

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр

на тему: «Розробка системи управління освітленням складських приміщень»

КРБ.141ЕЕбд\_41.01.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти за  
освітньо-професійною програмою  
Електротехніка, електроенергетика та  
електромеханіка  
спеціальності 141 Електротехніка,  
електроенергетика та електромеханіка  
ступеня вищої освіти «бакалавр»  
групи 141ЕЕбд\_41  
Біловод Іван Вікторович  
Керівник: канд. техн. наук, доцент  
Басова Ю.О.

**Полтава – 2025 рік**

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ .....	10
1.1 Вимоги до освітлення складських приміщень .....	10
1.2 Характеристика джерел світла для освітлення складських приміщень .....	14
1.3. Огляд сучасних систем автоматизації освітлення .....	17
Висновки до розділу 1 .....	20
РОЗДІЛ 2 ПРИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ .....	22
2.1 Характеристика складу .....	22
2.2 Умови зберігання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин .....	23
2.3 Вибір обладнання для освітлення складу .....	26
Висновок до розділу 2 .....	33
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДУ .....	34
3.1 Визначення основних параметрів освітлення складу .....	34
Висновок до розділу 3 .....	44
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ОХОРОНА ПРАЦІ .....	45
4.1. .... Розрахунок витрат на електроенергію при класичному управленні освітлення .....	45
4.2 Розрахунок витрат на електроенергію після встановлення системи розумного освітлення .....	47
4.3. Розрахунок економії та терміну окупності .....	49
4.4. Нормативно-правова база охорони праці в електротехнічній галузі .....	51

4.5. Організаційні заходи щодо кваліфікації та підготовки персоналу...	52
4.6. Організаційні та технічні заходи безпеки в електротехнічній галузі	53
Висновок до розділу 4 .....	56
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У сучасних умовах стрімкого розвитку технологій висуваються нові вимоги до енергоефективності, водночас відкриваючи більше можливостей для підвищення економічної ефективності експлуатації освітлювальних систем шляхом впровадження автоматизованих систем керування [1–4]. Грамотно спроектована та реалізована система управління освітлювальною мережею дозволяє більш раціонально використовувати освітлювальні установки (ОУ), що позитивно впливає на якість освітлення, сприяє зростанню продуктивності праці, зменшенню кількості дефектної продукції та зниженню рівня виробничого травматизму [3].

Сучасні системи управління освітленням базуються на застосуванні датчиків часу, рівня освітленості, наявності людей у приміщенні, а також комбінованих датчиків, що поєднують ці функції [4, 5]. Такі системи можуть використовуватись як у світлотехнічних установках із можливістю регулювання рівня освітлення, так і в системах без цієї функції [6].

Зважаючи на важливість зазначених проблем **метою** є проектування автоматизованої системи керування освітленням складських приміщень, яка забезпечить ефективне використання електроенергії шляхом адаптації роботи освітлювальних приладів до умов експлуатації (присутності людей, рівня природного освітлення та часу доби) на основі сучасних технологій (датчики присутності, освітленості, часу тощо). Для досягнення мети були виконані наступні **завдання**:

- провести аналіз вимог до освітлення складських приміщень відповідно до нормативних документів;
- дослідити сучасні джерела світла, що застосовуються для освітлення складів;
- проаналізувати сучасні автоматизовані системи керування освітленням, зокрема на основі сенсорів руху та освітленості;

- вибрати обладнання для освітлення з урахуванням технічних і економічних параметрів;
- виконати світлотехнічний розрахунок освітлення приміщення складу;
- розрахувати витрати на електроенергію при традиційному та розумному керуванні та оцінити економічний ефект від впровадження системи розумного освітлення.
- обґрунтувати заходи з охорони праці при впровадженні системи керування освітленням.

**Об'єкт дослідження** – система електричного освітлення складських приміщень. **Предмет дослідження** – процеси проектування та впровадження автоматизованої системи керування освітленням на основі сучасних світлодіодних світильників та сенсорних пристроїв (датчиків руху, присутності, освітленості).

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у розробці ефективної системи освітлення для складських приміщень з урахуванням вимог енергоефективності, нормативної бази та безпеки праці.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення та результати досліджень були висвітлені та обговорені на II Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції (м. Кам'янець-Подільський, 11 листопада 2022 р.); XXI Міжнародному форумі молоді «Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті» (м. Харків, 10-11 квітня 2025 р.)

**Публікації** Основний зміст і результати кваліфікаційної роботи опубліковано у 2 збірниках матеріалів конференції:

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел, додатків. Роботу таблицями та рисунками.

## РОЗДІЛ 1

### ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

#### 1.1 Вимоги до освітлення складських приміщень

В Україні норми освітлення виробничих приміщень регламентуються ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення [7]. Норми освітлення залежать від функціонального призначення простору, виду робіт та візуального навантаження на персонал.

Основна мета ДБН В.2.5-28:2018 [7] полягає у забезпеченні двох ключових завдань:

- створення оптимальних умов освітлення для підвищення продуктивності та ефективності роботи.
- забезпечення безпеки і здоров'я працівників за рахунок правильного рівня освітлення.

Для досягнення поставлених цілей необхідно:

- застосовувати сучасні та якісні освітлювальні системи;
- забезпечити їх правильне та раціональне розміщення в приміщенні;
- організувати ефективне основне та робоче штучне освітлення, яке буде достатньо яскравим, рівномірним і збалансованим, без негативних впливів, таких як відблиски, осліплення чи пульсації.

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 [7], рівень освітленості у виробничих і складських приміщеннях має враховувати фізіологічні особливості людини, зокрема зорову напругу, а також характер виконуваних робіт і специфіку діяльності. Під час проектування освітлення складів необхідно зважати на такі чинники:

- сфера діяльності: для деяких галузей, наприклад хімічної, потрібне застосування спеціальних герметичних та вибухозахищених світильників;

- тип роботи: наявність ручної праці вимагає вищої освітленості порівняно з повністю автоматизованими процесами;
- розмір об'єктів та точність зорових завдань: чим менші деталі й вища точність, тим більші вимоги до освітлення (наприклад, у зонах комплектування або маркування);
- контрастність між поверхнею, інструментами й деталями: при низькій контрастності потрібно забезпечити більший рівень світлового потоку;
- швидкість виконання операцій і переміщення вантажів за складом: чим вища швидкість руху, тим яскравішим має бути освітлення для забезпечення безпеки та зменшення ризику травм.

Норми зорових робіт за сферами діяльності наведені в табл. 8.12-8.24 ДБН В.2.5-28:2018 [7] та частково систематизовані у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Норми освітленості для підприємств різних сфер діяльності

Сфера діяльності підприємства	Норма освітленості, лк
Ручна праця на установках	300
Фармацевтика	500
Текстильна промисловість (точне в'язання, шиття)	750
Типографія (друк)	1000
Електротехніка	1500

Дані в табл. 1.1 показують, що вимоги до освітлення залежать від типу діяльності підприємства.

У попередній редакції ДБН В.2.5-28-2006 не були передбачені світлодіодні лампи. В оновленій редакції чітко визначено вимоги до їх якості (табл 1.2. [7]):

Таблиця 1.2 – Основні вимоги до сучасних джерел світла

Тип джерела світла	Корельована колірна температура, К	Світловідача (лм/Вт) при індексі кольоропередавання		
		≥ 90 Ra	90 – 80 Ra	80 – 60 Ra
Люмінесцентні	2700-6500	-	70	75
Металогалогенні	2700-6500	-	70	90
Світлодіодні	2700-3500	75	75-98	98-144
Світлодіодні	4000-5700	75	75-98	98-144
Світлодіодні	5700-6500	75	75-98	98-144

Вимогами ДБН В.2.5-28-2018 (п. 7.2) [7] передбачено, що, яскравість світла (світловий потік) повинен бути не менше 200 лк при газорозрядних, 100 лк – при світлодіодних (СВД) лампах.

У ДБН В.2.5-28-2018 [7] акцентується увага на необхідності регулярного чищення систем освітлення. У табл. 1.3 наводяться строки та періодичність.

Таблиця 1.3 - Періодичність чищення світильників на підприємствах

Періодичність чистки світильників, років	Клас виробничого приміщення	Приклад приміщення
3	Чисті	Цехи електропромисловості, обчислювальні центри
2	Нормальні	Лабораторії, склади, майстерні
1	Забруднені	Заводи

Виконання вимог [7] забезпечує якісний світловий потік, досить яскравий для продуктивної роботи персоналу.

У табл 1.4 наведені норми освітленості складів, які поширюються на всі їх типи, незалежно від призначення складу, класу, розмірів [7, 8].

Таблиця 1.4 - Норми освітленості для складів

Приміщення і виробничі ділянки, устаткування, споруди	Нормована освітленість, лк, $E_{екс.}$
Склади, комори хімікатів, карбиду кальцію, кислот, лугів тощо	50
Склади зі стелажним зберіганням:	
а) експедиція прийому і видачі вантажу	200
б) транспортно-розподільна система	150
в) зона сховища:	50
- на осередках і валах;	75
- на стрілах	150

Ключовий принцип організації робочого та чергового освітлення (для зон із розташуванням столів, стелажів і проходів для техніки) полягає в рівномірному розміщенні світильників із фіксацією над функціонально важливими ділянками. Це реалізується шляхом:

- встановлення лінійних світильників уздовж проходів між стелажими;
- розміщення джерел світла під заданим кутом для кращого охоплення робочої зони;
- використання світильників зі спеціальними кривими сили світла – ламп із лінзами, які формують спрямоване світлове випромінювання [8-12].

Таким чином, в Україні норми освітлення виробничих приміщень регламентуються ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» [7]. Вони встановлюють диференційовані вимоги до рівня освітленості залежно від призначення приміщення, характеру виконуваних робіт та зорового навантаження. Наприклад, для електротехнічної промисловості передбачено рівень 1500 лк, тоді як для вантажно-розвантажувальних робіт у складських

зонах – 150 лк. Документ також містить рекомендації щодо вибору джерел світла та вимоги до періодичності обслуговування світильників.

## **1.2 Характеристика джерел світла для освітлення складських приміщень**

Для освітлення складських приміщень найчастіше використовували такі типи джерел світла [10, 11, 13-15]:

- розрядні ( ртутні лампи низького тиску - лінійні люмінесцентні, ртутні газорозрядні лампи високого тиску, металогалогенні, натрієві лампи високого тиску) лампи;
- теплові (розжарювання) лампи.

Люмінесцентні лампи (ЛЛ) (газорозрядні лампи низького тиску) являють собою розрядні джерела світла низького тиску, в яких ультрафіолетове випромінювання ртутного розряду перетворюється люмінофором у більш довгохвильове випромінювання.

Застосовуються у зовнішньому та внутрішньому освітленні великих громадських, промислових приміщень, також її часто використовують і в побуті.

