

Криворізький національний університет
Кафедра охорони праці та цивільної безпеки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Тема: «Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства»

Виконала здобувачка вищої освіти
групи ЗЦБ-21

УСЕНКО КСЕНІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА

Керівник: к.т.н.

ЯНОВА ЛЮДМИЛА ОЛЕКСАНДРІВНА

Кривий Ріг
2025

КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра охорони праці та цивільної безпеки

спеціальність 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. _____ ШВАГЕР Н.Ю.

«___» _____ 2025 р

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Здобувачі: УСЕНКО КСЕНІЇ ОЛЕКСАНДРІВНІ група ЗЦБ-21

1. Тема випускної роботи: **«Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства»**

2. Вихідні данні: інформація з літературних наукових джерел.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу: графічні схеми, залежності, рисунки відповідно до результатів проведення досліджень і встановлених висновків.

4. Етапи виконання випускної роботи

№ з/п	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1,2	3,4,5,6	7,8,9	10,11,12,13	14	15
1	Розділ 1	+					
2	Розділ 2		+				
3	Розділ 3			+			
4	Розділ 4				+		
5	Висновки				+		
6	Підготовка до захисту та захист роботи				+	+	+

5. Дата видачі завдання

«___» _____ 20__ р.

Керівник _____
(підпис)

(посада, прізвище)

Консультанти:

Найменування частини	Підпис	Консультант <i>(посада, прізвище, ініціали)</i>
РОЗДІЛ 1		доц. Янова Л.О.
РОЗДІЛ 2		доц. Янова Л.О.
РОЗДІЛ 3		доц. Янова Л.О.
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ		проф., зав. кафедрою ОПЦБ Швагер Н.Ю.

Календарний план виконання роботи

№	Назва етапів магістерської випускної роботи	Термін виконання	Примітка виконання
1	Співбесіда зі здобувачем за темою роботи, видача переліку рекомендованої нормативної, наукової літератури		
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу, уточнення завдань кваліфікаційної роботи		
3	Підготовка 1 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
4	Підготовка 2 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
5	Підготовка 3 розділу кваліфікаційної роботи та подання його керівникові на перевірку		
6	Підготовка 4 розділу «Оцінка ефективності запропонованих рекомендацій» та подання його консультанту від кафедри ОПЦБ		
7	Підготовка висновків		
8	Перевірка роботи керівником		
9	Отримання відгуку керівника та рецензії		
10	Захист роботи у ДЕК		

Завдання видав:

керівник кваліфікаційної роботи

науковий ступінь, вчене звання, прізвище і ініціали керівника роботи

Завдання отримав:

Здобувач вищої освіти

прізвище і ініціали здобувача

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	6
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1.....	9
ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ РОБІТНИКІВ У СКЛАДСЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ ЗА ПОКАЗНИКОМ ОСВІТЛЕННОСТІ	9
РОЗДІЛ 2.....	13
ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЯКОСТІ ОСВІТЛЕННЯ У СКЛАДСЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ.....	13
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЯКОСТІ ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА	20
3.2.1. Моделювання якості освітлення складського приміщення	21
3.2.2 Аналіз існуючої схеми освітлення.....	246
3.2.3 Пропонована схема освітлення.....	31
3.2.4 Пропонована схема аварійного освітлення	38
РОЗДІЛ 4.....	43
ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ	43
4.1.1 Вимоги з оцінки якості освітлення складу.	44
4.2 Визначення безпеки робіт на складі.....	45
4.3. Оцінка ефективності запропонованих заходів з покращення якості освітлення та умов праці робітників складу	47
4.4 Статистика травмувань робітників складу в Україні з причин недостатньої освітленості	53
4.5 Умови праці по мікроклімату для робітників складу і можливі небезпеки для них	54
ВИСНОВКИ.....	57
ЛІТЕРАТУРА	60

					КНУ.КР.24.263.05.68с								
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата									
Розробив	Усенко К.О.				Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства	Літ.			Аркуш	Акрушів			
Перевірив	Янова Л.О.												
						ЗЦБ -21							
Н. Контр.	Швагер Н.Ю.												
Затвердив	Швагер Н.Ю.												

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГДК – гранично допустима концентрація;

ДСТУ – Державний стандарт України;

Постанова КМУ - Постанова Кабінету Міністрів України;

КР – кваліфікаційна робота.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи містить:

61 сторінку;

24 рисунки;

18 таблиць;

15 літературних джерел.

Тема дослідження кваліфікаційної роботи (КР) «Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства» здобувачки Усенко К.О. полягає в розробці рекомендацій щодо покращення умов праці в складському приміщенні та оптимізації якості його освітлення.

Напрямок роботи полягає в дослідженні стану умов праці складських працівників в реально існуючому підприємстві на території Металургійного району міста Кривий Ріг.

В кваліфікаційній роботі «Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства» було встановлено:

1. вплив на їх органи зору, загальний стан здоров'я умов з недостатнім освітленням складських приміщень;
2. небезпечні ділянки складського приміщення за показником освітленості,
3. зони недостатньої освітленості шляхом комп'ютерного моделювання,
4. рекомендації з забезпечення належної освітленості у складі,
5. соціально-економічне оцінювання рекомендацій по бакалаврській роботі.

Дослідження стану освітлення складського приміщення та умов праці робітників здійснювалось шляхом комп'ютерного моделювання освітленості, виявлення застійних зон.

В роботі враховувались скарги працівників на недостатній рівень освітлення в робочих зонах складу продукції, яка розміщена на піддонах.

Методи досліджень в роботі «Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства» здобувачки Усенко К.О.: статистичний, аналітичний та комп'ютерне моделювання.

Ключові слова: РОБОЧА ЗОНА ПРАЦІВНИКІВ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ, РІВЕНЬ ОСВІТЛЕННЯ, ЯКІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДУ, АНАЛІЗ УМОВ ПРАЦІ, КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

ВСТУП

Об'єктом дослідження є якість освітлення складу.

Предметом дослідження є параметри якості освітлення робочих місць на складі.

Мета роботи «Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства»: проаналізувати, дослідити умови праці робітників складу за допомогою комп'ютерного моделювання з виявленням застійних зон з низьким освітленням.

Результати дослідження – запропонована комп'ютерна модель складу при умовах реального освітлення та рекомендації з покращення умов праці з забезпеченням діючих, належних вимог освітлення для складських приміщень.

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра:

- дослідити стан існуючого освітлення в складському приміщенні, застосувавши методику комп'ютерного моделювання, яка є доступною для студентів,
- запропонувати шляхи покращення стану освітлення в найбільш затемненому складському приміщенню.

Задачі у кваліфікаційній роботі здобувачки:

- опрацювання наукових праць дослідників;
- постановка задач для здійснення комп'ютерного моделювання якості освітлення складського приміщення;
- розробка пропозицій для виробничого підприємства зв складськими приміщеннями за показником якості освітлення.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ПРАЦІ РОБІТНИКІВ У СКЛАДСЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ ЗА ПОКАЗНИКОМ ОСВІТЛЕННОСТІ

1.1 Аналіз європейських та державних нормативних вимог до забезпечення якості освітлення складських приміщень підприємств

Освітлення складських приміщень є важливим аспектом для забезпечення безпеки праці та ефективного виконання завдань.

В Євросоюзі існують строгі нормативні вимоги, що регулюють рівень та якість освітлення на робочих місцях, включаючи складські приміщення.

Дотримання цих вимог дозволяє знизити ризики травматизму, підвищити точність виконання робіт та зменшити кількість виробничих помилок.

Характеристика нормативних вимог щодо освітлення складських приміщень показує, що у Євросоюзі вимоги регулюються кількома основними документами, зокрема:

- Стандарт EN 12464 -1:2011 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць у приміщеннях», який визначає параметри освітлення робочих місць, включаючи рівень освітленості, рівномірність освітлення та кольорову температуру світла.
- Стандарт EN 12464-2:2014 «Світло та освітлення. Освітлення робочих місць на відкритому повітрі», який регулює вимоги до освітлення робочих місць на відкритому повітрі, що може бути корисним для складів з відкритими зонами зберігання.
- Стандарт EN 1838:2013 «Застережне освітлення», який встановлює вимоги до аварійного освітлення, яке повинно забезпечувати безпеку працівників під час евакуації у разі надзвичайної ситуації.

В Україні нормативні вимоги регулюють показники рівню освітлення складських приміщень на виробництві та в установах.

Дотримання цих вимог дозволяє піднести культуру праці на більш високий рівень.

Нормативні вимоги до освітлення складських приміщень в Україні регулюються кількома основними документами [1-5], які є діючими та ратифікованими за пропозицією Євросоюзу. Дані нормативні документи є гармонізованими з наведеними європейськими стандартами.

Основні вимоги щодо забезпечення належного освітлення робочих місць і приміщень за характерними ознаками наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика основних параметрів освітлення складських приміщень

№	Параметри освітлення	Характеристика за ключовим параметром
1	Рівень освітленості	вимірюється в люксах (лк). Для різних зон складу встановлені різні мінімальні значення. Наприклад, для основних робочих зон рівень освітленості повинен бути не менше 200 лк, а для допоміжних зон – 100 лк.
2	Рівномірність освітлення	визначається як співвідношення мінімального рівня освітленості до середнього. Вона повинна бути не менше 0,4 для основних робочих зон.
3	Кольорова температура світла	вимірюється в Кельвінах (К). Для складських приміщень рекомендується використовувати світло з кольоровою температурою від 4000 К до 6500 К, що забезпечує природне біле освітлення.
4	Індекс кольоропередачі (CRI)	показує, наскільки точно світло передає кольори об'єктів. Для складських приміщень цей показник повинен бути не менше 80.

Вимоги освітлення для складських приміщень, ділянок враховують класи, різновиди призначення складів, їх розміри.

А саме [2,3]:

— на поверхні місця перевантаження та пакування продукції – $E=300\text{лк}$,

- для складів $E=100-200\text{лк}$, з можливістю підвищення рівню освітлення за умов тривалого знаходження працівників у складі і виконання ними робіт,
- для складів з механізованим перевантаженням продукції $E=200\text{лк}$,
- при вантажно-розвантажувальних роботах $E=150\text{лк}$,
- для заготівельних складів $E=50\text{лк}$.

Виконання вимог Постанови КМУ [6] та Настанови [7] дозволяє визначити та розрахувати необхідну кількість світильників для виробничого складу з урахуванням оптимізації забезпечення якості освітлення.

1.2 Аналіз досліджень науковців з питань забезпечення якості освітлення у виробничих приміщеннях і на робочих місцях

Наукові праці з дослідження якості освітлення виробничих приміщень охоплюють кілька ключових напрямків, які зведені у таблицю 1.1.

Наукові дослідження в цих напрямках допомагають оптимізувати умови праці, підвищити продуктивність і зменшити енергоспоживання на виробничих підприємствах.

Таблиця 1.2 – Основні напрями наукових досліджень науковців з питань забезпечення якості освітлення у виробничих приміщеннях

№	Напрями наукових досліджень	Складові напрямів наукових досліджень
1	Оцінка поточного освітлення	1.Вимірювання рівня освітленості в різних зонах приміщення. 2.Аналіз типів ламп та джерел світла, що використовуються.
2	Вплив освітлення на продуктивність	1. Дослідження впливу якості освітлення на ефективність праці. 2.Вплив освітлення на безпеку та самопочуття працівників.
3	Енергоспоживання	1. Аналіз споживання електроенергії існуючими системами освітлення. 2.Визначення можливих шляхів зниження витрат.

