують, що заміна вольфрамових ламп на світлодіодні світильники з системою управління освітленням дає значну економію електроенергії.

3.4 Висновки до розділу 3

В третьому розділі дипломної роботи розглянуто енергоефективні рішення модернізації внутрішнього освітлення. Було проведено аналіз існуючих автоматизованих систем управління внутрішнім освітленням їх класифікація та основні функції систем автоматизованого управління внутрішнім освітленням

до яких відносять: точну підтримку штучної освітленості в приміщенні на заданому рівні, облік часу доби та днів тижня, облік присутності людей в приміщенні, обладнанням даними системами, облік природнього освітлення в приміщенні та дистанційне керування освітлювальною установкою.

Також було проведено аналіз діючих вимог до систем внутрішнього освітлення та ра розрахунок за методом коефіцієнта використання світлового потоку та розрахунки у середовищі DIALux опираючись на досліджені раніше вимоги

Отже, використовуючи описані вище методи ми можемо значною мірою підвищити освітлювальний потенціал будь якого приміщення, сильно підвищити рівень освітленості в них при збереженні фінансових вкладень як і до модернізації, або достатньо знизити їх не виходячи за мінімуми вимог до систем освітлення за рахунок використання тих же енергоефективних методів.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		44

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Освітлювальне обладнання є одним із найбільш необхідних елементів сучасних житлових будинків, чи громадських та виробничих підприємств. З боку енергоспоживання системи внутрішнього освітлення становлять значну частку споживачів електричної енергії. І на сьогоднішній день величина електрики яку вони споживають зростає, що формує ряд проблем. Тому дана дипломна робота присвячена вирішенню питань підвищення енергоефективності системи внутрішнього освітлення за рахунок зміни основних освітлювальних приладів, алгоритмів енергоефективного управління та впровадження системи автоматизованого управління освітленням є досить актуальною.

У дипломній роботі отримано наступні результати:

- Проведено дослідження існуючих способів покращення енергоефективності систем освітлення з використанням новітніх методів та технологій.

- Проведено порівняльний аналіз різноманітних джерел світла, які використовуються в системах внутрішнього освітлення і було визначено, що за показниками економічних витрат, функціональності, світлового потоку, та можливостей по регулюванню потужності в системах автоматизованого управління освітленням доцільно використовувати світлодіодні освітлювальні прилади.

- Проведено розрахунок освітлення декількома способами та підбір відповідного освітлювального обладнання.

Отже, можемо вважати, що завдання дипломної роботи виконано в повному обсязі, прийняті рішення – правильні та обґрунтовані. Слід відмітити якість проведених досліджень, використання сучасних досягнень науки, техніки, інформаційних та інженерних технологій.

Викладення матеріалу у дипломній роботі послідовне, логічне та свідчить про вміння автора працювати з науково-технічною літературою, аналізувати

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		45

теоретичні та практичні відомості. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу відповідає вимогам діючих стандартів.

						02.15. ЕС2027.MP.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		46

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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://eenergy.com.ua/energoefectyvnist/ekonomiya-elektroenergiyi-na-pidpryyemstvi/>(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-svitilnikiv/>(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).

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		47

10. Освітлення виробничих приміщень — види промислових світильників [електронний ресурс].—Режим доступу: <https://stolb.com.ua/osvitlennya-virobnichikh-primishchen-vidi-promislovikh-svitilnikiv/>(дата звернення 16.05.20).

11. Що ми знаємо про добові біоритми[електронний ресурс]. —Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-45950536>.(дата звернення 1.06.20).

12. К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями». Харків:ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2018. – 56с.

13. Герба І.А., Якімішина В.В. Розробка системи автоматичного керування освітлювальними установками зовнішнього та внутрішнього освітлення на Донецькому електротехнічному заводі. [електронний ресурс].— Режим доступу: <http://masters.donntu.org/2017/etf/gerba/diss/indexu.htm>.(дата звернення 11.06.20).

14. Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп, що використовуються в мережах змінного струму з метою освітлення». від 15 жовтня 2012р.№992. Київ.

						02.15. ЕС2027.МР.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Кільк.	Арк. №	док.	Підп.	Дата		48