До переваг люмінесцентних ламп відносяться: відносна простота, значний діапазон з погляду передачі кольору, відносно висока світловіддача, значний термін служби. До недоліків ЛЛ можна віднести: миготіння лампи, наявність пускорегулюючої апаратури (ПРА), малий діапазон потужностей, чутливість до зниження напруги, обмежений температурний діапазон роботи, старіння лампи.

Газорозрядні лампи високого тиску (ГЛВТ) (типу ДРЛ) – це дугові ртутні люмінесцентні лампи високого тиску овальної форми, в яких невидиме УФ випромінювання ртутного розряду перетворюється на видиме люмінофором

Ртутні кварцеві лампи високого тиску, конструкція яких представлена на (рис 1.2.), заповнені аргоном, мають малі габарити і високий тиск (0,3 – 0,5 МПа), що дозволяє підвищити температуру розрядної трубки до 700 – 750 0С. Збільшення питомого навантаження, в порівнянні з люмінесцентною, дозволяє підвищити яскравість лампи в 10 разів [10, 11, 13-15]. Застосовуються вони у великих приміщеннях, зокрема складах з високими стелями.

До переваг ртутних ламп високого тиску, крім високої яскравості, можна віднести: великий діапазон потужностей, високу світловіддачу, значний термін служби, нормальну роботу при низьких температурах. До недоліків ламп можна віднести відносно високу вартість, миготіння лампи, наявність ПРА, чутливість до зниження напруги, погану передачу кольору.

Металогалогенна лампа (МГЛ) (типу ДРИ) являє собою ртутну лампу високого тиску, у колбу якої вводяться добавки у вигляді галогеноїдів різних металів. Галогеноїди металів випаровуються легше ніж метали, що дозволяє широко варіювати спектральний розподіл випромінювання і збільшити світловіддачу в порівнянні з лампами ДРЛ.

Застосовуються вони у високих складах та виробничих приміщеннях.

До переваг металогалогенних ламп можна віднести: високий рівень передач кольору, високу світловіддачу, відсутність люмінофорного покриття, широкий діапазон потужностей, значний термін служби. До недоліків ламп відносять: миготіння лампи, наявність ПРА, залежність світлового потоку від положення лампи, відносно високу вартість.

Натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) (типу ДНаТ) являють собою газорозрядні лампи, які виробляють світло шляхом розряду в парах натрію під високим тиском. Натрієві лампи високого тиску є одними з ефективних джерел світла. Застосовуються ДНаТ часто у вуличному та складському освітленні.

До переваг сучасних НЛВТ можна віднести невеликий спад світлового потоку впродовж терміну служби, що, наприклад, для ламп потужністю 400 Вт становить 10-20% за 15 тисяч годин при 10-годинному циклі горіння. У

ламп, що працюють при більш частих увімкненнях, спад світлового потоку зростає приблизно на 25% при кожному дворазовому скороченні циклу. Таке співвідношення застосовується для розрахунку зниження терміну служби.

Прийнято вважати, що ці лампи застосовуються там, де економічні показники більш важливі, ніж точне відтворення кольорів. Їх теплий жовтий колір підходить для освітлення парків, торгових центрів, доріг, а також, у деяких випадках, для декоративного архітектурного освітлення. Але розвиток цих джерел світла за останнє десятиліття привело до різкого поширення можливостей їхнього використання завдяки виникненню нових видів, а також ламп малої потужності та ламп із поліпшеною передачею кольору. Однак у стандартних НЛВТ є ряд недоліків, з яких у першу чергу необхідно зазначити явно погіршені властивості передачі кольору, що характеризуються її низьким рівнем ( $R_a=25 - 28$ ) і невисокою корельованою кольоровою температурою ( $T_k = 2000 - 2200$  °К).

Лампи розжарювання - освітлювальний прилад, в якому світло випромінюється тугоплавким провідником, нагрітим електричним струмом до розжарення. Принцип дії ламп розжарювання ґрунтується на перетворенні електричної енергії, що підводиться до її волоска, на енергію видимих випромінювань, які впливають на органи зору людини і створюють у неї відчуття світла, близького до білого.

Використовуються вони у невеликих складських приміщеннях, підсобних зонах. Недоліками ЛР є низька їх світлова ефективність (~10-15 лм/Вт), високі витрати електроенергії, короткий ресурс.

У сучасних умовах більшість із цих джерел витіснені світлодіодними (СВД) світильниками, які мають кращу енергоефективність, довший термін служби та не містять шкідливих речовин [10, 11, 13-15].

### 1.3 Огляд сучасних систем автоматизації освітлення

Управління освітленням за допомогою датчиків є прикладом реалізації функцій сучасних систем автоматизації освітлення. Для ефективного управління освітленням за допомогою датчиків необхідні протоколи управління освітленням, які забезпечують зв'язок між компонентами системи.

Досвід показує, що встановлення комплексного автоматизованого контролю та управління системами електроосвітлення дозволяє суттєво заощаджувати електроенергію [16-19].

Розглянемо принцип роботи автоматичної системи управління освітленням (СУО). Для того, щоб знизити споживання електроенергії існує один з ефективних способів – встановлення датчиків руху та присутності. Принцип роботи дуже простий: вони автоматично вмикають або вимикають світло в приміщеннях залежно від інтенсивності природного освітлення чи присутності людей. Завдяки пасивній технології інфрачервоного випромінювання, вбудовані ІР-датчики роблять запис теплової радіації і перетворюють її на вимірюваний електричний сигнал.

Людина випромінює тепло, спектр якого знаходиться в інфрачервоному діапазоні та людське око його не бачить. Основні характеристики датчиків руху та присутності наведені у табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні характеристики датчиків руху та присутності

Показник	Датчик руху	Датчик присутності
Реакція на рух	Реагує лише на активні рухи	Виявляє навіть мінімальні зміни в русі
Вимірювання освітленості	Спрощене: припиняється при реагуванні датчика та включенні штучного освітлення	Точний вимір від природного та штучного освітлення; Продовжується при реагуванні датчика та включенні штучного освітлення
Вмикання освітленості	Просте включення освітлення активується залежно від ступеня освітленості чи руху; Поки є рух, штучне світло залишається ввімкненим	якщо денного освітлення достатньо (за заданим параметром), штучне освітлення не включиться, незважаючи на рух; два канали управління: один – вмикає освітлення (залежно від природного освітлення та присутності людей),

		другий – вмикає вентилятор або інший аналогічний пристрій (залежно від присутності людей); інтерфейс приєднання 1-10 В
Місце розташування	як у приміщенні, так і на відкритому повітрі	є оптимальним для місць, де люди працюють сидячи
Приклад монтажу	<b>Поза будівлями:</b> Дороги, під'їзди до будівель, сходи, відкриті паркування, підземні автостоянки. <b>Усередині будівель:</b> Приміщення, де природне освітлення обмежене або відсутнє (кімнати, кабінети, вітальні, вбиральні, приміщення першого поверху)	<b>Усередині будівель:</b> • Індивідуальні кабінети або офіси з відкритим плануванням • Шкільні кабінети • Конференц-зали • Готельні номери • Вбиральні • Спортивні зали • Сходи та коридори з природним освітленням

При їх виборі потрібно враховувати різні фактори: від місця передбачуваної установки до необхідного сценарію роботи. Також потрібно врахувати дальність дії датчиків та їх чутливість, яка залежить від ряду факторів, здатних змінюватися залежності від стану навколишнього середовища та інших причин:

- діапазон дії;
- визначення оптимальної діагоналі руху людини, щоб визвати спрацювання датчика;
- вплив сезонних коливань температури навколишнього середовища (у середині літа відмінність температури навколишнього середовища та тіла людини буде невеликою, в зимовий час більша частина поверхні тіла людини щільно закрита одягом; погодні явища, як сніг, дощ та туман, поглинають інфрачервоне випромінювання і можуть зменшити діапазон спрацювання датчика) [16-19].

Завдяки інтегрованій температурній стабілізації датчики максимально компенсують і згладжують вплив навколишнього середовища на роботу пристроїв. Після вибору відповідного датчика при його встановленні необхідно врахувати можливі перешкоди, такі як:

- рослини (дерева, кущі), що коливаються під впливом вітру;
- тварини (собаки, кішки тощо);
- гарячі повітряні потоки від вентиляторів або опалювального обладнання;
- електронні джерела втручання, які розташовані в безпосередній близькості, наприклад, телебачення та hi-fi-пристрою, комп'ютери, системи радіозв'язку тощо;
- джерела штучного освітлення, встановлені поруч із датчиками [15, 16].

Розумні системи освітлення являють собою еволюцію традиційних систем, інтегруючи передові технології для забезпечення ефективнішого, адаптивнішого та зручнішого керування світлом. Вони виходять за рамки простого увімкнення та вимкнення, пропонуючи динамічне регулювання, автоматизацію та можливості зв'язку для оптимізації освітлення в різних середовищах.

Сучасні системи керування освітленням функціонують на основі взаємодії контролерів і виконавчих елементів, які забезпечують автоматичне або дистанційне регулювання рівня освітлення відповідно до поточних умов навколишнього середовища [20]. Основні етапи роботи таких систем (рис. 1. 1)

Приклади систем керування для «розумних світильників» RadiyLED [20]:

- БУС-15 – блок керування, що функціонує на базі бездротового зв'язку GSM; розміщується в окремому корпусі формату NEMA 7.
- БУС-16 – блок, який також працює за технологією GSM, але інтегрований безпосередньо в корпус світильника.
- ПДО-2 – блок керування, що використовує технологію LoRaWAN, із розміщенням в конструкції світильника.

• SEAK Energetics – система керування, що використовує провідну інфраструктуру електроживлення для передачі даних, без потреби у додаткових каналах зв'язку; блок інтегрований у світильник.