4	Сучасні технології освітлення	1. Застосування енергоефективних систем освітлення, таких як LED-лампи. 2. Використання датчиків руху та автоматичне регулювання інтенсивності світла.
---	-------------------------------	---

Необхідність і обов’язковість чищення джерел світла є вимогами у державному законодавстві [2] та представлено в таблиці 1.3.

Як видно з табл. 1.3, то для складських приміщень, де є вікна, то необхідність приведення їх до чистого стану – один раз за 2 роки.

Таблиця 1.3 - Періодичність чищення світильників на підприємствах

Періодичність обов’язкового приведення в порядок світильників, років	Стан забруднень	Види виробничих приміщень
3	Чисті	Цехи, обчислювальні центри
2	Нормальні	Складські приміщення
1	Забруднені	Заводські приміщення

Дотримання вимог, що наведено в таблиці 1.3, забезпечує економічне (з точки зору енергоефективності) та якісне світло для продуктивної роботи виробничих працівників.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЯКОСТІ ОСВІТЛЕННЯ У СКЛАДСЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ

2.1 Вплив недостатнього освітлення складських приміщень на безпеку праці

Недостатнє освітлення в складських приміщеннях може значно вплинути на безпеку працівників, спричинити травми, знизити продуктивність та підвищити помилки при виконанні завдань.

В даному розділі кваліфікаційної роботи проаналізуємо основні ризики, пов'язані з поганим освітленням складів. Після аналізу умов праці робітників складу, запропонуємо рекомендації щодо покращення їх умов праці за допомогою забезпечення належного освітлення.

Складські приміщення є важливою частиною логістичних систем, де відбувається значна кількість операцій, пов'язаних з прийманням, зберіганням та відправленням товарів.

Оскільки ці операції часто виконуються в умовах обмеженого простору та високої інтенсивності роботи, якість освітлення відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки праці та ефективності виконання завдань. Недостатнє освітлення може призвести до різних негативних наслідків, включаючи підвищення ризику травматизму, зниження точності виконання робіт і збільшення кількості виробничих помилок.

Складські приміщення є невід'ємною складовою ланцюга постачання, що слугує критично важливим інтерфейсом між виробництвом і дистрибуцією. Оскільки операції в цих приміщеннях стають все більш складними та автоматизованими, освітлення часто ігнорується як фундаментальний фактор, що впливає на ефективність та безпеку.

Освітлення на складі не тільки впливає на функціональність середовища, але також впливає на комфорт працівників, точність виконання замовлень і загальне енергоспоживання об'єкта.

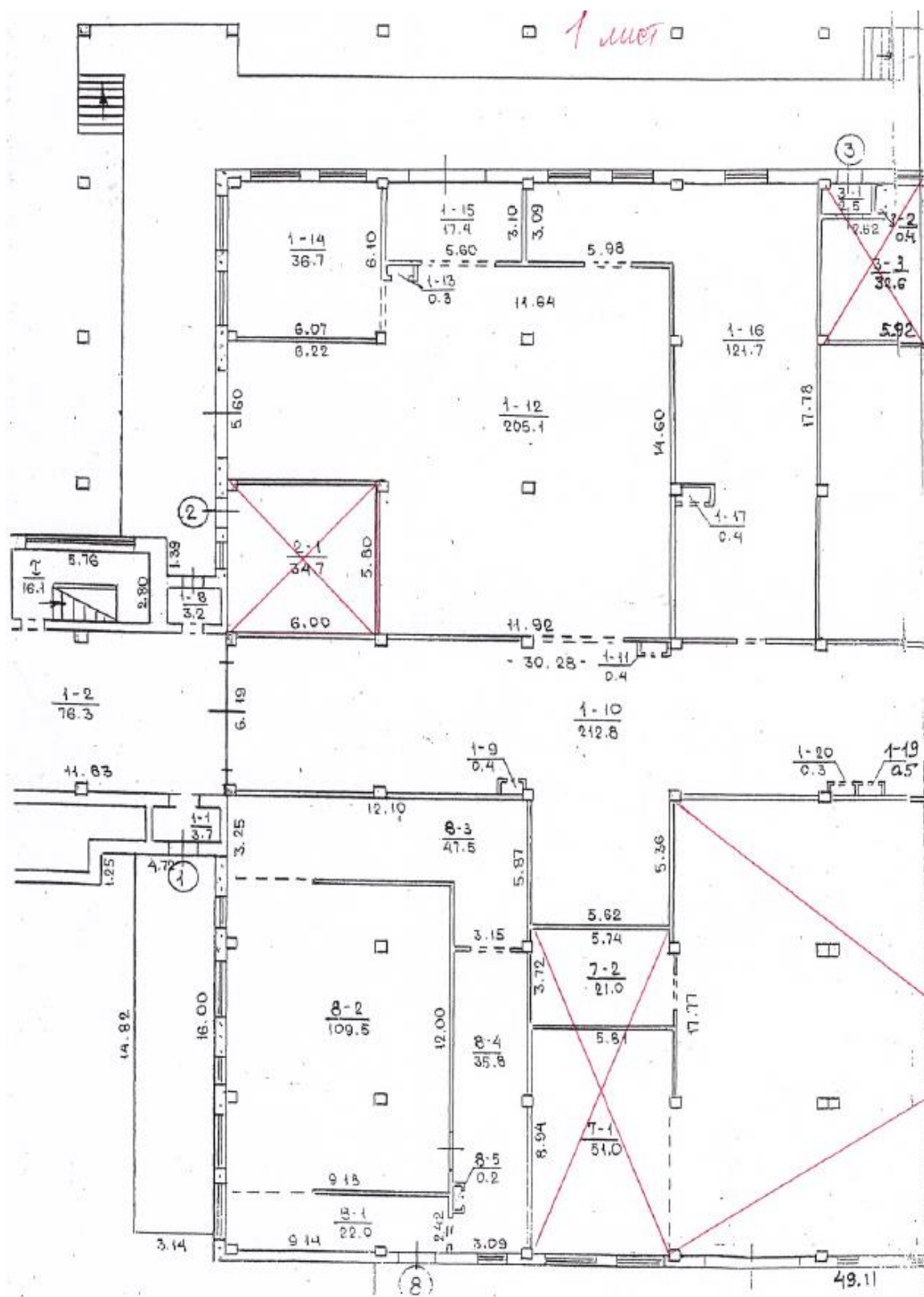
2.2 Основні ризики недостатнього освітлення складських приміщень

Проаналізувавши статистичні дані та наукові праці [8-15] з питань забезпечення якості освітлення виробничих приміщень, виявлено ряд ризиків, які можуть скласти можливі небезпечні ситуації на роботі.

Ризики на роботі від недостатньої якості освітлення в складських приміщеннях:

1. Травматизм та нещасні випадки. Погане освітлення значно підвищує ризик травм на робочому місці. Працівники можуть спіткнутися об перешкоди, впасти, або зіткнутися з іншими працівниками чи технікою. Недостатнє освітлення унеможлиблює своєчасне визначення наявних небезпечних ситуацій, що може призвести до серйозних нещасних випадків.
2. Помилки при виконанні завдань. Недостатнє освітлення ускладнює виконання точних операцій, таких як пакування, сортування та контроль якості. Це може призвести до підвищення кількості помилок, що знижує якість роботи та призводить до додаткових витрат на корекцію помилок та повторне виконання завдань.
3. Зниження продуктивності. Погане освітлення негативно впливає на загальну продуктивність працівників. Труднощі з баченням та необхідність додаткових зусиль для виконання завдань призводять до швидкої втоми, що знижує ефективність роботи. Працівники можуть відчувати фізичний та психологічний дискомфорт, що також негативно впливає на їхню продуктивність.

Проаналізувавши небезпеки та ризики впливу на здоров'я працівників недостатнього за вимогами освітлення робочих місць і приміщень, обираємо для проведення дослідження реальне складське приміщення, яке розташоване в межах Металургійного району м. Кривий Ріг (рис. 2.1 та додаток А).



Для досліджень обрано найбільш недостатньо освітлене приміщення, але те, яке має часте використання і присутність персоналу складських працівників.

2.3 Дослідження оцінки ефективності та безпеки складських приміщень за якістю освітлення

У сучасних складських операціях ефективне освітлення відіграє ключову роль у підвищенні продуктивності роботи та забезпеченні безпеки.

Найважливіші характеристики освітлення складських приміщень (табл. 2.1) характеризують їх типи, особливості проектування, можливість використання сучасних технологій, вплив на повсякденне функціонування виробничих складів.

Таблиця 2.1. Основні характеристики освітлення складських приміщень

№	Характеристика типів освітлення складів	Характеристика показників
1	Зовнішнє освітлення	1.Освітлення навколишнього середовища забезпечує загальне освітлення, необхідне для забезпечення видимості на всьому складі. 2.Зовнішнє освітлення слугує основним рівнем світла, що забезпечує базову навігацію та нагляд. 3.Форми зовнішнього освітлення - світлодіодні світильники, люмінесцентні лампи та металогалогенні лампи. 4.Завдяки енергоефективності та тривалому терміну служби світлодіоди є популярними для нових установок і проектів модернізації.
2	Освітлення для виконання завдань	1.Робоче освітлення фокусується на конкретних ділянках, де виконується точна робота. 2.На складі це зони пакування, сортування або контролю якості. 3.Ефективне робоче освітлення зменшує ймовірність помилок і підвищує продуктивність працівників.

		4.Варіанти освітлення робочих місць - регульовані світлодіодні прожектори або локальні світильники, які можна спрямувати на виконання конкретних завдань.
3	Аварійне та евакуаційне освітлення	1.У промисловому середовищі правила безпеки вимагають наявності відповідних систем аварійного та евакуаційного освітлення, які допомагають персоналу під час евакуації. 2.Ці системи включають в себе ліхтарі на батарейках, які активуються в разі відключення електроенергії, а також світлові покажчики виходу, які повинні бути добре помітними і розташованими на достатній відстані один від одного по всьому об'єкту.

Порядок дій досліджень з проведення оцінки стану освітлення складських приміщень:

1. Оцінка поточного стану освітлення.

Першим кроком в дослідженнях за темою кваліфікаційної роботи є оцінка поточного стану освітлення на складі. Для цього:

- узято схеми приміщень складів (рис.2.1),
- дані спостережень працівників складу та спеціалістів з охорони праці,
- проведений внутрішній аудит з визначенням найбільш небезпечного за освітленням приміщення,
- вимірювання рівня освітленості за допомогою приладу люксметра.

2. Розробка плану освітлення.

На основі результатів оцінки слід розробити план освітлення, який включатиме розташування світильників, типи ламп та інші технічні параметри. Важливо врахувати всі робочі зони та забезпечити рівномірний розподіл світла.

3. Вибір обладнання.

Вибір правильного освітлювального обладнання є ключовим для забезпечення відповідності нормативним вимогам. Рекомендується використовувати світлодіодні (LED) світильники, які мають високу енергоефективність та тривалий термін служби.

4. Монтаж та налаштування

Після вибору обладнання слід провести монтаж та налаштування системи освітлення. Важливо забезпечити правильне підключення та встановлення світильників, щоб уникнути зон з недостатнім освітленням.

5. Регулярне обслуговування та перевірка

Після встановлення системи освітлення слід регулярно проводити обслуговування та перевірку. Це включає заміну ламп, очищення світильників та контроль рівня освітленості.

Дотримання нормативних вимог до освітлення складських приміщень в Україні є важливим аспектом для забезпечення безпеки та ефективності роботи. Виконання вищезазначених кроків допоможе забезпечити відповідність стандартам та створити комфортні умови для працівників.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ЯКОСТІ ОСВІТЛЕННЯ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

3.1. Визначення напрямів і завдань досліджень та оптимізації якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства.

Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства мала перед собою наступні завдання:

1. Дослідити поточний стан освітлення в складському приміщенні виробничого підприємства та визначити, чи воно відповідає нормативним вимогам і потребам працівників:

- Оцінити поточне освітлення: вимірювання рівня освітленості в різних зонах приміщення, аналіз типів ламп та джерел світла, що використовуються,
- Визначити вплив освітлення на продуктивність: дослідження, як якість освітлення впливає на ефективність праці, безпеку та самопочуття працівників,
- Виявити аспект енергоспоживання: аналіз споживання електроенергії існуючими системами освітлення, визначення можливих шляхів зниження витрат,
- Визначити можливість застосування сучасних технологій: розгляд можливостей застосування енергоефективних та інтелектуальних систем освітлення, таких як LED-лампи, датчики руху та автоматичне регулювання інтенсивності світла,
- Обґрунтувати економічну доцільність: проведення розрахунків витрат на модернізацію освітлення та потенційний економічний ефект від її реалізації.

2. Після збору й аналізу даних, необхідно запропонувати конкретні заходи для оптимізації якості освітлення, що включають технічні та організаційні рішення.

3. Розробити план впровадження заходів, враховуючи строки, бюджет і можливі ризики.

В Україні вже впроваджено міжнародні стандарти: GMP, GDP, GSP, GPP.

3.2 Результати досліджень та оптимізації якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства.

3.2.1. Моделювання якості освітлення складського приміщення

Складське приміщення, розташоване на вулиці С. Тільги Металургійного району в Кривому Розі, складається з 15 приміщень.

Здобувачка Усенко К.О. має власний досвід обстеження якості освітлення в дослідному складському приміщенні. Тому дана тема бакалаврської роботи обрана здобувачкою за науковим інтересом необхідності дослідження, збору статистичних даних попередніх років, узгоджена з керівним складом кафедри ОПЦБ КНУ і прийнята до виконання у належний строк.

Однак це дослідження фокусується виключно на одному складському приміщенні площею 180 м². Саме це приміщення обрано для дослідження за показниками існуючої низької освітленості, частого користування саме цим відділом приміщення складу.

Рисунок 3.1 ілюструє просторове розташування цього конкретного приміщення в загальному плані будівлі.

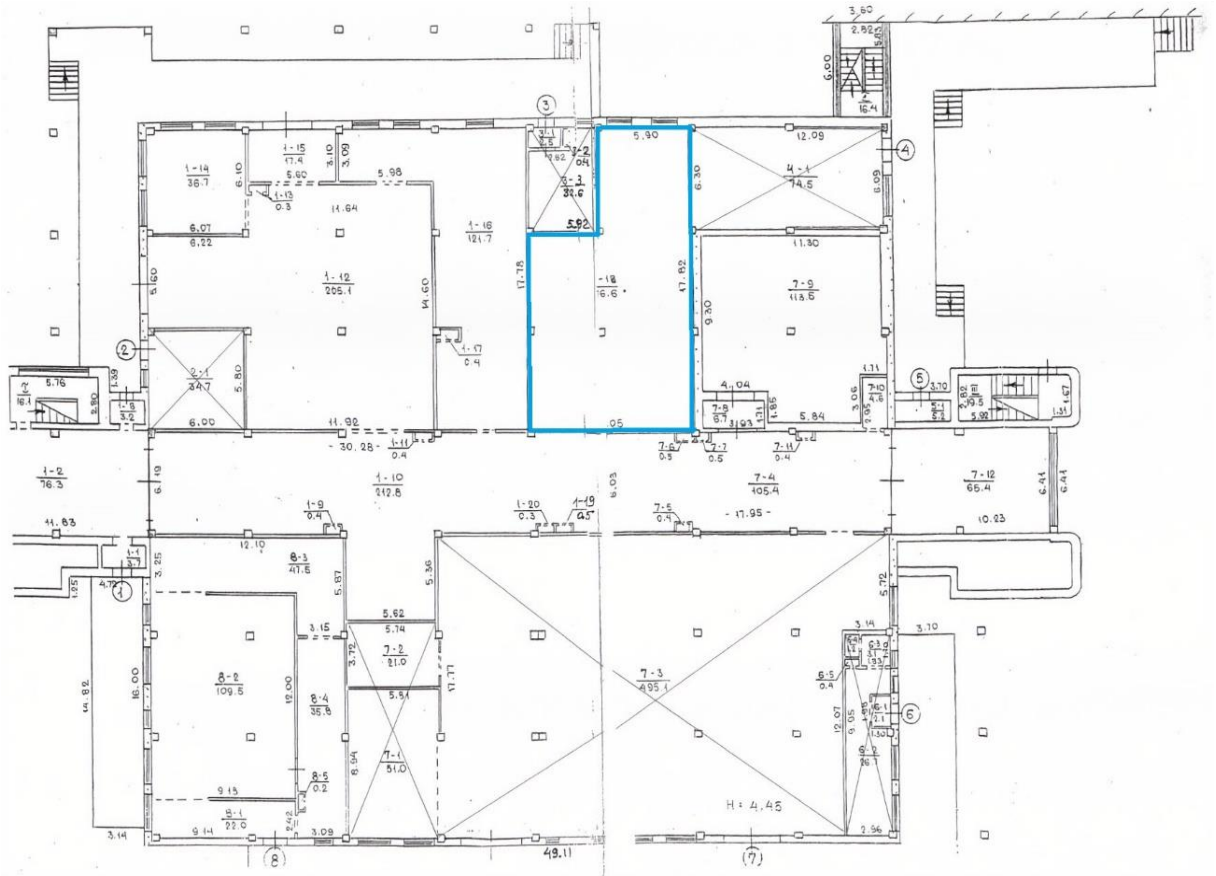


Рис. 3.1 – Схема загального плану будівлі просторового розташування в ній складських приміщень.

Складське приміщення має висоту стелі 5 м і обладнане двома входами. Перший, розміром $2 \times 0,9$ м, слугує для доступу персоналу та полегшує евакуацію через прилеглий простір до зовнішньої сторони будівлі.

Друге має більші двері розміром $2,5 \times 2,2$ м, призначені для транспортування палетованих вантажів і відкриваються у внутрішню галерею.

У приміщенні є два вікна, кожне $2,5$ м заввишки і $1,2$ м завширшки.

Однак з міркувань безпеки ці отвори постійно закриті світлонепроникними захисними панелями, що виключає будь-яке потрапляння природного освітлення.

Як наслідок, аналіз освітлення цього приміщення проводився виключно з урахуванням штучних джерел світла, без урахування будь-якого потенційного внеску сонячного випромінювання.

Внутрішні поверхні приміщення - стіни, підлога та стеля - виготовлені з бетону і мають монохромний сірий колір.

Оскільки всі поверхні приміщення виготовлено з бетону при світлотехнічних розрахунках їх коефіцієнт відбивання прийнятий рівним 43%.

Аналіз освітленості приміщень був виконаний за допомогою програмного забезпечення DIALux, версії 13.0.

Розрахунки проводилися відповідно до стандарту EN 12464-1:2021, зокрема, для типу використання 13.5 в зоні «Логістика і склади», з акцентом на застосуванні «Стелажне зберігання – підлогове» (Таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Нормативні значення загального освітлення приміщень складів згідно EN 12464-1:2021

Параметр	Нормативне значення
Підтримувана освітленість	
У зоні зорового завдання (E_m)	150.0 lx
Зорове завдання змінне ($E_{m,mod}$)	200.0 lx
В оточуючому просторі (E_m)	150 lx
Зони фону (E_m)	50 lx
циліндрична ($E_{m,z}$)	- lx
На стіні ($E_{m,wall}$)	- lx
На стелі ($E_{m,ceiling}$)	30 lx
Рівномірність (E_{min}/E_m)	0.500
Обмеження відблисків у приміщенні (RUGL)	25
Час використання	
День	4407 годин на рік
Ніч	4353 годин на рік
Днів на тиждень	7
Індекс передачі кольору (R_a , CRI)	80
Інтервал між технічними оглядами	1 рік
Періодичність обслуговування світильників	2 роки.

Математична модель складського приміщення наведена на рисунку 3.2 даного розділу.

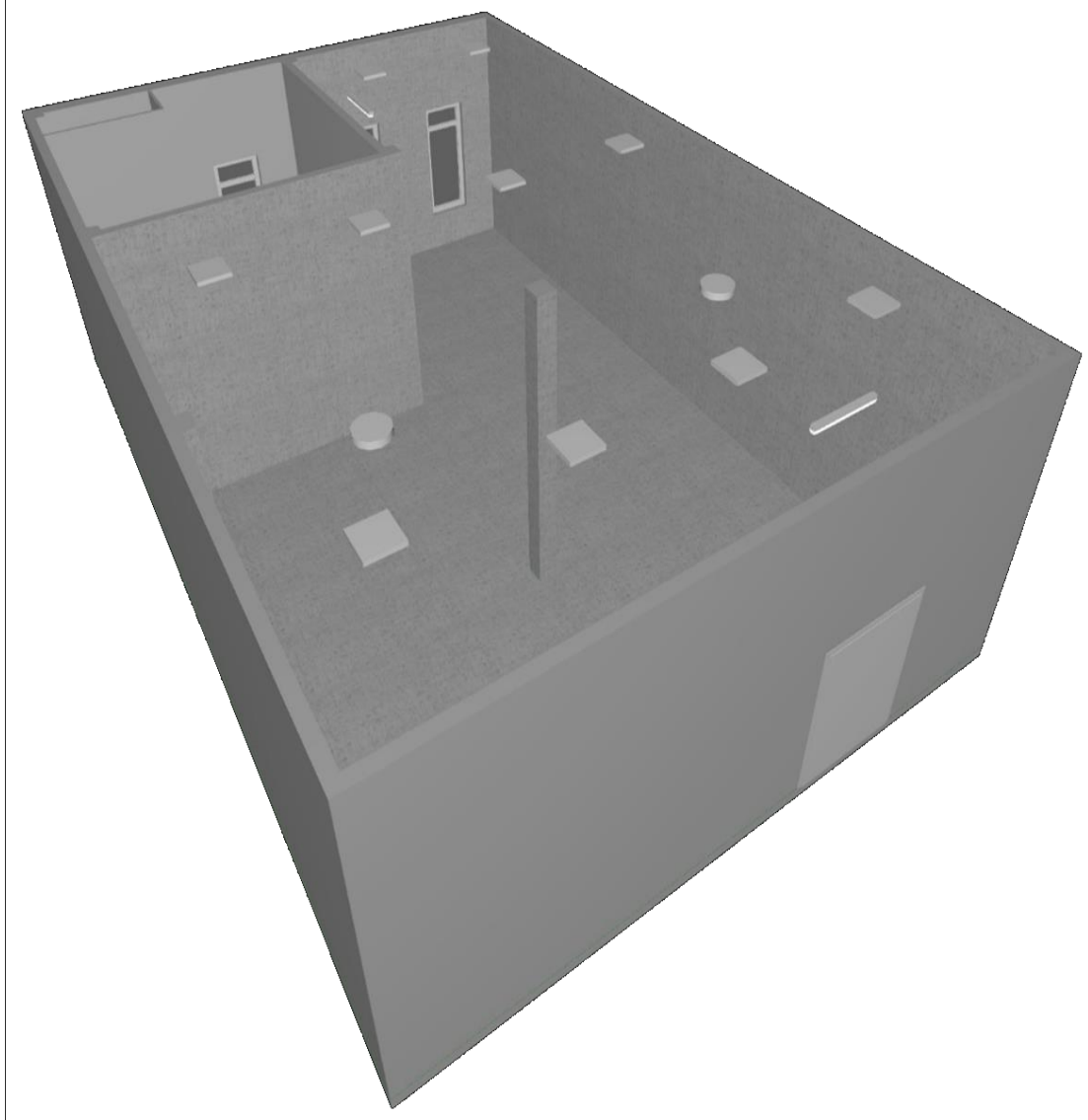


Рис. 3.2 - Математична модель складського приміщення

Аналіз наведеної на рис. 3.2 моделі складського приміщення наведено детально у підрозділі 3.2.2.