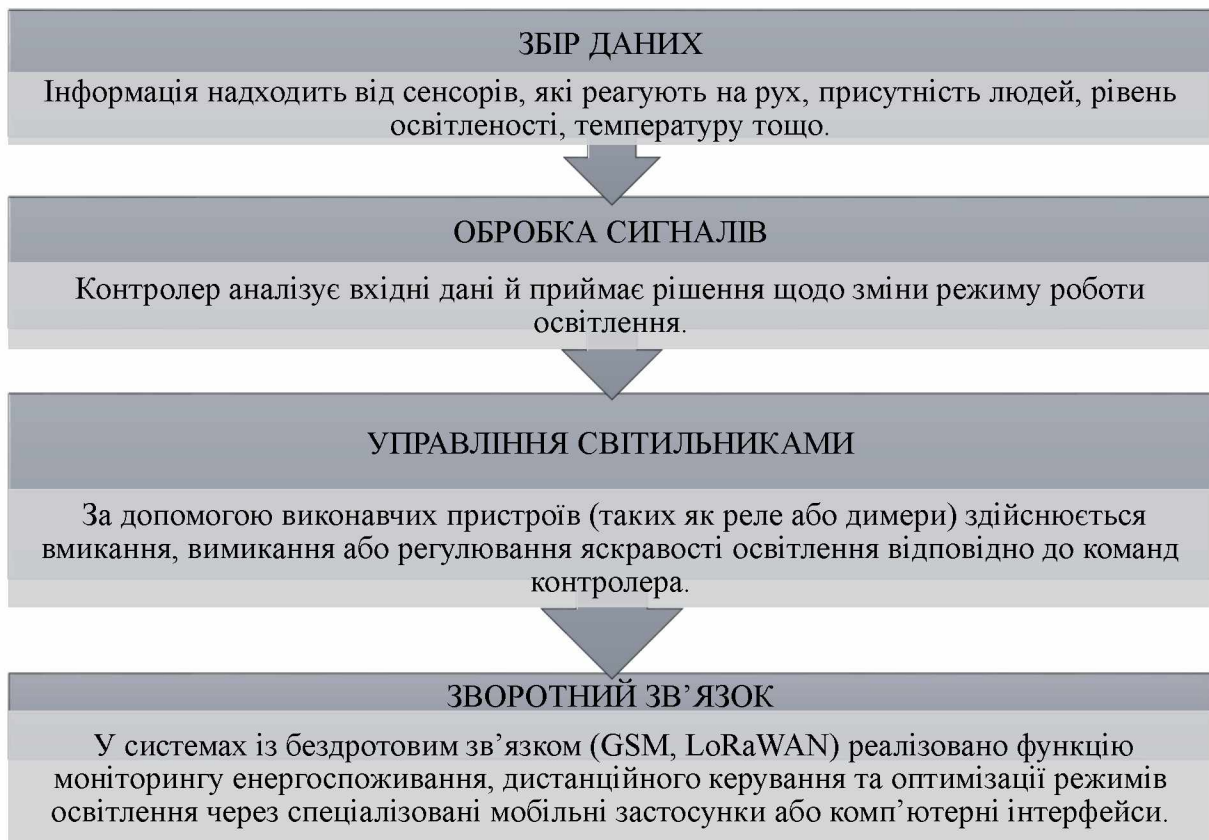


Рисунок 1.6 – Основні етапи роботи сучасних систем керування освітленням

Усі блоки керування проходять повний цикл перевірки на відповідність технічним умовам. Контроль якості здійснюється на кожному етапі виробництва: від лабораторних випробувань дослідних зразків до полігонних тестів готових пристроїв згідно з вимогами конструкторської документації та чинних нормативів [20].

## Висновки до розділу 1

В Україні регулювання освітлення виробничих приміщень здійснюється відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Норми освітленості визначаються з урахуванням фізіологічних особливостей людини, типу праці, розмірів

деталей, контрастності об'єктів та швидкості виконання робіт, що сприяє підвищенню продуктивності та безпеки працівників.

Для освітлення складських приміщень традиційно використовують різні типи газорозрядних ламп (ртутні, металогалогенні, натрієві), а також лампи розжарювання, однак світлодіодні джерела світла поступово витісняють застарілі технології завдяки своїй енергоефективності та екологічній безпеці.

Організація освітлення на підприємствах передбачає рівномірне розміщення світильників з урахуванням функціональних зон і використання спеціальних світлових пристроїв для підвищення якості освітлення. Сучасні системи автоматизації освітлення з використанням датчиків руху та присутності дозволяють значно знизити енергоспоживання, підвищити комфорт і безпеку робочих зон.

## РОЗДІЛ 2

### ПРИЗНАЧЕННЯ СКЛАДУ ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

#### 2.1 Характеристика складу

Склад – це будівля, споруда та різні пристосування, які використовуються для прийому, розміщення та зберігання одержаних товарів, підготовка до використання та розповсюдження серед споживачів. Основне призначення складу – зберігання сировини, продуктів, товарів та інших предметів, що забезпечує дотримання необхідних умов зберігання та обладнано складським обладнанням, а також конструкціями та пристроями, що полегшують розвантаження та навантаження.

Склад, для якого робимо проектування освітлення, призначений для зберігання мінеральних добрив та засобів захисту рослин. Цей склад відповідає всім вимогам.

Зона приймання мінеральних добрив відокремлена від основної зони їх зберігання для уникнення перехресного забруднення та забезпечення зручної логістики.

Приміщення для зберігання мінеральних добрив обладнані системами вентиляції, гідроізоляції та контролю мікроклімату, що дозволяють підтримувати умови зберігання відповідно до фізико-хімічних властивостей добрив.

У складських приміщеннях підтримуються регламентовані показники температури та вологості: температура – в межах від 0 до +25...+30°C, вологість – не вище 40%.

У зоні зберігання встановлені стелажі та палети, які забезпечують правильне розміщення упаковок з добривами та унеможливають контакт продукції з підлогою або стінами будівлі.

Для рідких мінеральних добрив на території складу облаштовані спеціальні майданчики з резервуарами, оснащеними герметичним

обладнанням, насосами та системами захисту від витоків. У таблиці 2.1 наведено площі приміщень.

Таблиця 2.1 – Площа різних приміщень складу

Найменування приміщень	Площа, м <sup>2</sup>
Зона приймання добрив	230,91
Зона відвантаження добрив	213,26
Приміщення формування партій і підготовки до відвантаження	444,81
Приміщення первинного контролю та приймання добрив	147
Зона зберігання добрив із температурним режимом 4–10 °С (для чутливих до температури компонентів)	97,47
Зона зберігання добрив із температурним режимом 10–25 °С (основна зона зберігання більшості твердих і рідких добрив)	150,52

Склад відповідає санітарно-гігієнічним та протипожежним вимогам, має систему водопостачання, каналізації, опалення, вентиляції. Також будівля ізольована від інших, має окремий в'їзд, охорону, під'їзний майданчик та рампу для розвантаження товару.

## **2.2 Умови зберігання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин**

Певні умови зберігання повинні дотримуватись у складському приміщенні для зберігання товару, залежно від виду мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин. Правильна організація зберігання добрив має важливе значення для зниження втрат і підвищення їх ефективності. Добрива зберігають у спеціальних складах, побудованих за типовими проектами: прирейкових і пристанських, а також безпосередньо в господарствах [21, 22].

Для контролю основних параметрів умов зберігання (температури та вологості) мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин кожна кімната оснащена термометром та гігрометром, які розташовані на внутрішніх стінах, далеко від опалювального обладнання, на висоті 1,5-1,7 м від землі та 3 м від дверей. Перевірка температури та вологості відбувається щодня, показання приладу записуються відповідальною особою у спеціальний журнал (картку). Контрольне обладнання має бути сертифіковано та відкалібровано у встановленому порядку.

Для підтримки чистоти повітря приміщення для зберігання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин обладнаються припливно-витяжною вентиляцією з механічним спонуканням. У кліматичних зонах, де температура та вологість значно відрізняються від допустимих норм приміщення для зберігання повинно бути обладнане кондиціонерами.

Електропроводка, освітлення та електроустаткування мають бути вибухобезпечними, а вимикач переміщений у двір. Газовий балон встановлюється вертикально, а киснева подушка підвішена поряд із балоном.

Освітлення – показник режиму зберігання, який характеризується інтенсивністю світла в приміщеннях для зберігання. Світло, особливо сонячне, негативно впливає на термін придатності більшості виробів. Забезпечення оптимальних умов освітлення та надійної системи електропостачання у складських комплексах, призначених для зберігання мінеральних добрив, є визначальним фактором у контексті пожежної безпеки, ергономічності експлуатації та ефективності технічного обслуговування.

Система освітлення складського простору передбачає комбіноване використання штучного освітлення, що вмикає/вимикає загальне рівномірне освітлення та локалізоване освітлення в зонах інтенсивних операцій, таких як завантаження-розвантаження та приймання товарів. За наявності джерел природного освітлення (віконні отвори, zenітні ліхтарі) необхідно забезпечити достатню інтенсивність та гомогенність світлового потоку протягом світлового дня відповідно до встановлених нормативів [21, 22].

Відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 "Природне і штучне освітлення" [7], для складських приміщень, призначених для зберігання сипких та рідких речовин, рекомендовані наступні рівні освітленості:

- зони загального зберігання:  $\geq 100$  лк.
- зони відвантаження, фасування, приймання: 150–200 лк.

Дотримання зазначених рівнів освітленості є критично важливим для забезпечення безпеки праці, запобігання травматизму та підвищення ефективності виконання складських операцій.

У складських приміщеннях слід використовувати пило- та вологозахищені світильники з мінімальним ступенем захисту IP54. Зазначена вимога є особливо актуальною для приміщень з підвищеним рівнем вологості або потенційним контактом світильників з агресивними хімічними сполуками, що входять до складу мінеральних добрив. Монтаж світильників здійснюється на висоті не менше 2,5 м для мінімізації ризику механічних пошкоджень, спричинених складською технікою (навантажувачі тощо) або переміщенням вантажів.

Пріоритетним є використання світлодіодних (СВД) ламп, що характеризуються високою енергетичною ефективністю, значним експлуатаційним ресурсом та низьким рівнем тепловиділення. Оптимальною є колірна температура світла в діапазоні 4000–5000 К (нейтрально біле світло), що забезпечує адекватну передачу кольору та сприятливо впливає на зорове сприйняття працівників.

Прокладання електричних кабелів у складських приміщеннях здійснюється виключно прихованим способом у металевих або ПВХ-каналах, що забезпечує їх надійний захист від механічних пошкоджень, впливу агресивних речовин та зовнішніх факторів. Відкрите прокладання кабельних ліній по поверхні стін не допускається, за винятком випадків використання захисних металевих труб.

Обов'язковим є заземлення всіх металевих елементів електроустановок, вмикаючі корпуси обладнання, металеві кабельні канали та інші

струмопровідні неструмоведучі частини. Для забезпечення електробезпеки та запобігання виникненню аварійних ситуацій, спричинених короткими замиканнями та перевантаженнями, електромережа обладнується системою автоматичних вимикачів та пристроями захисного вимкнення (ПЗВ).

У складських приміщеннях необхідно використовувати розетки з підвищеним рівнем вологозахисту (не нижче IP44). Рекомендована висота встановлення розеток становить не менше 1 м від рівня підлоги, що дозволяє мінімізувати ризик їх пошкодження внаслідок можливих витоків рідин або затоплень.

У складських зонах, призначених для зберігання азотних добрив (таких як аміачна селітра, карбамід), за наявності потенційної вибухонебезпеки, передбачається встановлення електрообладнання у вибухозахищеному виконанні, що відповідає встановленому класу пожежовибухонебезпеки приміщення або зони. Вибір та монтаж такого обладнання здійснюється відповідно до чинних нормативних документів та стандартів у сфері вибухозахисту.

Дотримання вищезазначених вимог щодо організації освітлення та електропостачання у складських приміщеннях для зберігання мінеральних добрив є запорукою створення безпечних та ефективних умов праці, мінімізації ризиків виникнення пожеж та забезпечення довговічної і надійної експлуатації електрообладнання [21-23].