3.2.2 Аналіз існуючої схеми освітлення

Освітлення в складському приміщенні здійснюється двома світильниками типу Delta Ligh SUPERNOVA LINE 65 TW WD.

Схема розташування світильників наведена на рисунку 3.3.

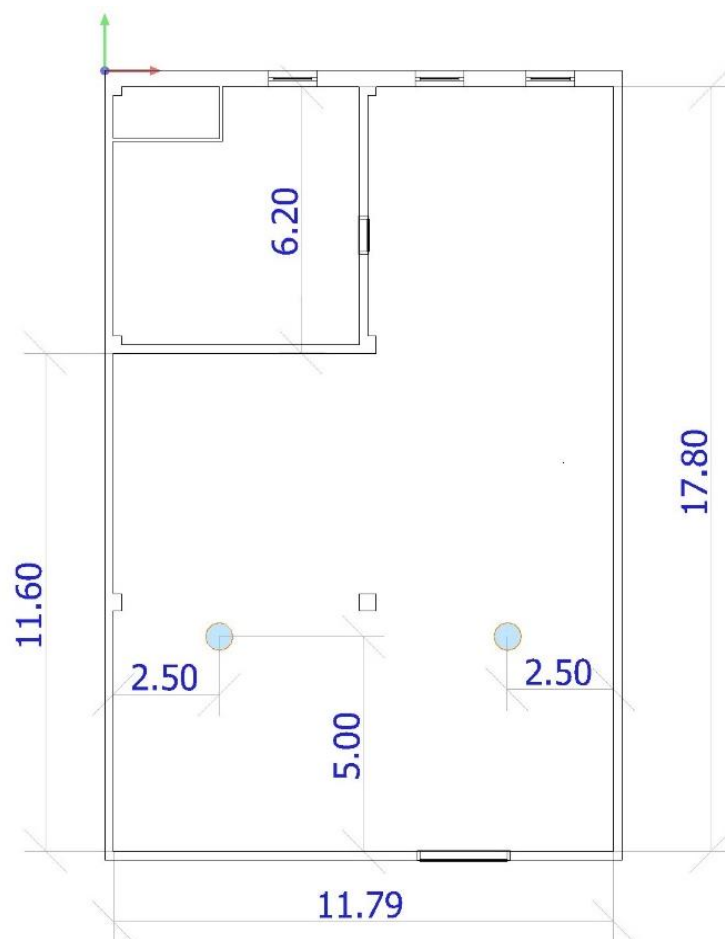
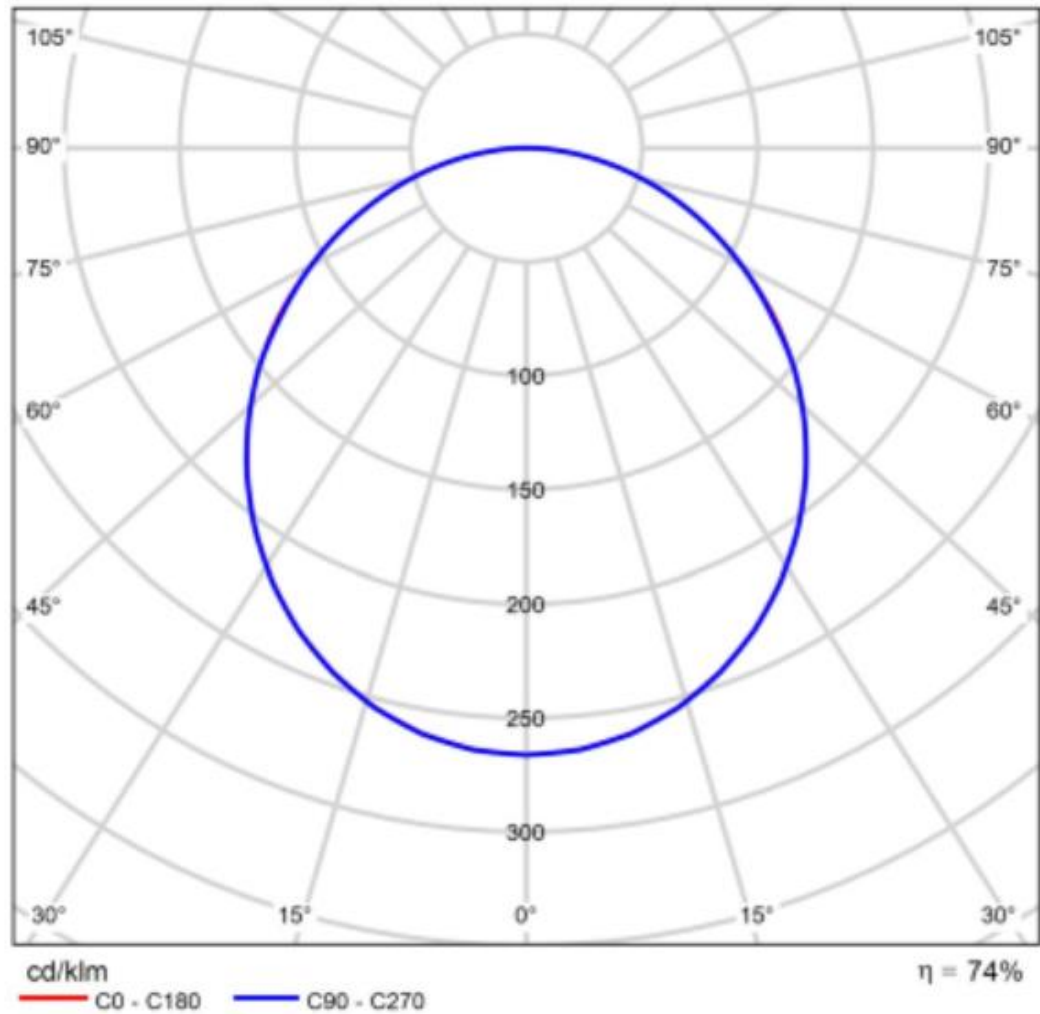


Рис. 3.3 - План розташування світильників в складському приміщенні

Параметри світильників наведено в таблиці 3.3, а діаграма направленості на рисунку 3.4.

Таблиця 3.3 Світлотехнічні характеристики світильників Delta Light SUPERNOVA LINE 65 TW WD

№	Параметр	Показники
1	Код виробу	274 95 06 26 WD
2	Потужність, Р	52.0 W
3	Ф джерело світла	4208 lm
4	Ф світильник	3121 lm
5	η	74.16 %
7	Світловіддача	60.0 lm
	ССТ	5700 K
	CRI	90



Полярна КСС

Рис. 3.4 - Діаграма спрямованості світильників Delta Ligh SUPERNOVA
LINE 65 TW WD

Розрахунки велись згідно вимог EN 12464-1:2021, EN 12464-2:2014, EN 15193:2008, DIN V 18599:2007, CIE 97:2005, CIE 154:2003.

Результати розрахунку освітленості в наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Результати розрахунків освітленості

	Параметр	Розраховано	Норматив	Відповідність	Позначення
Робоча площа	$E_{\text{перпендикулярний}}$	24.5 lx	$\geq 150 \text{ lx}$	✗	WP3
	$U_0 (g_1)$	0.033	≥ 0.50	✗	WP3
Обсяги енергоспоживання ²⁾	Енергоспоживання	[492 - 547] kWh/a	макс. 6050 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	0.60 W/m ²	-		
		2.46 W/m ² /100 lx	-		

(1) Базується на прямокутному просторі 11.800 m x 17.800 m та SHR 0.25.
(2) Розраховано за методом погодинного рейтингу при середньому небі (без прямих сонячних променів).
Профіль користування: Логістика та склад (13.5 Стелажне зберігання - підлогове)

З розрахунків видно, що в складському приміщенні середня освітленість робочої площини нижче нормативної. Така ситуація не є нормальною і містить ризики травмування працівників при використанні складу і виконання навантажувальних та розвантажувальних робіт і потребує дослідження і розробки пропозицій по удосконаленню освітлення складу або заміні схеми освітлення взагалі.

Розподілення освітленості робочої площини наведено на рисунку 3.5.

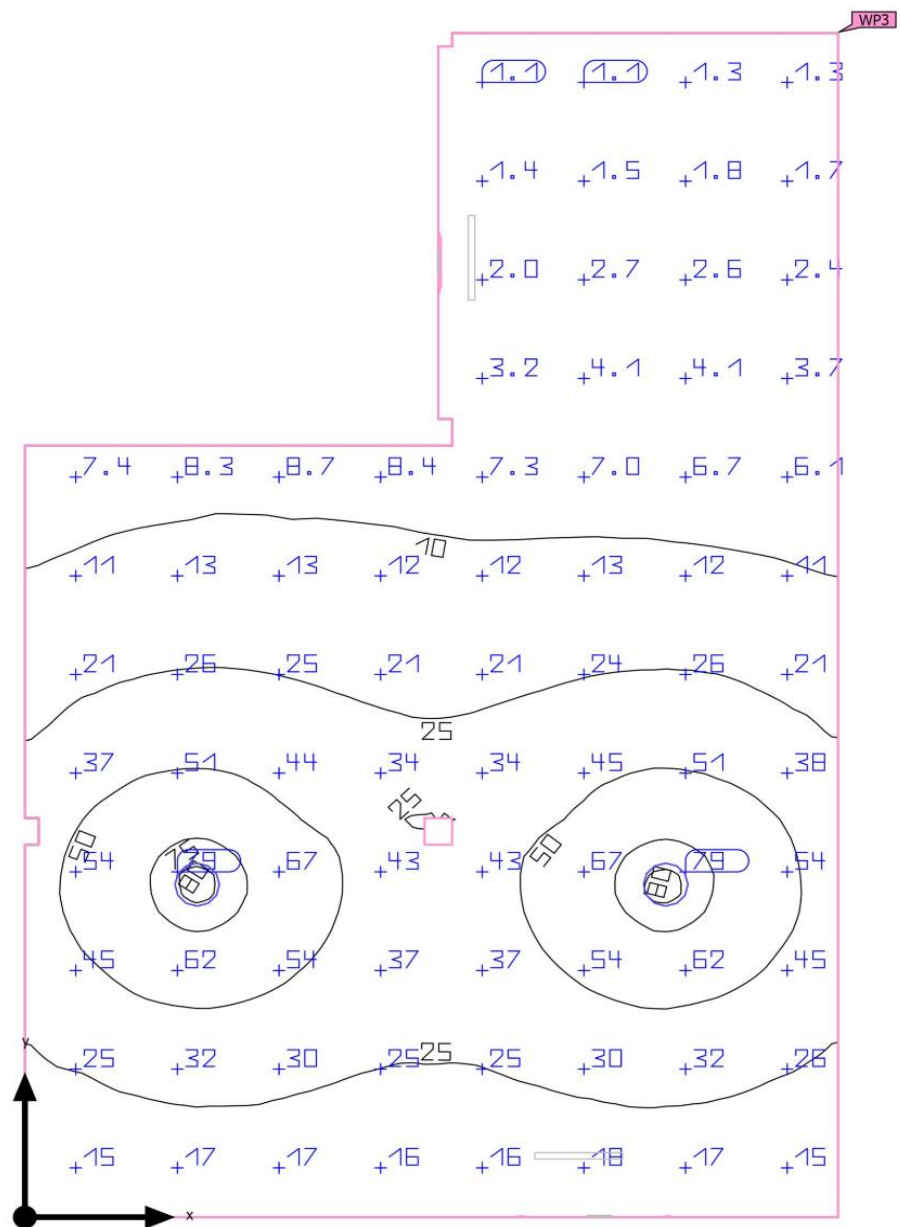


Рис. 3.5 - Розподілення освітленості робочої площини

Мозаїку розподілу освітлення при існуючій схемі освітлення наведено на рисунку 3.6.

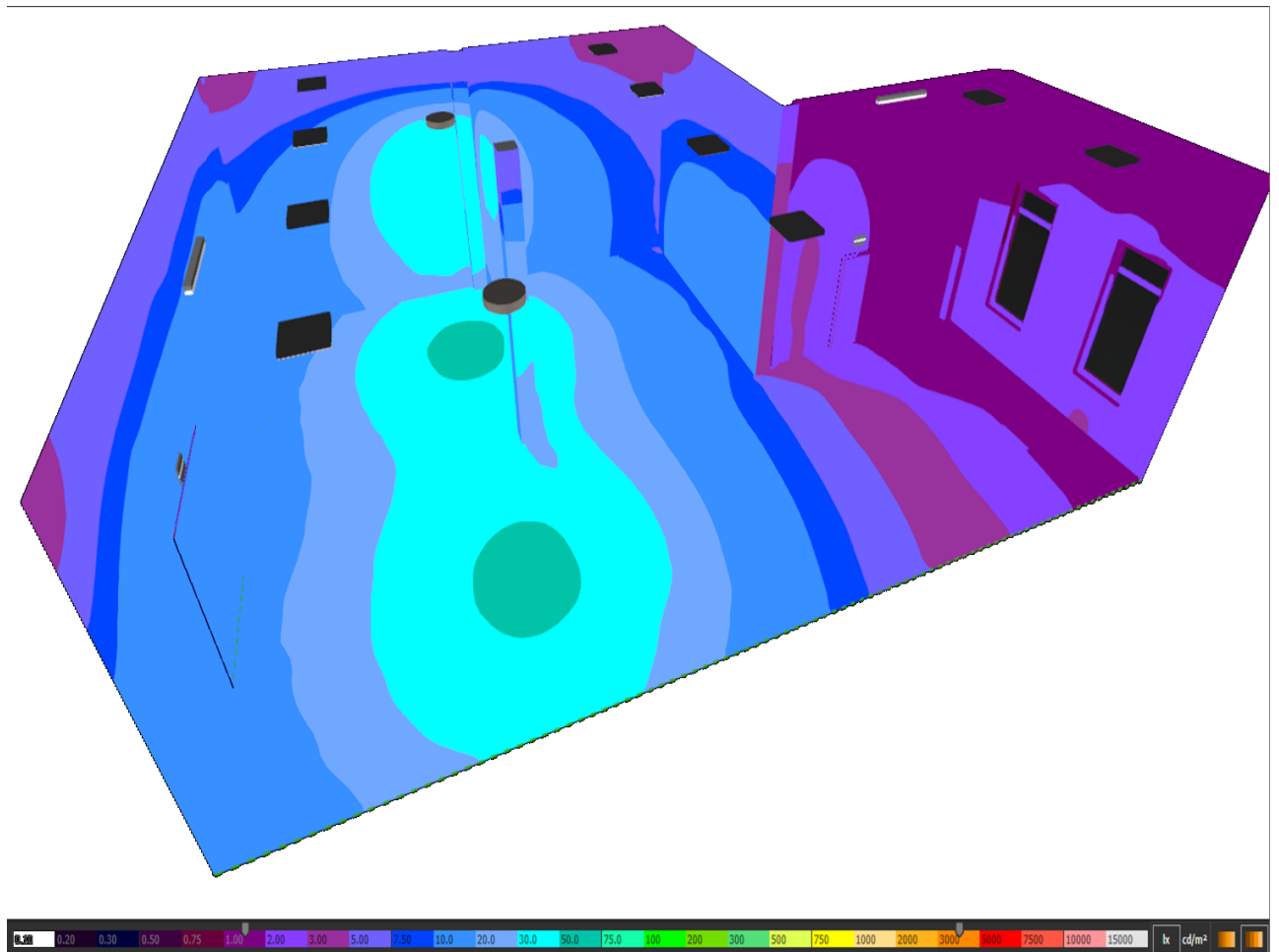


Рис. 3.6 - Розподіл освітлення в складському приміщенні при існуючій схемі освітлення.

Відповідно до отриманих результатів розрахунків, наявна система освітлення не здатна задовольнити навіть мінімальні нормативні вимоги.

Зокрема, освітленість безпосередньо під світильниками становить не більше 80 люкс за нормативного значення 150 люкс.

У віддалених кутах приміщення рівень освітленості досягає лише 1,1 люкс, що є занадто мінімальним показником.

Недостатнє освітлення на складі може становити кілька небезпек, як для персоналу, так і для виробничих операцій.

Виявлені небезпеки для персоналу шляхом проведеного аналізу та досліджень:

1. Можливість виробничого травматизму - неоптимальні умови освітлення підвищують ймовірність спотикання або падіння, що може призвести до травм.
2. Навантаження на зір - робота в умовах недостатнього освітлення вимагає напруження зору, що потенційно може призвести до головного болю та погіршення зору.
3. Зниження концентрації уваги - погане освітлення може викликати втому і знизити здатність до концентрації, що негативно впливає на загальну продуктивність і безпеку.

Виявлені небезпеки для виробництва:

1. Визначення якості роботи - недостатнє освітлення може призвести до помилок при виконанні завдань, зниження якості продукції та збільшення кількості дефектів.
2. Зниження ефективності - працівникам може знадобитися додатковий час для виконання завдань в умовах поганого освітлення, що впливає на загальну продуктивність.
3. Збільшення витрат - проблеми з якістю та підвищений ризик виробничого травматизму можуть призвести до збільшення витрат на компенсації та виправлення помилок.

Крім того, дослідженнями виявлено кілька додаткових прикладів впливу небезпек недостатнього освітлення:

1. Підвищений стрес і втома - погане освітлення може викликати зоровий стрес, тим самим посилюючи загальний стрес і прискорюючи втому персоналу.
2. Зниження морального духу - недостатнє освітлення може призвести до дискомфорту і незадоволення умовами праці, що впливає на моральний дух і мотивацію працівників.

3. Вплив на здоров'я - хронічне недостатнє освітлення може сприяти розвитку захворювань очей і проблем із зором, а також провокувати головні болі та інші фізичні недуги.
4. Зниження рівня безпеки - погане освітлення може ускладнити швидке реагування на надзвичайні ситуації, погіршуючи видимість і підвищуючи ризик нещасних випадків.
5. Проблеми з навчанням нових співробітників - погано освітлені робочі місця ускладнюють процес навчання нових працівників, потенційно викликаючи затримки в їх адаптації та знижуючи ефективність роботи.

Враховуючи наявні дані, можна зробити висновок, що для забезпечення нормативного освітлення складських приміщень необхідно збільшити потужність стельових світильників.

3.2.3 Пропонована схема освітлення

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра «Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства» метою є аналіз та дослідження умов праці робітників складу за допомогою комп'ютерного моделювання з виявленням застійних зон з низьким освітленням.

Результатами дослідження роботи визначено основні пункти, що наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати досліджень

Здійснення	Розробка рекомендацій
пропонованої комп'ютерної моделі складу при умовах реального освітлення	покращення умов праці з забезпеченням діючих, належних вимог освітлення для складських приміщень

Для відповідності нормативним вимогам освітленості [1-7] пропонується:

1. одночасно змінити тип світильників,
2. збільшити їх кількість,
3. реалізувати нову схему розташування світильників у складі дослідного підприємства.

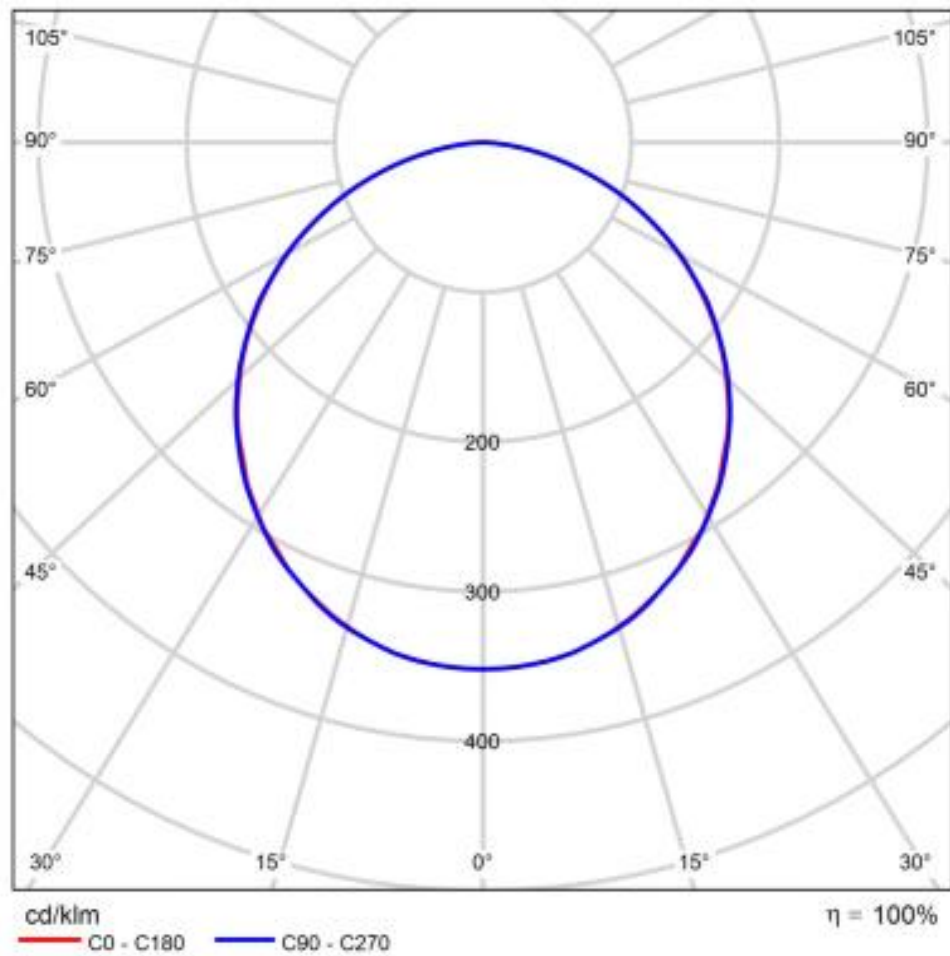
В якості джерела світла пропонуються такі сучасні економічні світильники денного світла:

LTS Licht & Leuchten - PLL-ECO 594.0600.830.1.