### **2.3 Вибір обладнання для освітлення складу**

Підбір світильників здійснюють з урахуванням того, що на складі товар зберігатиметься на стелажах. Для цього потрібні світильники з КСС типу - глибока (спеціально призначені для освітлення міжстелажного простору). Обираємо світлодіодний світильник SW-LED54W 1.2M IP65-62 (рис. 2.1, табл 2.2) [24]

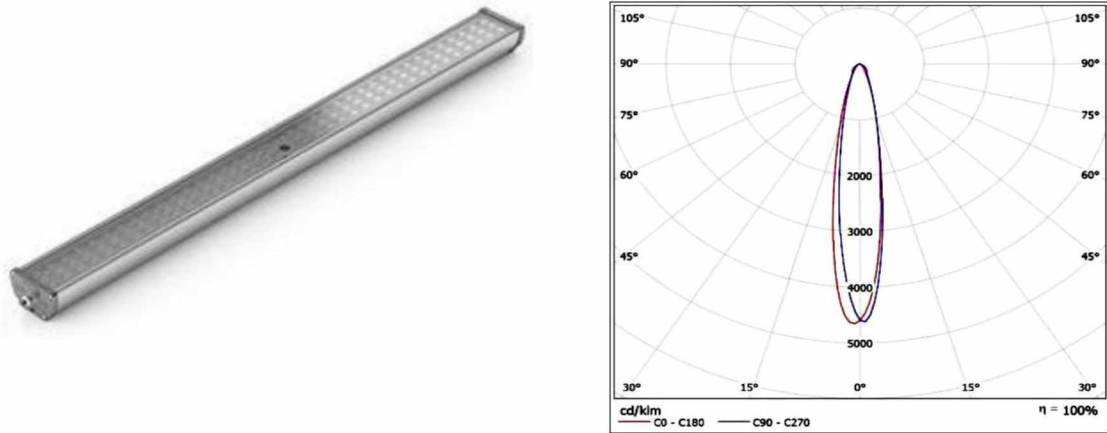


Рисунок 2.1 - СВД-світильник SW-LED54W 1.2М IP65-62 та його тип КСС

Таблиця 2.2 – Характеристики світильника SW-LED54W 1.2М IP65-62

Параметри світильника	Значення параметра
Світовий потік, лм	4800
Потужність світильника, Вт	55
Колірна температура, К	6500
Клас захисту	IP65
Крива сили світла	глибока

Вибираємо світильники для інших приміщень. Так як в цих приміщеннях відкритий простір, світильники повинні бути з косинусною кривою сили світла (рис. 2.2, табл. 2.3).

Світильники з КСС глибокого типу світять вузьким променем вниз, формуючи концентрований світловий потік.

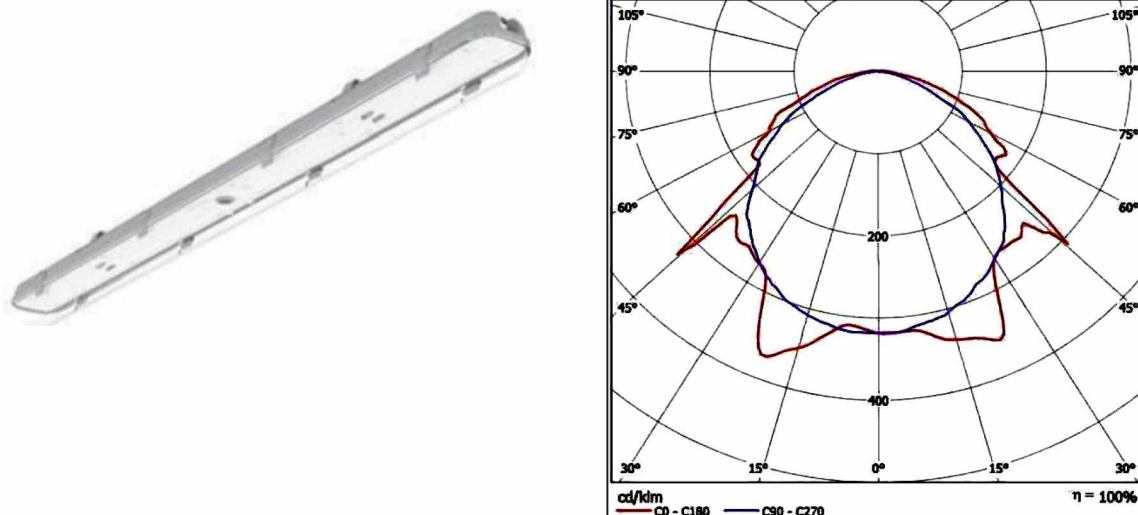


Рисунок 2.2 – СВ-світильник SW-IP65-62(1.2М-54W) PC 6 та його крива сили світла

Таблиця 2.3 – Характеристики світильника SW-IP65-62(1.2М-54W) PC 6

Параметри світильника	Значення параметра
Світовий потік, лм	4800
Потужність світильника, Вт	55
Колірна температура, К	4000
Клас захисту	IP65
Крива сили світла	косинусна

Світильники з КСС косинусного типу формують м'яке, розсіяне освітлення з невеликою яскравістю тіней та дають низьку сліпучу дію, що важливо для комфорту зору.

У програмному забезпеченні DIALux знаходимо обрані світильники, додаємо креслення з розставленими стелажми, вводимо параметри складу і здійснюємо розрахунок кількості світильників (Додаток А).

Таблиця 2.4 –Значення освітленості складу

Поверхня	$\rho, \%$	$E_{cp}, lx$	$E_{min}, lx$	$E_{max}, lx$	$E_{min} / E_{cp}$
Робоча площа	–	196	13	325	0,064
Стеля	20	120	4,98	305	0,042
Підлога	70	54	4,72	91	0,088
Стіни	50	51	4,29	339	–

У табл. 2.4 наведені показники освітленості різних поверхонь у складському приміщенні. Це результати вимірювань, які дозволяють оцінити, наскільки ефективно та рівномірно розподілене світло у приміщенні. Освітлення на складі нерівномірне, особливо на робочій площині, що потребує корекції (наприклад, перерозподіл світильників, зміна їх потужності, додавання локального освітлення).

Освітлення на складі нерівномірне, особливо на робочій площині, що потребує корекції (наприклад, перерозподіл світильників, зміна їх потужності, додавання локального освітлення).

В результаті проведених розрахунків бачимо, що потрібна кількість світильників марки SW-LED54W 1.2M IP65-62 становить 402 шт., а світильників SW-IP65-62(1.2M-54W) PC 6 – 60 шт.

Щоб здійснити керування світильниками, крім протоколу DALI потрібні датчики руху. Вся ця система дозволить керувати сценаріями світильників, організувати освітлення тільки там, де проводиться робота.

Обираємо датчик руху для складу Ajax MotionProtect (рис. 2.3, табл. 2.5) [25].



Рисунок 2.3 – Датчик руху Ajax MotionProtect

Таблиця 2.5 – Характеристики Ajax MotionProtect

Параметри датчика	Значення параметра
Тип сенсора	Інфрачервоний
Ступінь захисту	IP 54
Температурний діапазон	От -20° до +50° С
Напруга	230-240 В, 50 Гц
Максимальне навантаження	2000 Вт
Кут охоплення датчика	180° при куті розкриття 45°
Рекомендована висота установки	14 м

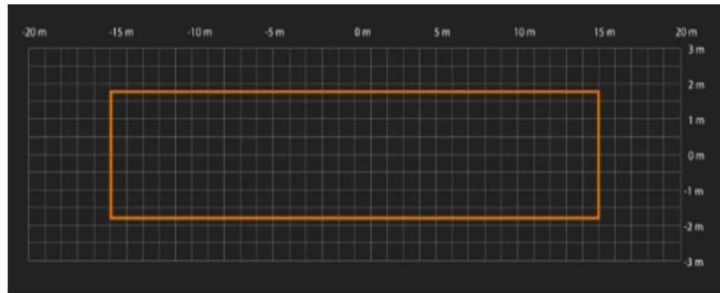


Рисунок 2.4 – Дальність дії датчика руху

На рис. 2.4 представлена схема зони виявлення інфрачервоного датчика руху, яка демонструє горизонтальну площину виявлення у прямокутній зоні: по горизонтальній осі вказані значення відстані в метрах (від -20 м до +20 м), що відповідає довжині зони спостереження; по вертикальній осі – ширина покриття в межах  $\pm 3$  метрів від центра датчика. Зона детекції руху має приблизні розміри від -17 м до +17 м по довжині та від -2 м до +2 м по ширині, що забезпечує охоплення приблизно 30–34 м по довжині та 4 м по ширині. Рис. 2.5 дозволяє візуально оцінити ефективну дальність і кут спостереження одного датчика при його встановленні на висоті, рекомендованій виробником (зазвичай 2,5–3 м).

Для решти приміщень вибираємо датчик руху для складу U-Prox PIR VB White (рис. 2.5, табл. 2.6) [26].



Рисунок 2.5 – Датчик руху U-Prox PIR VB White

Таблиця 2.6 – Характеристики U-Prox PIR VB White

Параметри датчика	Значення параметра
Тип сенсора	Інфрачервоний
Ступінь захисту	IP 54
Температурний діапазон	від $-20^{\circ}$ до $+50^{\circ}$ C
Напруга	230-240 В, 50 Гц
Максимальне навантаження	2000 Вт
Кут охоплення датчика	360° при куті розкриття 180°
Рекомендована висота установки	14 м

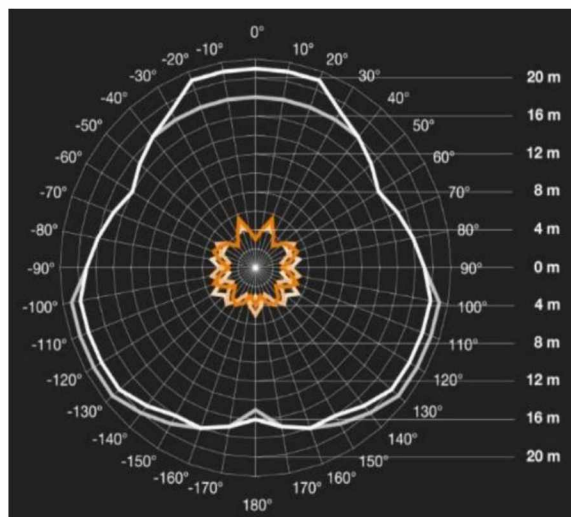


Рисунок 2.6 – Дальність дії датчика руху

На рис.2.6 подано полярну діаграму зони дії датчика руху, що ілюструє радіальне охоплення у горизонтальній площині. Це зображення демонструє, як інфрачервоний датчик фіксує рух у різних напрямках від точки встановлення: центр діаграми відповідає розташуванню датчика; кільцеві поділки позначають відстань у метрах (від 0 до 20 м); кутові поділки охоплюють повне коло –  $360^\circ$ , що відображає можливість детекції у всіх напрямках.

Біла лінія вказує на максимальну дальність дії датчика – приблизно до 20 метрів у трьох основних напрямках ( $0^\circ$ ,  $\pm 120^\circ$ ). Помаранчева лінія — це зона з високою чутливістю в ближній області, зазвичай у радіусі до 4–5 метрів, де спрацьовування найточніше. Така форма діаграми характерна для об'ємних PIR-датчиків (пасивних інфрачервоних), які мають розширену зону огляду та здатні покривати великі складські або промислові приміщення.

Розставимо датчики руху на моделі складу (додаток Б).

У результаті виконаного розрахунку та схеми розміщення обладнання встановлено, що для забезпечення ефективного контролю переміщення у складських приміщеннях необхідно встановити 68 датчиків руху марки Ajax MotionProtect, а U-Prox PIR VB White – 5 штук. Таке розташування забезпечує повне перекриття зон спостереження та оптимізує систему автоматичного керування освітленням.

Щоб підключити і керувати всією цією складною системою додатково знадобиться шафа керування автоматизованою складською системою на 512 каналів, операторська панель GT1020-LBLW, адаптер з'єднання датчиків руху LOGUS, підсилювач сигналу SUNRICHER DALI SR-2400AMP.

## **Висновок до розділу 2**

Описано призначення складу та дано його характеристику, розписано умови зберігання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин, обрано обладнання та зроблено розрахунок освітлення.

Так як склад має зону стелажного зберігання і приміщення приймання, відвантаження і т. д., то для установки прийнято два види світильників. Розрахунок показав, що кількість світильників має бути 402 шт. При цьому середня освітленість склала 196 лк.

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДУ

#### 3.1 Визначення основних параметрів освітлення складу

Для живлення і захисту обладнання потрібно вибрати кабелі і автоматичні вимикачі. Робоче освітлення буде розділено на 3 щита: ЩО 1.1, 1.2 і 1.3.

ЩО 1.1 складається з 10 живлячих ліній, сумарна потужність становить 24,1 кВт. Навантаження на кожну лінію розділене приблизно порівну, тому можна вважати, що середнє навантаження на лінію становить 2,4 кВт. Розраховуємо робочий струм для вибору автоматичних вимикачів

$$I = \frac{P}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi} = \frac{2,4}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 3,56 \text{ A}$$

Здійснюємо підбір автоматичного вимикача, дотримуючись умови

$$I_{HA} \geq I_{HP} \qquad I_{HB} \geq I = 3,56 \text{ A}$$

де  $I_{HA}$  – номінальний струм автомата, А;

$I_{HB}$  – номінальний струм вставки автомата, А.

Отримуємо, що у кожну лінію загалом сила струму становить 3,56 А. Вибираємо автомат Schneider Electric (рис 3.1, табл. 3.1):



Рисунок 3.1 – Автоматичний вимикач іС60N 1P 4A C (A9F74104)

Таблиця 3.1 – Характеристики автоматичного вимикача Schneider Electric

Параметри автоматичного вимикача	Значення параметра
Межа значень магнітного відключення	- 8x In ± 20%
Категорія застосування	A
Клас обмеження за струмом	3
Категорія перенапруги V	IV
Індикатор наявності напруги	Так
Ступінь захисту IP	IP20
Робоча температура повітря	Від -35°C до +70°C
Температура навколишнього повітря при зберіганні:	Від -40°C до +85°C

$$I_{HA} = 10 A$$

$$I_{HB} = 10 A$$

$$I_{Y(I)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

де  $I_{Y(I)}$  – струм спрацьовування теплової вставки автомата, А;

$I_{Y(KЗ)}$  – струм спрацьовування при короткому замиканні, А;

$I_{відм}$  – струм автомата, що відключає без пошкодження, кА.

Вибираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 5x1,5 (табл. 3.2) з довготривалим струмом 21 А для живлення освітлення. ВВГнгд – це силовий кабель з мідними жилами в оболонці та негорючого та недимного ПВХ-пластикату, ізоляція подвійна, із полівінілхлориду.

Форма кабелю – кругла. Прокладання у приміщеннях та на вулиці, під землею можна прокладати у разі додаткового захисту кабелю від механічних навантажень.

Таблиця 3.2 – Характеристика кабелю марки ВВГнг(А)-LS 5x1,5

Параметри	Значення параметра
Кількість жил	5
Поперечний переріз, мм <sup>2</sup>	1,5
Матеріал жили	мідь
Оболонка	полівінілхлорид
Ізоляція	полівінілхлорид
Температура експлуатації:	від -50 до +50 °С
Стійкість до горіння	не поширює горіння при одиночному та при пучковому прокладанні
Термін служби кабелю	30 років

Зробимо розрахунок для всього ЩО 1.1.

$$I = \frac{24,1}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 35,64 \text{ A}$$

Сумарна сила струму для ЩО 1.1 становить 35,64 А. Обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 50 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 50 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 6 \text{ кА}$$

Для прокладання кожної лінії від ЩО 1.1 до розподільчих коробок. Також обираємо кабель марки ВВГнг (А)-LS 5x2,5 з довготривалим струмом 27 А. Від ЩО до ЩО 1.1 встановлюємо кабель марки ВВГнг (А)-LS 5x10 з довготривалим струмом 63 А.

Сумарна потужність ЩО 1.2 становить 2,2 кВт і складається з 4 ліній, що відходять, середня потужність на кожну становить 0,55 кВт.

Проводимо розрахунок робочого струму:

$$I = \frac{2,2}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 3,25 \text{ A}$$

Сумарна сила струму для ЩО 1.2 становить 3,25 А. Обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 10 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Розрахуємо робочий струм для вибору автоматичних вимикачів на лінії, що відходять:

$$I = \frac{2,2}{0,23 \cdot 0,98} = 2,44 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 6 \text{ A}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Від ЩО до ЩО 1.2 вибираємо кабель ВВГнг(А)-LS 5x4 з довготривалим-допустимим струмом 36 А. Також вибираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x2,5 з тривало-допустимим струмом 27 А для прокладання кожної лінії від ЩО 1.2 до розподільчих коробок, а далі вибираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x1,5 з довготривалим струмом 21 А для з'єднання світильників.

Сумарна потужність ЩО 1.3 становить 2,7 кВт і складається з 7 ліній, що відходять, середня потужність на кожну становить 0,39 кВт. Зробимо розрахунок робочого струму:

$$I = \frac{2,7}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 4 \text{ A}$$

Сумарна сила струму для ЩО 1.3 становить 4 А. Обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 10 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Розрахуємо робочий струм для вибору автоматичних вимикачів на лінії, що відходять:

$$I = \frac{0,39}{0,23 \cdot 0,98} = 1,71 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 6 \text{ A}$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Від ЩО до ЩО 1.3 вибираємо кабель ВВГнг(А)-LS 5x4 з довготривалим-допустимим струмом 36 А. Також обираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x2,5 з довготривалим струмом 27 А для прокладання кожної лінії від ЩО 1.3 до розподільних коробок, а далі вибираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x1,5 з довготривалим струмом 21 А для з'єднання світильників.

Крім робочого освітлення потрібно підключити аварійне освітлення, що складається з евакуаційного та резервного освітлення. Потужність щитка електроосвітлення (ЩЕО) 1.1 становить 3,3 кВт і складається з 6 ліній, що відходять, середня потужність на кожен становить 0,55 кВт. Зробимо розрахунок робочого струму:

$$I = \frac{3,3}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 4,88 \text{ A}$$

Сумарна сила струму для ЩЕО 1.1 становить 4,88 А. Обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 10 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{\text{відм}} = 4,5 \text{ кА}$$

Розрахуємо робочий струм для вибору автоматичних вимикачів на лінії, що відходять:

$$I = \frac{0,55}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,81 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 6 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{\text{відм}} = 4,5 \text{ кА}$$

Від ЩЕО до ЩЕО 1.1 прокладаємо кабель ППГнг(А)-FRHF 5x4 з довготривалим струмом 36 А. Також обираємо кабель марки ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 з довготривалим струмом 27 А для прокладання кожної лінії від ЩЕО 1.1 до визначальних коробок, а далі прокладаємо кабель марки ППГнг(А)-FRHF 5x1,5 з довготривалим струмом 21 А для з'єднання.

Потужність ЩЕО 1.2 становить 0,3 кВт і складається з 3 ліній, що відходять, середня потужність на кожну становить 0,1. Зробимо розрахунок робочого струму:

$$I = \frac{0,3}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,44 \text{ A}$$

Сумарна сила струму для ЩЕО 1.2 становить 0,44 А. Обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 10 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{\text{відм}} = 4,5 \text{ кА}$$

Розрахуємо робочий струм для вибору автоматичних вимикачів на лінії, що відходять:

$$I = \frac{0,1}{0,23 \cdot 0,98} = 0,44 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 6 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Від ЩЕО до ЩЕО 1.2 прокладаємо кабель ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 з довготривалим струмом 27 А. Також обираємо кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x2,5 з тривало-допустимим струмом 27 А для прокладання кожної лінії від ЩЕО 1.2 до розподільчих коробок, а далі обираємо кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 з тривало-допустимим струмом 21 А для з'єднання.

Потужність ЩЕО 1.3 становить 0,4 кВт і складається з 4 ліній, що відходять, середня потужність на кожну становить 0,39. Зробимо розрахунок робочого струму:

$$I = \frac{0,4}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,59 \text{ A}$$

Сумарна сила струму для ЩЕО 1.3 становить 0,59 А. Обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 10 \text{ A}$$

$$I_{HB} = 10 \text{ A}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Розрахуємо робочий струм для вибору автоматичних вимикачів на лінії, що відходять:

$$I = \frac{0,39}{0,23 \cdot 0,98} = 1,71 \text{ A}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 A$$

$$I_{HB} = 6 A$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Від ЩЕО до ЩЕО 1.3 прокладаємо кабель ППГнг(А)-FRHF 5x2,5 з довготривалим струмом 27 А. Також обираємо кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x2,5 з довготривалим струмом 27 А для прокладання кожної лінії від ЩЕО 1.2 до визначальних коробок, а далі вибираємо кабель марки ППГнг(А)-FRHF 3x1,5 з довготривалим струмом 21 А для з'єднання.

Потужність щита розподільчого освітлювальня (ЩРО) 1.2 становить 0,08 кВт і складається з 1 лінії, що відходить. Зробимо розрахунок робочого струму:

$$I = \frac{0,08}{0,23 \cdot 0,98} = 0,35 A$$

Сумарна сила струму для ЩРО 1.2 становить 0,35 А. Обираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 10 A$$

$$I_{HB} = 10 A$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

На лінію, що відходить, вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 A$$

$$I_{HB} = 6 A$$

$$I_{Y(II)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(K3)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Від ЩРО до ЩРО 1.2 прокладаємо кабель ВВГнг(А)-LS 5x2,5 з довготривалим струмом 27 А. Також обираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x2,5 з довготривалим струмом 27 А для прокладки кожної лінії від ЩРО 1.2

до розподільчих коробок, а далі обираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x1,5 з довготривалим струмом 21 А для з'єднання світильників.