Технічні характеристики цього типу світильників наведені в таблиці 3.6, а технічні характеристики їх використання наведено на рис. 3.7 та схема їх розміщення в приміщенні дослідного складу підприємства зображена на рисунку 3.8.

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики запропонованих для освітлення складу сучасних, економічних світильників типу
LTS Licht & Leuchten - PLL-ECO 594.0600.830.1

№	Параметр	Характеристика параметра
1	Код виробу	PLL-ECO 594.0600.830.1
2	P	38,0 W
3	Φ джерело світла	4660 lm
4	Φ світильник	4660 lm
5	η	100.01%
6	Світловіддача	122.6 lm/W
7	CCT	3000K
	CRI	80



Полярна КСС

Рис. 3.7 - Технічні характеристики використання запропонованих світильників у складському приміщенні.

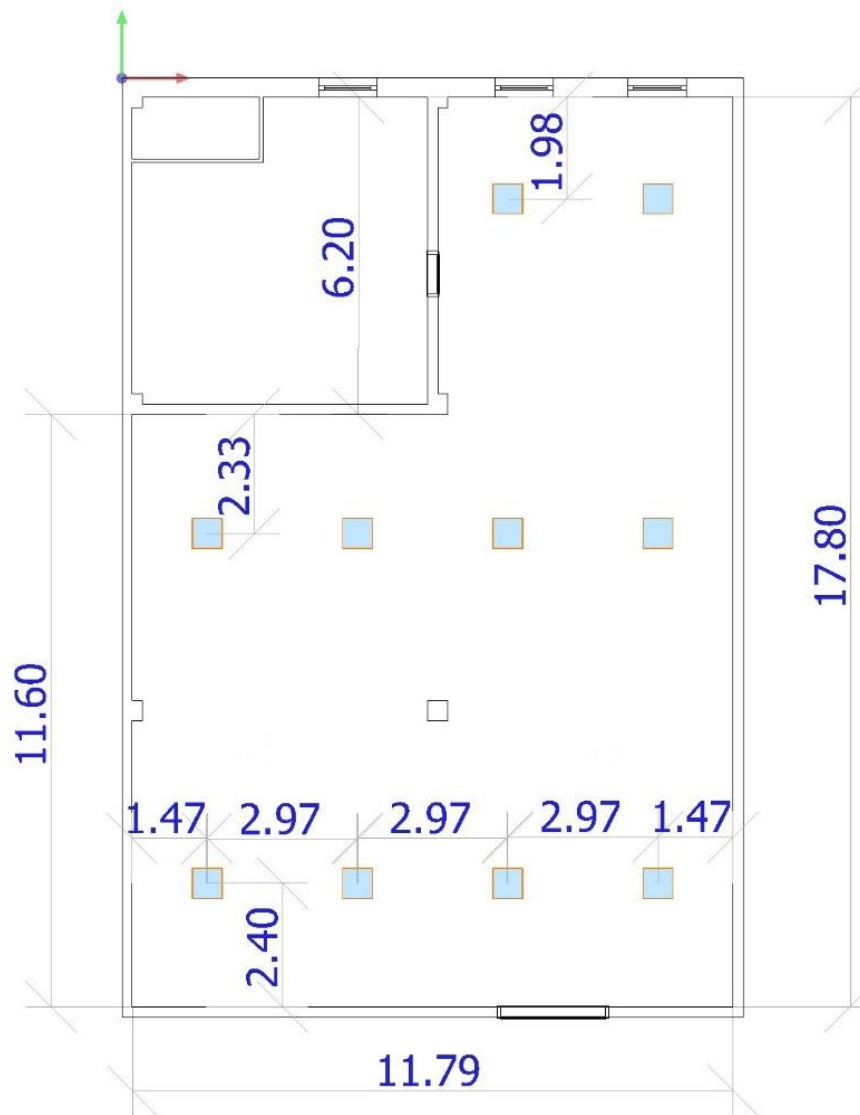


Рис. 3.8 - Схема розташування світильників в приміщенні складу

Розташування світильників було обрано з урахуванням забезпечення рівномірного освітлення робочої зони в межах приміщення.

Результати світлотехнічного розрахунку по складському приміщенню представлені в таблиці 3.7 та візуально на рисунку 3.9, а мозаїчний розподіл освітлення в просторовому зображенні складу візуально наведено на рисунку 3.10.

Таблиця 3.7 - Результати світлотехнічного розрахунку по складському приміщенню.

	Параметр	Розраховано	Норматив	Відповідність	Позначення
Робоча площа	$E_{\text{перпендикулярний}}$	151 lx	$\geq 150 \text{ lx}$	✓	WP3
	$U_0 (g_1)$	0.49	≥ 0.50	✗	WP3
Оцінка засліплення ⁽¹⁾	$R_{UG, \text{max}}$	23	≤ 25	✓	
Обсяги енергоспоживання ⁽²⁾	Енергоспоживання	0.00 kWh/a	макс. 6050 kWh/a	✓	
Простір	Питома споживана потужність	2.20 W/m ²	-		
		1.45 W/m ² /100 lx	-		

(1) Базується на прямокутному просторі 11.800 m x 17.800 m та SHR 0.25.
(2) Розраховано за методом погодинного рейтингу при середньому небі (без прямих сонячних променів).

Профіль користування: Логістика та склад (13.5 Стелажне зберігання - підлогове)