Потужність ЩРО 1.3 становить 0,4 кВт і складається з 4 ліній, що відходять, середня потужність на кожну становить 0,2 кВт. Зробимо розрахунок робочого струму:

$$I = \frac{0,4}{3 \cdot 0,23 \cdot 0,98} = 0,59 \text{ А}$$

Сумарна сила струму для ЩРО 1.2 становить 0,62 А.

Вибираємо автомат Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 \text{ А}$$

$$I_{HB} = 6 \text{ А}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Розрахуємо робочий струм для вибору автоматичних вимикачів на лінії, що відходять:

$$I = \frac{0,2}{0,23 \cdot 0,98} = 0,3 \text{ А}$$

Для лінії, що відходить, вибираємо автомат Schneider Electric:

$$I_{HA} = 6 \text{ А}$$

$$I_{HB} = 6 \text{ А}$$

$$I_{Y(\Pi)} = 1,25 \cdot I_{HB}$$

$$I_{Y(KЗ)} = 2 \cdot I_{HB}$$

$$I_{відм} = 4,5 \text{ кА}$$

Від ЩРО до ЩРО 1.3 прокладаємо кабель ВВГнг(А)-LS 5x2,5 з довготривалим струмом 27 А. Також обираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x2,5 з довготривалим струмом 27 А для прокладання кожної лінії від ЩРО 1.3 до розподільчих коробок, а далі вибираємо кабель марки ВВГнг(А)-LS 3x1,5 з довготривалим струмом 21 А для з'єднання світильників (Додаток В).

Усі результати розрахунків зведемо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунку струмів, вибір кабелів і автоматичних вимикачів

Назва щита	Кількість ліній	Сумарна потужність, кВт	Струм, А	Автомат ( $I_{НА} / I_{НВ}$ ), А	Кабель (марка, переріз)	Довготривалий струм кабеля, А
ЩО 1.1	10	24,1	35,64	50 / 50	ВВГнг(А)-LS 5x10	63
ЩО 1.2	4	2,2	3,25	10 / 10	ВВГнг(А)-LS 5x4	36
ЩО 1.3	7	2,7	4,00	10 / 10	ВВГнг(А)-LS 5x4	36
ЩЕО 1.1	6	3,3	4,88	10 / 10	ППГнг(А)-FRHF 5x4	36
ЩЕО 1.2	3	0,3	0,44	10 / 10	ППГнг(А)-FRHF 5x2,5	27
ЩЕО 1.3	4	0,4	0,59	10 / 10	ППГнг(А)-FRHF 5x2,5	27
ЩРО 1.2	1	0,08	0,35	10 / 10	ВВГнг(А)-LS 5x2,5	27
ЩРО 1.3	4	0,4	0,59	6 / 6	ВВГнг(А)-LS 5x2,5	27

*Примітка:* Вибір автоматів здійснено за умови  $I_{НА} \geq I$  та  $I_{НВ} \geq I$ ; струми розраховано для трифазного навантаження з  $U = 0,23$  кВ та  $\cos\phi = 0,98$ .

У Правилах улаштування електроустановок (ПУЕ) зазначено, що спільне прокладання проводів та кабелів групових ліній робочого освітлення з груповими лініями освітлення безпеки та евакуаційного освітлення не рекомендується [27].

Допускається їх спільне прокладання на одному монтажному профілі, в одному коробі, лотку за умови, що вжито спеціальних заходів, що виключають можливість пошкодження проводів освітлення безпеки та евакуаційного при несправності проводів робочого освітлення, в корпусах і штангах світильників.

Світильники робочого освітлення, освітлення безпеки або евакуаційне освітлення допускається живити від різних фаз одного трифазного шинопроводу за умови прокладання до шинопроводу самостійних ліній для робочого освітлення та освітлення безпеки або евакуаційного освітлення [27].

У зв'язку з цим кабелі робочого та аварійного освітлення повинні бути прокладені окремо один від одного та заживлені від різних шаф. При розробці даного проєкту такі умови дотримані.

### **Висновок до розділу 3**

Розраховані робочі струми та обрані кабелі марки ВВГнг(А)-LS ВВГнг(А)-LS 5x10, ВВГнг(А)-LS 5x4, ВВГнг(А)-LS 5x2,5, ВВГнг(А)-LS 5x1,5, ВВГнг(А)-LS 3x1,5 для робочого та резервного освітлення, а також кабелі марки ППГнг(А)-FRHF 5x4, ППГнг(А)-FRHF 5x2,5, ППГнг(А)-FRHF 5x1,5, ППГнг(А)-FRHF 3x2,5, ППГнг(А) Для захисту обладнання обрані автоматичні вимикачі марки Schneider Electric з різними номінальними струмами.

## РОЗДІЛ 4.

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

Для оцінювання економічного ефекту від впровадження системи розумного освітлення [], проведемо техніко-економічний розрахунок, де для порівняння, будуть розглянуті два варіанти керування світильниками на основі світлодіодних ламп:

- 1 варіант – класичне керування клавiшними вимикачами;
- 2 – за допомогою системи освітлення.

#### 4.1. Розрахунок витрат на електроенергію при класичному управленні освітлення

Зробимо розрахунок для класичного керування клавiшними вимикачами.

Формула для розрахунку споживаної електроенергії на рік ( $W_{осв}$ )

$$W_{осв} = T_{доб} \cdot N_{доб} \cdot P_{ост} \quad (4.1)$$

де  $T_{доб}$  – кількість годин роботи світильника в робочу добу;

$N_{доб}$  – кількість робочої доби на рік;

$P_{ост}$  – сумарна споживана потужність для приміщення;

Сумарну споживану потужність ( $P_{ост}$ ) розрахуємо за формулою (4.2)

$$P_{ост} = K_{пра} \cdot N_l \cdot P_l \quad (4.2)$$

де  $K_{пра} = 1,1$  – втрати потужності у світлодіодних драйверах;

$N_l$  – кількість світильників у приміщенні;

$P_l$  – потужність світильника, Вт.

Зробимо розрахунок сумарного споживання електроенергії для зони стелажного зберігання. Тут були прийняті до встановлення світильники VARTON V1-I0-70072-03D19-6705440 потужністю 54 Вт у кількості 402 шт.

$$P_{осв} = K_{пра} \cdot N_{л} \cdot P_{л} = 1,1 \cdot 402 \cdot 54 = 23,88 \text{ кВт}$$

$$W_{осв} = T_{доб} \cdot N_{доб} \cdot P_{осв} = 12 \cdot 365 \cdot 23878,8 = 104589,14 \text{ кВт год}$$

Отже, сумарна споживана потужність становить 104589,14 кВт/год.

Розрахуємо аналогічно споживання електроенергії в інших приміщеннях (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Розрахунок споживання електроенергії в інших приміщеннях

Найменування	Кількість, шт.	$P_{осв}$ , кВт	$W_{осв}$ , кВт/ГОД
Світильник SW-LED54W 1.2М IP65-62	402	23,88	104589,14
Світильник SW-LED54W 1.2М IP65-62	60	3,56	15610,32

Загальне споживання електроенергії на освітлення становить

$$104589,14 + 15610,32 = 120199,5 \text{ кВт/год, або } 120,2 \text{ МВт/год.}$$

Розрахуємо витрати на електроенергію на освітлення. Вартість за МВт·год становить 4320 грн.

$$C_{осв1} = W_{осв} \cdot B = 120,2 \cdot 4320 = 519264 \text{ грн}$$

Витрати на освітлення складу до встановлення системи з автоматизованим керуванням світильників становлять 519264 грн

## 4.2 Розрахунок витрат на електроенергію після встановлення системи розумного освітлення

Розрахуємо витрати на електроенергію після встановлення системи розумного освітлення. Розрахунок буде проводитись також для зони стелажного зберігання та інших приміщень окремо за один рік. Склад обладнаний під стелажне зберігання та всі 402 шт світильників керуються за допомогою датчиків руху. У режимі очікування, тобто коли світильники відключені, датчики споживають близько 0,2 Вт, а увімкненому – 0,5 Вт. Таким чином, в зоні стелажного зберігання при вимкнених світильниках споживання всіма 68 датчиками складе 13,6 Вт, а при включених - 34 Вт. В інших приміщеннях всього 5 датчиків, тому споживання становитиме 1 Вт та 2,5 Вт відповідно.

Потужність, що споживається одним світильником у зоні стелажного зберігання у робочому режимі

$$P_{осв.роб} = P_{ном} \cdot K_{пра} \quad (4.3)$$

$$P_{осв.роб} = 54 \cdot 1,1 = 59,4 \text{ Вт}$$

Необхідно визначити час роботи світильників у режимі очікування та робочому режимі за зміну. Світильники розподілені на групи, щоб висвітлити окремі прольоти між стелажми. Робочий день працівників складу складає з 08:00 до 20:00. Завантаженість зміни приймемо середню, і тоді в робочому стані кожна група світильників буде приблизно 30% від усього робочого дня і складе приблизно 3,5 години. Виходить, що час роботи світильників у режимі очікування становитиме 8,5 години.

У підсумку, в робочий день один світильник ( $P_{роб}$ ) споживатиме 59,4 Вт протягом 3,5 годин ( $T_{роб}$ ), тому матимемо електроспоживання одного світильника за рік (4.4)

$$W_{осв/рік} = P_{роб} \cdot T_{роб} \cdot 365 = 59,4 \cdot 3,5 \cdot 365 = 75,88 \text{ кВт/год} \quad (4.4)$$

$P_{роб}$  – потужність світильника в робочому режимі, Вт

$T_{роб}$  – час роботи світильника у робочому режимі

Споживання електроенергії на рік одного світильника становить 75,88 кВт/год. У зоні стелажного зберігання встановлено 402 світильники, електроспоживання на освітлення на рік становитиме:

$$W_{осв.з стелаж} = W_{осв/рік} \cdot N = 75,88 \cdot 402 = 30502,76 \text{ кВт год}$$

Отже, освітлювальне навантаження у зоні стелажного зберігання після встановлення системи розумного освітлення споживатиме 30503,76 кВт/год електроенергії на рік.