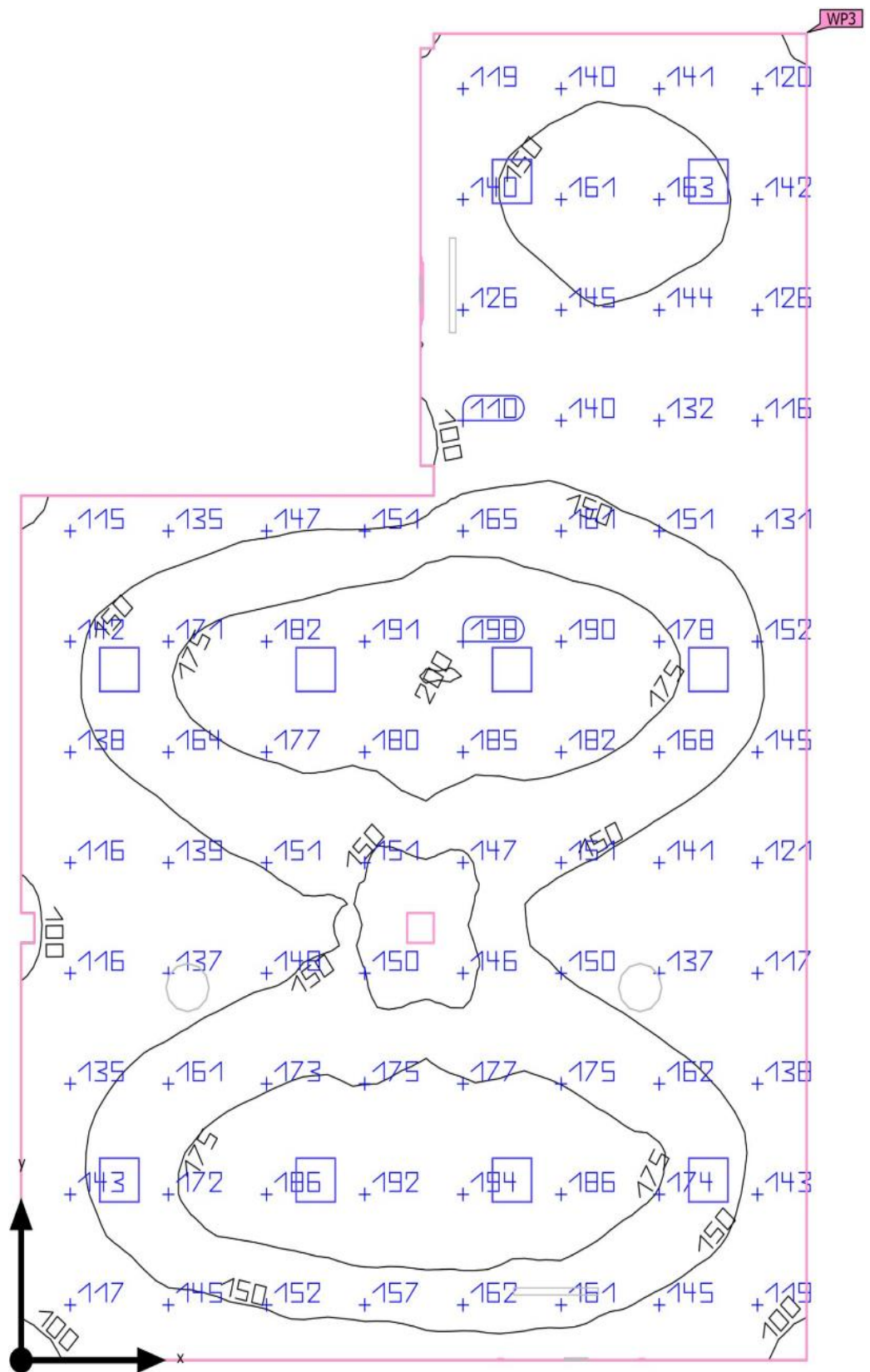


Рис. 3.9 - Результати світлотехнічного розрахунку по складському приміщенню

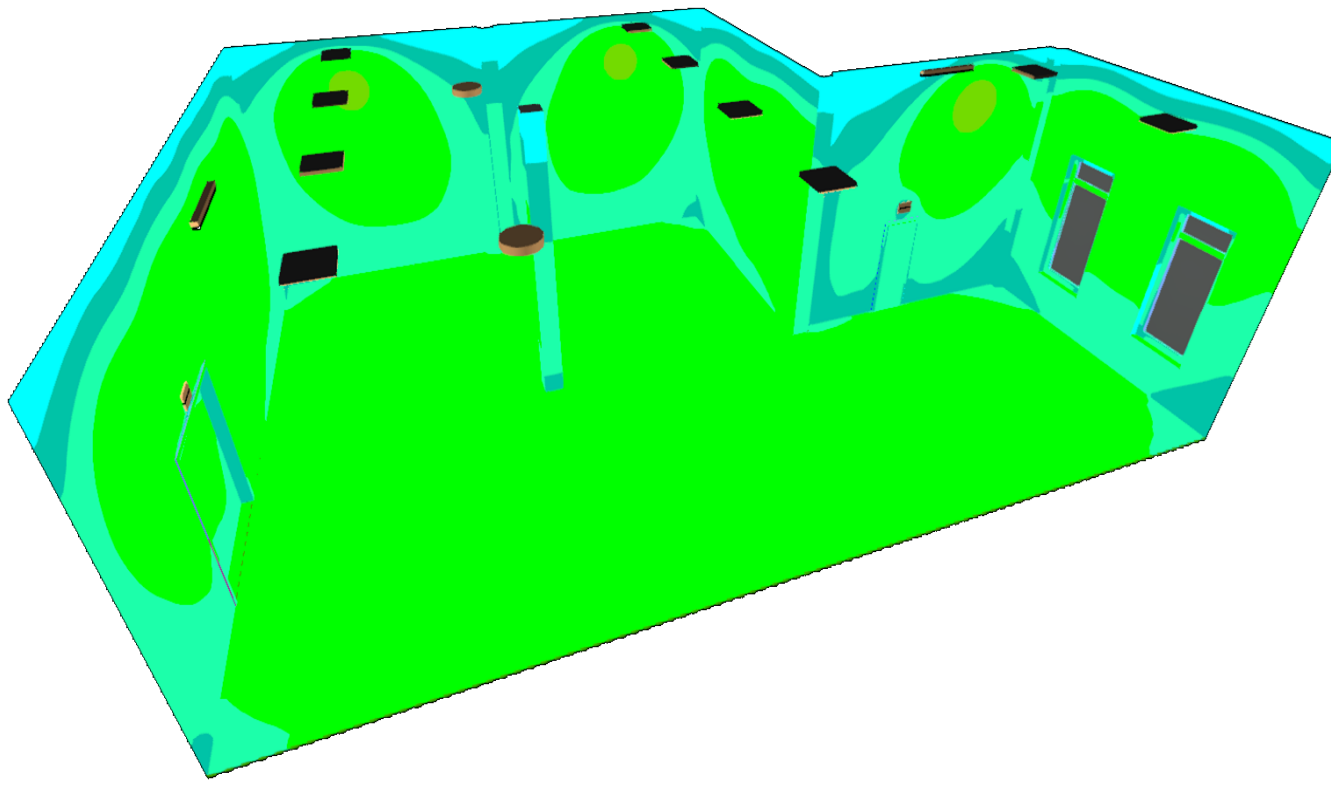


Рис. 3.10 – Візуальні результати світлотехнічного розрахунку по складському приміщенню

Результати розрахунків демонструють, що запропонована система освітлення відповідає вимогам нормативної документації.

Додаткове уявлення стосовно освітлення приміщення забезпечує комп'ютерне трасування променів (рендерінг).

Результати рендерінгу освітлення (візуалізації шляхом комп'ютерного зображення) наведені на рисунку 3.11.

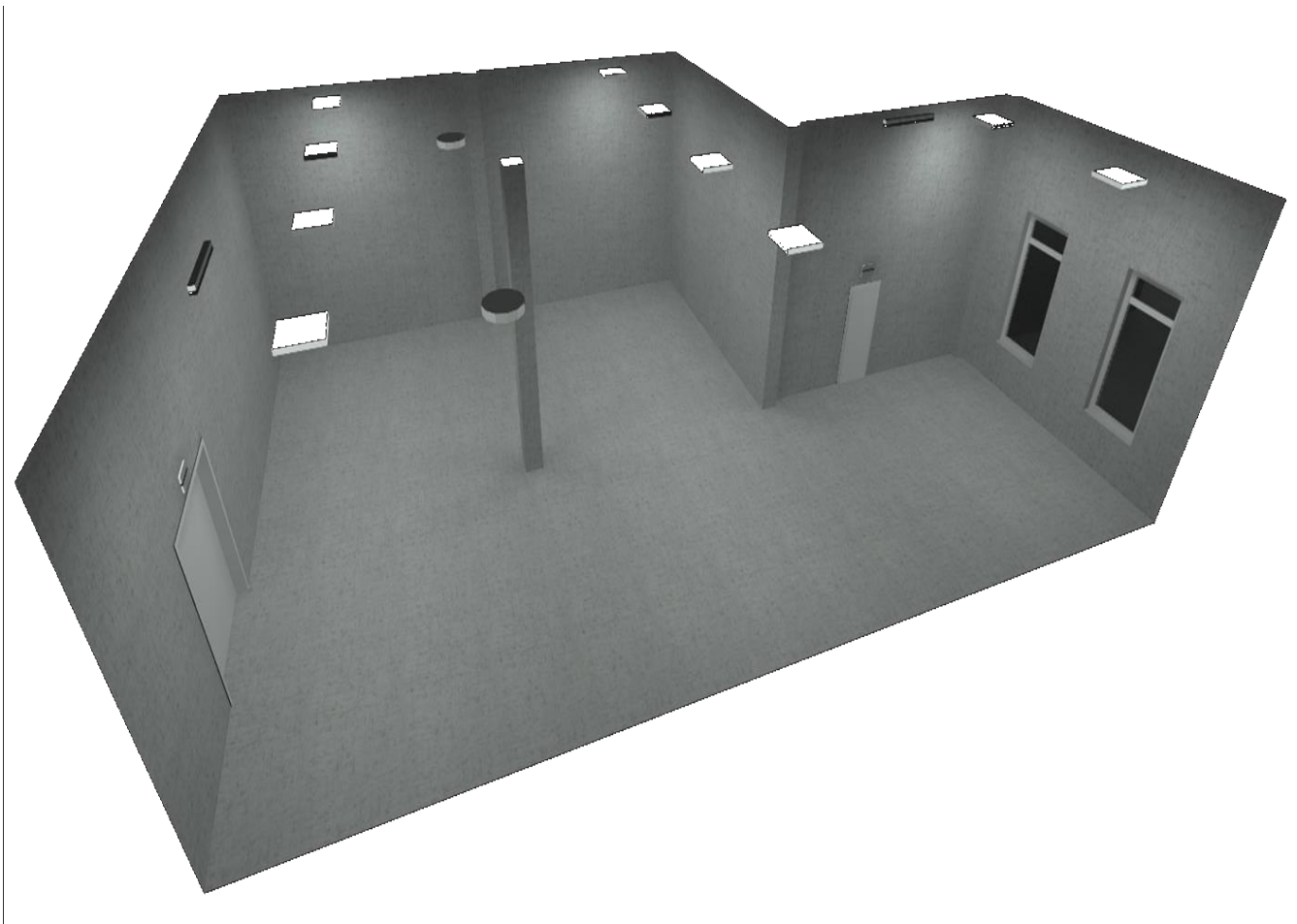


Рис. 3.11 - Реалістичне зображення освітленості складського приміщення при використанні запропонованої схеми освітлення.

В роботі запропоновано сучасну енергоефективну схему освітлення складу з забезпеченням вимог з освітленості. Важливим є питання надання належної освітленості на випадок виникнення надзвичайної ситуації і виходу людей з наявним аварійним освітленням.

3.2.4 Пропонована схема аварійного освітлення

Окрім вимоги щодо збільшення кількості та потужності освітлювальних приладів у межах складського приміщення, необхідно, відповідно до існуючих норм, забезпечити реалізацію аварійного освітлення. Тому що таке питання є важливим з точки зору безпеки аварійних ситуацій.

Перед виходом із приміщень рекомендується встановлювати світильники типу LSSA0-2103-3-20-K03.

Ці світильники призначені для:

- вказівки місць виходу під час евакуації,
- визначення напрямку руху,
- для різних інформаційних цілей у приміщеннях з низьким рівнем вологості та запиленості.

Світильник функціонує на постійній основі.

Тривалість роботи становить 3 години від вбудованого в нього нікель – кадмієвого (NI-CD) типу акумулятора.

Матеріал розсіювача виготовлений з прозорого акрилу з вигравіруваними інформаційними позначеннями.

Вбудовані індикатори:

- Червоний індикатор сигналізує про процес зарядки акумулятора;
- Зелений індикатор - (POWER) означає підключення до мережі;
- Жовтий індикатор - (trouble) вказує на наявність помилки.

Параметри світильника наведено в таблиці 3.12, а його діаграма спрямованості на рисунку 3.19.

Таблиця 3.12 - Параметри світильника LSSA0-2103-3-20-K03

№	Параметр	Характеристика параметра
1	Виробник	IEK Lighting
2	Код виробу	LSSAO-2103-3-20-K03
3	Назва виробу	ССА 2103 Світильник аварійний, 3 години, 3Вт, Праворуч IP20 IEK
4	Комплектація	1хССА 2103 світильник аварійний, 3 години, 3Вт, Праворуч, IP20 IEK
5	P аварійне освітлення	3.0 W
6	Φ аварійне освітлення	60 lm
7	ELF	100%

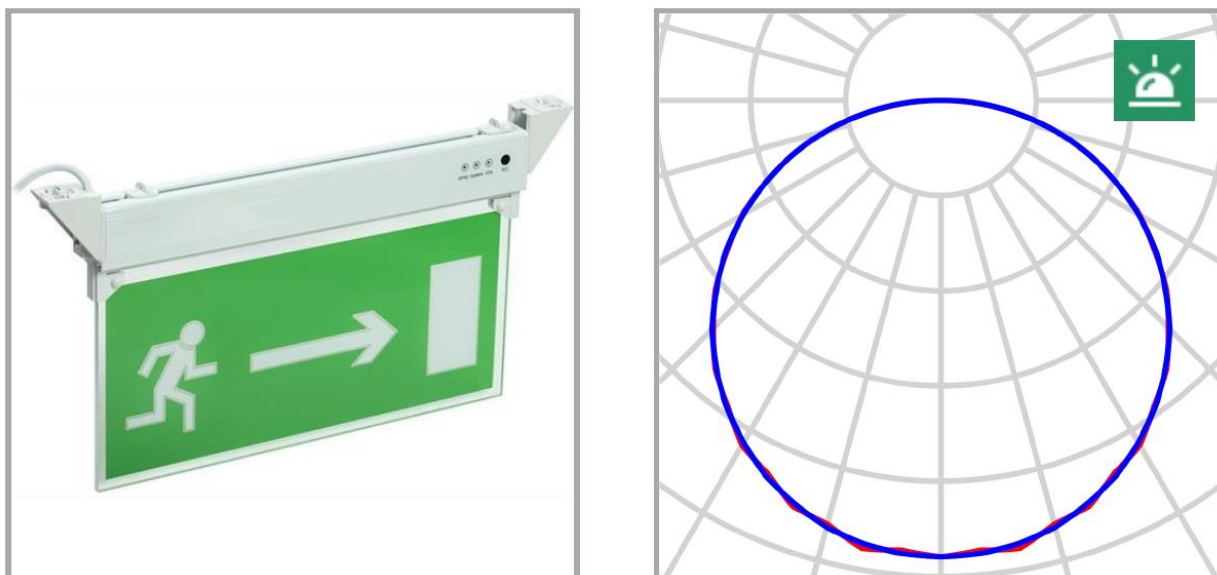


Рис. 3.19 - Зовнішній вигляд та діаграма спрямованості світильника
LSSA0-2103-3-20-K03

На шляхах евакуації рекомендується встановлювати світильники TREVOS PRIMA LED 1.4ft PCc 3200/840 M1h. Ці світильники призначені для внутрішніх приміщень, промислових об'єктів, складів, транспортних вузлів, паркінгів і гаражів, майстерень і лабораторій, де немає вибухонебезпечних зон.