Розрахуємо аналогічно енергоспоживання для інших приміщень та всіх датчиків. Результати зведено до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Споживання світильників та датчиків

Найменування	Кількість, шт.	Споживання в режимі очікування в год, кВт/ч	Споживання в робочому режимі в год, кВт/ч
Світильник SW-IP65-62(1.2М-54W) РС 6	60	-	4599
Датчик руху Ajax MotionProtect	68	42,19	43,43
Датчик руху U-Prox PIR VB White	5	3,1	3,19

Сумарне освітлювальне навантаження всього складу на рік складає:

$$W_{склад} = 30503,76 + 42,19 + 3,1 + 4599 + 43,43 + 3,19 = 35194,67 \text{ кВт/год}$$

Отже, освітлювальне навантаження всіх приміщень складає 35,19 МВт/год. Зробимо розрахунок річних витрат складу для зберігання мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин на освітлювальне навантаження. Ціна за МВт/год електроенергії складає ті ж 4320 грн. Отже, розраховуємо витрати на споживання електроенергії за один рік

$$C_{осв2} = W_{осв} \cdot B = 35,19 \cdot 4320 = 152\,020,8 \text{ грн}$$

Витрати на освітлення складу після встановлення системи розумного освітлення становлять 152 020,8 грн.

### 4.3 Розрахунок економії та терміну окупності

В результаті проведених розрахунків було виявлено, що у рік освітлення витрачається 480797,8 грн із застосуванням класичного керування клавішними вимикачами, а після встановлення системи розумного освітлення на рік витрачається 152 020,8 грн.

Проведемо розрахунки економічного ефекту  $C_{еф}$  від впровадження системи за (4.5)

$$C_{еф} = C_{осв1} - C_{осв2} = 480797,8 - 152\,020,8 = 328\,777 \text{ грн} \quad (4.5)$$

Таким чином, економічний ефект на рік становить 328 777 грн., що у відсотковому співвідношенні становить 68,33 %.

Розрахуємо термін окупності  $T$  (4.6)

$$T = C_{заг} / C_{еф} \quad (4.6)$$

де  $C_{заг}$  – вартість обладнання для встановлення системи розумного освітлення (табл. 4.3)

Таблиця 4.3 – Найменування та вартість обладнання

Найменування	Кількість, шт.	Вартість 1 виробу, грн.	Загальна сума, грн.
Світильник SW-LED54W 1.2M IP65-62	402	383	153966
Світильник SW-IP65-62(1.2M-54W) PC 6	60	383	22980
Світильник EVROLIGHT SFT-LED-60-01 аварійний	70	469	32830
Світильник e.emerg.2128.led.3/6h.IP20, E.NEXT аварійний	18	793	14274
Датчик руху Ajax MotionProtect	68	1719	116892
Датчик руху U-Prox PIR VB White	5	1260	6300
Шафа керування автоматизованою складською системою в сборі на 512 каналів	1	50000	50000
Операторська панель GT1020-LBLW	1	13705	13705
Адаптер з'єднання датчиків LOGUS	39	2190.8	85441,2
Підсилювач сигналу SUNRICHER DALI SR-2400AMP	4	4400,6	17602,4
Разом:			513990,6

$$T = 513990,6 / 328\ 777,8 = 1,5 \text{ року}$$

Термін окупності становить приблизно 1,5 року. У розрахунку не враховувалися монтажні роботи та зміна ціни на електроенергію.

Як видно з розрахунків, в результаті установки системи розумного освітлення витрати на електроенергію вдається знизити до 50-70% в порівнянні з використанням традиційних вимикачів. Це лише один з варіантів режиму роботи світильників. Звичайно насправді вони будуть працювати по-

різному залежно від умов, але така система дозволить освітлювати тільки ті робочі зони, де працюють люди і немає необхідності включати всі світильники, як у випадку зі звичайним освітленням.

#### **4.4 Нормативно-правова база охорони праці в електротехнічній галузі**

Дотримання вимог охорони праці в електротехнічній галузі — це не лише юридичний обов'язок, а й запорука збереження життя та здоров'я персоналу, а також безперебійної роботи обладнання в нормальних і надзвичайних умовах. Охорона праці в електротехнічній галузі є надзвичайно важливою, оскільки робота з електричним струмом несе високі ризики для життя та здоров'я працівників [29-31]. Основні аспекти, на які необхідно звернути увагу, включають:

- Закон України "Про охорону праці" [32] – базовий документ, що встановлює загальні принципи та вимоги до організації охорони праці на підприємствах.
- Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС) [33] – ключовий документ, що регламентує вимоги до експлуатації електроустановок, кваліфікації персоналу, організації робіт, застосування засобів захисту.
- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) [27] – визначають вимоги до проектування, монтажу, експлуатації та ремонту електроустановок.
- Правила пожежної безпеки в Україні [34] – містять вимоги до пожежної безпеки електроустановок.
- Державні стандарти України (ДСТУ), що стосуються електробезпеки, наприклад, ДСТУ 2843-94 "Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення" [35].

– галузеві нормативні акти з охорони праці (НПАОП) для електроенергетичної галузі.

#### 4.5. Організаційні заходи щодо кваліфікації та підготовки персоналу

Ключових елементів системи охорони праці в електротехнічній галузі є належна організація навчання, атестації персоналу та присвоєння груп з електробезпеки. Відповідно до вимог чинного законодавства України, уся категорія електротехнічного та електротехнологічного персоналу повинна мати відповідну групу з електробезпеки — від I до V, що визначається залежно від характеру виконуваних робіт, умов експлуатації електроустановок та кваліфікаційного рівня працівника.

Присвоєння груп з електробезпеки здійснюється виключно після успішного проходження теоретичної підготовки, стажування (у разі потреби), а також перевірки знань відповідними комісіями, утвореними у встановленому порядку. Згідно з нормативними актами, перевірка знань з електробезпеки проводиться перед початком виконання електротехнічних робіт, а також періодично — не рідше одного разу на рік, або частіше — у випадках переходу на інший вид робіт, технологічних змін, після перерв у роботі тощо.

Обов'язковою вимогою також є проходження працівниками різних видів інструктажів з питань охорони праці та електробезпеки. До таких інструктажів належать:

- вступний інструктаж — проводиться при прийомі на роботу або стажуванні;
- первинний інструктаж — перед початком самостійного виконання роботи;
- повторний інструктаж — не рідше одного разу на шість місяців;
- позаплановий інструктаж — при зміні умов праці, впровадженні нового обладнання або технологій;
- цільовий інструктаж — при виконанні разових або небезпечних робіт.

Для осіб, які вперше приступають до електротехнічних робіт або переходять на нову посаду, обов'язковим є проходження стажування або дублювання під керівництвом досвідченого працівника з відповідною групою з електробезпеки. Тривалість стажування визначається внутрішніми нормативними документами підприємства, однак, як правило, вона становить не менше 2–14 змін, залежно від складності та небезпеки виконуваних робіт.

Таким чином, системний підхід до підготовки персоналу, що включає в себе послідовність етапів – навчання, інструктаж, стажування, перевірку знань та присвоєння груп – є необхідною умовою для забезпечення високого рівня електробезпеки, зниження виробничого травматизму та ефективної експлуатації електроустановок.

#### **4.6. Організаційні та технічні заходи безпеки в електротехнічній галузі**

Безпечне виконання робіт в електроустановках напругою до і понад 1000 В вимагає комплексного впровадження як організаційних, так і технічних заходів. Їх реалізація дозволяє мінімізувати ризики виникнення нещасних випадків, забезпечити охорону праці персоналу та підвищити загальну надійність експлуатації електротехнічного обладнання.

Одним з основоположних організаційних елементів системи безпеки є виконання робіт за нарядами-допусками, які фіксують місце, обсяг і умови виконання робіт, склад бригади, а також призначення відповідальних осіб за безпечне виконання робіт.

Невід'ємною складовою є організація безпечного робочого місця, яка передбачає визначення меж робочої зони, встановлення попереджувальних знаків і плакатів, а також монтаж тимчасових або постійних огорож. Особливої уваги потребує нагляд за роботами підвищеної небезпеки, що

повинен здійснюватися кваліфікованими та відповідальними особами протягом усього періоду виконання завдань.

Важливою ланкою є також система обліку та розслідування нещасних випадків, яка передбачає своєчасне виявлення, фіксацію, розслідування та аналіз причин подій з метою запобігання їх повторенню.

Серед основних технічних заходів, які забезпечують електробезпеку, слід виокремити наступні:

- Захисне заземлення і занулення: здійснюється з метою виключення небезпеки ураження електричним струмом у разі пробією ізоляції. Металеві неструмопровідні частини, що можуть опинитися під напругою, мають бути заземлені або занулені згідно з чинними нормативами.

- Автоматичне захисне вимкнення: реалізується за допомогою пристроїв захисного відключення (ПЗВ), автоматичних вимикачів або диференційного захисту, які миттєво вимикають напругу у випадку виникнення витоку струму, перевантаження або короткого замикання.

- Ізоляція струмопровідних частин: проводи, кабелі, обмотки та інші струмоведучі елементи мають бути ізольовані матеріалами, які забезпечують відповідний клас електричної міцності та тривалу експлуатацію.

- Застосування електрозахисних засобів: персонал повинен бути забезпечений сертифікованими діелектричними рукавичками, бортами, килимками, покажчиками напруги, ізолювальними штангами, переносними заземленнями тощо.

- Запобігання випадковому дотику до струмоведучих частин: досягається за рахунок монтажу огорожень, кожухів, ізолювальних бар'єрів.

- Використання вибухозахищеного обладнання: у вибухонебезпечних зонах (наприклад, у складських приміщеннях для зберігання деяких видів добрив) використовується електротехнічне обладнання у вибухозахищеному виконанні.

- Регулярні технічні випробування: передбачають періодичну перевірку ізоляції, вимірювання опору заземлення, перевірку справності ПЗВ, автоматичних вимикачів, а також випробування електрозахисних засобів.

- Забезпечення належного рівня освітлення: у місцях перемикачів та обслуговування електроустановок освітленість повинна відповідати чинним нормам (ДБН, ГОСТ), що є важливою складовою безпечної експлуатації електрообладнання.

Комплексне впровадження наведених заходів є обов'язковим елементом системи керування охороною праці в електротехнічній сфері та суттєво знижує ймовірність виникнення травматизму на виробництві.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту є одним із ключових аспектів безпеки праці в електротехнічній галузі. Відповідно до характеру виконуваних робіт та чинних нормативно-правових актів, працівникам повинні видаватися спеціальний одяг, взуття, а також засоби захисту голови, очей і рук. Раціональний підбір та правильне використання ЗІЗ сприяють суттєвому зниженню ризику травматизму і професійних захворювань.

Організація ефективного надання першої домедичної допомоги у разі ураження електричним струмом є невід'ємною складовою системи охорони праці. Забезпечення наявності необхідного аптечного запасу, а також підготовка персоналу до своєчасного і кваліфікованого надання допомоги, сприяють зменшенню тяжкості наслідків електротравм. Регулярне проведення навчальних заходів і практичних тренінгів дозволяє підтримувати високий рівень готовності працівників до дій у надзвичайних ситуаціях.

Дотримання вищезазначених заходів є необхідною умовою мінімізації виробничих ризиків та створення безпечних і здорових умов праці в електротехнічній галузі.

## Висновок до розділу 4

За результатами розрахунку витрат на електроенергію при класичному управлінні клавійними вимикачами вийшло, що споживання становить 120,2 МВт/год на рік. У грошовому еквіваленті це становить 519264 на рік. У другому варіанті, де використовуються розумна система, на електроенергію витрачається 35,19 МВт/год на рік і 152 020,8 грн/рік

Розрахований економічний ефект від впровадження такої системи, який склав 328 777,8 грн, що у відсотковому співвідношенні становить 68,33 %. Здійснено розрахунок терміну окупності обладнання, що становить приблизно 1,5 року.

Забезпечення охорони праці в електротехнічній галузі є критично важливим для збереження життя і здоров'я працівників, а також стабільної роботи обладнання. Ефективна система безпеки має базуватись на дотриманні нормативно-правових вимог, належній підготовці персоналу, впровадженні організаційних та технічних заходів безпеки, забезпеченні засобами індивідуального захисту та готовності до надання першої допомоги.

## ВИСНОВКИ

1. В Україні регулювання освітлення виробничих приміщень здійснюється відповідно до ДБН В.2.5-28:2018, який встановлює диференційовані вимоги до рівня освітленості залежно від типу діяльності, характеру зорових робіт та функціонального призначення приміщень. Норми освітленості визначаються з урахуванням фізіологічних особливостей людини, типу праці, розмірів деталей, контрастності об'єктів та швидкості виконання робіт, що сприяє підвищенню продуктивності та безпеки працівників.

2. Для освітлення складських приміщень традиційно використовують різні типи газорозрядних ламп (ртутні, металогалогенні, натрієві), а також лампи розжарювання, однак світлодіодні джерела світла поступово витісняють застарілі технології завдяки своїй енергоефективності та екологічній безпеці.

3. Організація освітлення на підприємствах передбачає рівномірне розміщення світильників з урахуванням функціональних зон і використання спеціальних світлових пристроїв для підвищення якості освітлення. Сучасні системи автоматизації освітлення з використанням датчиків руху та присутності дозволяють значно знизити енергоспоживання, підвищити комфорт і безпеку робочих зон. Регулярне технічне обслуговування та очищення світильників є необхідною умовою для підтримання нормативного рівня освітленості і ефективності освітлювальних систем.

4. Описано призначення складу та дано його характеристику, розписано умови зберігання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин, обрано обладнання та зроблено розрахунок освітлення.

5. Так як склад має зону стелажного зберігання і приміщення приймання, відвантаження і т. д., то для установки прийнято два види світильників. Розрахунок показав, що кількість світильників має бути 402 шт. При цьому середня освітленість склала 196 лк.

6. Розраховані робочі струми та обрані кабелі марки ВВГнг(А)-LS ВВГнг(А)-LS 5x10, ВВГнг(А)-LS 5x4, ВВГнг(А)-LS 5x2,5, ВВГнг(А)-LS 5x1,5, ВВГнг(А)-LS 3x1,5 для робочого та резервного освітлення, а також кабелі марки ППГнг(А)-FRHF 5x4, ППГнг(А)-FRHF 5x2,5, ППГнг(А)-FRHF 5x1,5, ППГнг(А)-FRHF 3x2,5, ППГнг(А) Для захисту обладнання обрані автоматичні вимикачі марки Schneider Electric з різними номінальними струмами. Застосування на складі такого обладнання дозволить проводити не тільки гнучке налаштування освітлення, а й суттєво знизити витрати на електроенергію.

7. За результатами розрахунку витрат на електроенергію при класичному управлінні клавiшними вимикачами вийшло, що споживання становить 120,2 МВт/год на рік. У грошовому еквіваленті це становить 519264 на рік. У другому варіанті, де використовуються розумна система, на електроенергію витрачається 35,19 МВт/год на рік і 152 020,8 грн/рік

8. Розрахований економічний ефект від впровадження такої системи, який склав 328 777,8 грн, що у відсотковому співвідношенні становить 68,33 %. Здійснено розрахунок терміну окупності обладнання, що становить приблизно 1,5 року.

9. Забезпечення охорони праці в електротехнічній галузі є критично важливим для збереження життя і здоров'я працівників, а також стабільної роботи обладнання. Ефективна система безпеки має базуватись на дотриманні нормативно-правових вимог, належній підготовці персоналу, впровадженні організаційних та технічних заходів безпеки, забезпеченні засобами індивідуального захисту та готовності до надання першої допомоги.

10. Комплексний підхід до реалізації цих заходів значно знижує ризик виробничого травматизму та сприяє створенню безпечного виробничого середовища.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Системи автоматичного управління освітленням. URL: <https://novalight.ua/ua/blog/services/automatic-lighting-control-systems> (дата звернення: 16.02.2025).
2. Окряк Р. Я.. Системи керування освітлювальними установками. Тернопіль, 2018, 6 с. URL: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/26550/1/Okryak\\_Abstracts.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/26550/1/Okryak_Abstracts.pdf) (дата звернення: 16.02.2025).
3. Іоффе К. І. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями» (для магістрів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (спеціалізація «Світлотехніка і джерела світла»)) / К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 57 с
4. Caicedo, D., Li, S., & Pandharipande, A. (2017). Smart lighting control with workspace and ceiling sensors. *Lighting Research and Technology*, 49(4), 446–460. <https://doi.org/10.1177/1477153516629531>.
5. Neida, B. V., Manicria, D., & Tweed, A. (2001). An analysis of the energy and cost savings potential of occupancy sensors for commercial lighting systems. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30(2), 111–125. <https://doi.org/10.1080/00994480.2001.10748357>.
6. Системи автоматичного керування освітленням – ефективний шлях економії електроенергії та підвищення якості освітлення / Д.В. Кислиця, Ю.О. Басова, С.Г. Кислиця [та ін.]. Системи управління, навігації та зв'язку. 2024. Т. 4 (78). С. 31–37. doi: 10.26906/SUNZ.2024.4.031.
7. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення : Державні будівельні норми України. Київ : Мінрегіон України, 2018. 90 с.

8. Вимоги до освітлення на виробництві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://city-adm.lviv.ua/news/science-and-health/239770-> (дата звернення: 04.05.2025).
9. Освітленість виробничих приміщень та складів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.brille.ua/ua/osveshchennost-proizvodstvennyh-promeshcheniy-skladov/> (дата звернення: 04.05.2025).
10. Електричне освітлення та опромінення: навчальний посібник. Київ: Технопринт, 2018. 256 с.
11. Бондаренко Є. А., Дрончак В. О. Освітлення виробничих приміщень: довідник. Дніпро: Університет Дніпра, 2016. 220 с.
12. Біловод І. Тенденції та основи розрахунків освітлення теплиць. Ефективне використання енергії стан і перспективи: збірник наукових праць ІІ Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. 11 листопада 2022 р. (ЗВО «ПДУ», м. Кам'янець- Подільський). Кам'янець-Подільський, 2022. С. 30-33.
13. Споживачі електричної енергії. Електричне освітлення: підручник / П. І. Коваль, В. М. Семененко. Харків: ХНУРЕ, 2017. 312 с.
14. Іваненко О. М., Бондаренко Т. В. Електротехнології та електроосвітлення. Частина І: Електричне освітлення: навчальний посібник. Львів: Видавництво ЛНУ, 2019. 280 с.
15. Дорошенко, І. С. Ткаченко Л. П. Електротехнології та освітлення: методичний посібник Одеса: ОНПУ, 2020. 198 с.
16. Демов О. Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2006. 95с.
17. Симонюк, В. П., Лапченко, Ю. С., Денисюк, В. Ю., Решетило, О. М. (2021). До автоматизації освітленості виробничих приміщень за допомогою комбінованого освітлення. *Перспективні технології та прилади*, (19), 122-127.
18. Пироженко А. В. Система автоматичного керування параметрами штучного освітлення : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : спец. 174 – автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та

робототехніка / наук. кер. О. Ю. Журавльов. Суми : Сумський державний університет, 2024. 67 с.

19. Басова Ю. О., Бичков Я. М., Біловод І. В. Порівняльний аналіз датчиків температури, їх переваги та недоліки. Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XXI Міжнар. форуму молоді, 10-11 квіт. 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 300-302.

20. RadiyLED. Керування освітленням [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://radiyled.com/ua/products/lighting-controls/> (дата звернення: 04.05.2025).

21. Вимоги чинного законодавства при зберіганні пестицидів і мінеральних добрив : пам'ятка [Електронний ресурс]. Головне управління Держпродспоживслужби в Чернівецькій області. Режим доступу: <https://consumer-cv.gov.ua/blog/2022/04/28/pam-yatka-vymogy-chynnogo-zakonodavstva-pry-zberiganni-pestytsydiv-i-mineralnyh-dobryv/> (дата звернення: 04.05.2025).

22. Yara. Зберігання добрив та їх безпека [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.yara.ua/crop-nutrition/fertiliser-handling-and-safety/storage-of-fertilizer/> (дата звернення: 04.05.2025).

23. Правила зберігання мінеральних добрив [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://surl.gd/qobyvy> (дата звернення: 04.05.2025).

24. Інтернет-магазин illuminant.com.ua. Світильник світлодіодний LED 54 Вт, 1200 мм [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.illuminant.com.ua/svetilniki-svetodiodnye-led/svetilnik-pylevlagozashchishchennyi-svetodiodnyi-led-54-vatt-1200-mm.html> (дата звернення: 04.05.2025).

25. Інтернет-магазин ТОВ «Компанія Будсвіт». Безпроводний датчик руху AJAX MotionProtect [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://smartel.ua/product/besprovodnoy-datchik-dvizheniya-ajax-motionprotect-belyy/> (дата звернення: 04.05.2025).

26. Smartel.ua. Датчик руху U-Prox PIR VB White [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://smartel.ua/product/datchik-dvizheniya-u-prox-pir-vb-white> (дата звернення: 04.05.2025).
27. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Київ : Укрінформнаука, 2017. 617 с.
28. Кізляр О. Методичний інструментарій ефективності проєктів «розумного міста». Моделювання розвитку економічних систем. 2024. Вип. 13. С. 37. – DOI: 10.31891/mdes/2024-13-37.
29. Бондаренко Є.А.О. Охорона праці в електроенергетиці : електронний навчальний посібник [Електронний ресурс]. Вінниця : ВНТУ, 2022. 138 с. Режим доступу: <https://repository.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/35047/>
30. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки. – Дніпро : НГУ, 2013. 232 с.
31. Голінько В.І. Електробезпека : навч. посіб. Дніпро : НГУ, 2010. 76 с.
32. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12> (дата звернення: 04.05.2025).
33. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС). – Київ : Мінпаливенерго України, 2006. 148 с.
34. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 № 1417. – Київ : МВС України, 2015. 232 с.
35. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення. – К. : Держспоживстандарт України, 1994. – 26 с.