Перевагами цього типу світильників є:

ступінь захисту від потрапляння пилу та вологи на рівні показників:
IP66/IP69,

- висока термостійкість в діапазоні від $t = -25^{\circ}\text{C}$ до $t = 50^{\circ}\text{C}$,
- термін служби 50 000 годин,
- висока механічна стійкість IK10,
- регульований крок монтажу.

Світильник оснащений вбудованим акумулятором, який забезпечує автономне освітлення до двох годин.

Технічні характеристики світильника наведені в таблиці 3.13, а діаграма розподілу показана на рисунку 3.20.

Таблиця 3.13 - Параметри світильника TREVOS PRIMA LED 1.4ft PCc 3200/840 M1h

№	Показник	Характеристика показника
1	Виробник	TREVOS
2	Код виробу	65254
3	Назва виробу	PRIMA LED 1.4ft PCc 3200/840 M 1h
4	Комплектація	1xLED 4000K, 1xLED EM
5	Потужність (P)	19.1 W
6	Потужність аварійного освітлення ($P_{\text{аварійне освітлення}}$)	2.0 W
7	Світловий потік світильника ($\Phi_{\text{світильник}}$)	2760 lm
8	Світловий потік світильника ($\Phi_{\text{аварійне освітлення}}$)	439 lm
	Відсоток використання (ELF)	100%

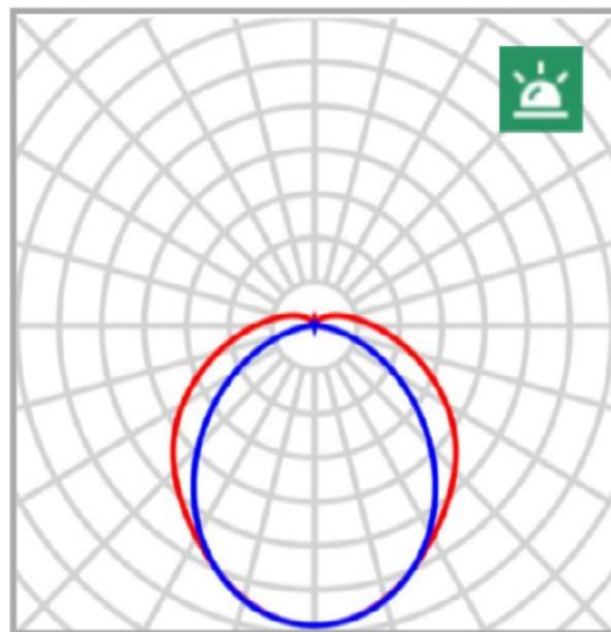
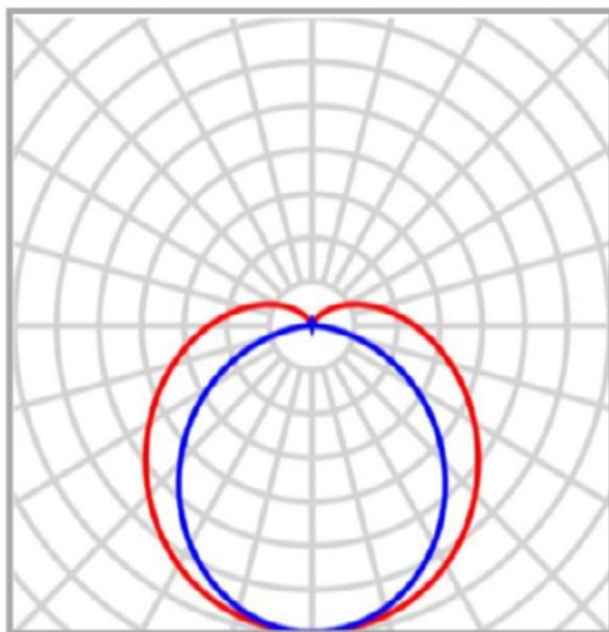


Рис. 3.20 - Діаграма спрямованості світильника TREVOS PRIMA LED 1.4ft PCc 3200/840 M1h в звичайному та стаціонарному режимі.

Схему розташування аварійних світильників наведено на рисунку 3.21.

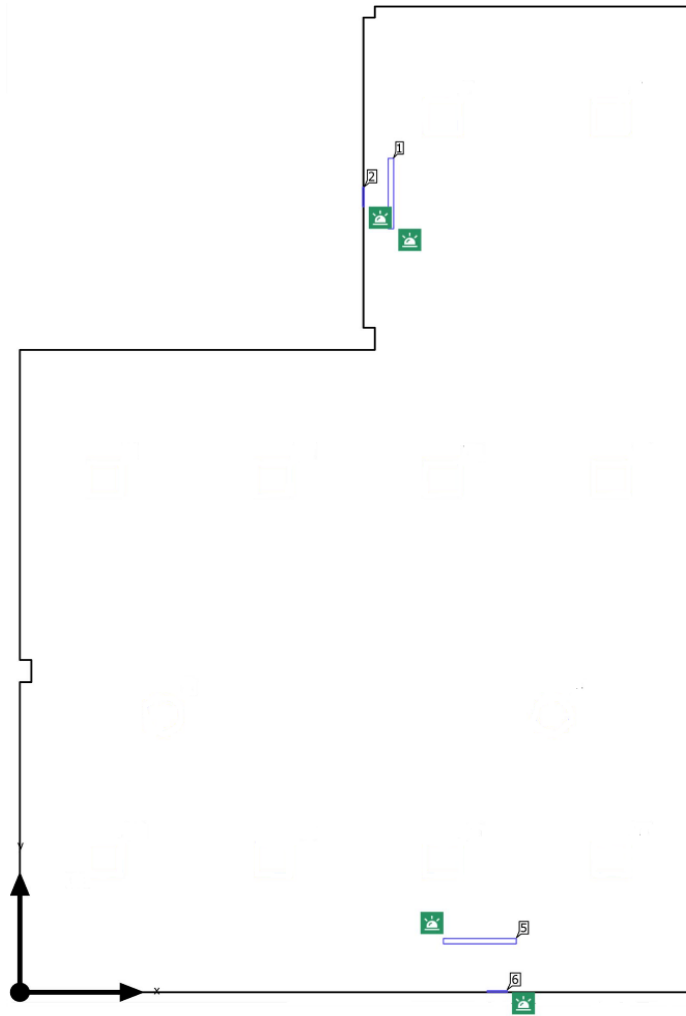


Рис. 3.21 - Схема розташування аварійних світильників у складському приміщенні

Калькуляція витрат на експлуатацію запропонованої схеми освітлення показує, що при роботі світильників по 12 годин на добу та 5 днів на тиждень і вартості електроенергії 2,7 грн/кВт-год максимальна потреба в електроенергії становитиме 747 кВт-год на рік.

Розрахункова потреба згідно з вимогами нормативу EN 15193 становить 652-747 кВт-год на рік, а витрати на споживання електроенергії коливатимуться від 1760 до 2018 грн на рік. Тому, дана пропозиція щодо використання загального та аварійного освітлення є в межах норми і енергоефективною.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ

Економічна ефективність рекомендацій щодо покращення освітлення складів полягає в значному зниженні витрат на електроенергію.

Завдяки запропонованій схемі освітлення, при її використанні світильники працюватимуть лише 12 годин на добу й 5 днів на тиждень.

Враховуючи вартість електроенергії 2,7 грн/кВт-год, максимальна потреба в електроенергії складе 747 кВт-год на рік.

Це відповідає нормативним вимогам EN 15193, де розрахункова потреба становить від 652 до 747 кВт-год на рік, і витрати на споживання електроенергії коливатимуться від 1760 до 2018 грн на рік.

Тому, дана пропозиція щодо використання загального та аварійного освітлення є в межах норми і енергоефективною. Отже, запропонована схема освітлення є економічно вигідною та енергоефективною.

Соціальна ефективність рекомендацій полягає в покращенні умов праці для робітників у складських приміщеннях.

Належне освітлення складу безпосередньо впливає на безпеку працівників, операційну ефективність та загальний рівень продуктивності.

Добре освітлені приміщення знижують ризик травматизму та поліпшують загальний моральний стан працівників, що сприяє підвищенню їхньої мотивації та продуктивності праці.

Належне освітлення також допомагає краще орієнтуватися у просторі, спрощує виконання завдань та знижує втому очей, що особливо важливо при тривалих робочих змінах.

Таким чином, оцінка економічної та соціальної ефективності рекомендацій з покращення освітлення складів підтверджує доцільність їх

впровадження, що сприятиме як зниженню витрат, так і покращенню умов праці.

4.1 Розрахунок освітлення складського приміщення та визначення безпеки робіт працівників

4.1.1 Вимоги з оцінки якості освітлення складу.

Освітлення складу є ключовим фактором, що впливає на ефективність робочих процесів та безпеку працівників.

Для забезпечення достатнього рівня освітлення необхідно враховувати кілька основних компонентів:

- Рівень освітленості. Вимірюється рівень освітленості в люксах (лк, lx) і визначає кількість світла, що падає на певну площу. Для складів рекомендований рівень освітленості варіюється від 200 до 500 люксів.
- Тип ламп, світильників. На складі можуть використовуватися різні типи ламп, включаючи світлодіодні (LED), флуоресцентні та галогенні лампи. Світлодіодні лампи є найефективнішими з точки зору енерговитрат та тривалості служби.
- Розташування світильників в приміщенні складу. Світильники повинні розташовуватися таким чином, щоб забезпечити рівномірне розподілення освітлення без створення тіней або бликів, які можуть ускладнити роботу складських робітників.
- Схема освітлення складу. Розробка оптимальної схеми освітлення, яка враховує специфіку роботи на складі, є критично важливою. Світильники повинні працювати лише необхідний час для мінімізації енерговитрат.
- Вартість електроенергії. Розрахунок витрат на електроенергію для освітлення складу є важливим економічним показником.

4.1.2 Приклад розрахунку освітлення складу.

Основні дослідження щодо конкретного складу на дослідному підприємстві наведено в розділах 2 та 3 даної кваліфікаційної роботи.

Для комп'ютерного моделювання і дослідження було обрано найбільш недостатньо освітлене приміщення.

У даному підрозділі 4.1.2 виконаємо розрахунок для більшої площі складу.

Дані для розрахунку:

- Визначення площі приміщення: 1000 м^2 .
- Рекомендований рівень освітленості: 300 лк.
- Використання світлодіодних ламп потужністю 100 Вт.
- Кількість світильників: 50 одиниць.
- Розрахунок енергоспоживання: $50 \text{ ламп} * 100 \text{ Вт} = 5000 \text{ Вт}$.
- Час роботи світильників: 12 годин на день, 5 днів на тиждень.
- Розрахунок витрат на електроенергію: $5000 \text{ Вт} * 12 \text{ годин} * 260 \text{ днів} / 1000 = 15\,600 \text{ кВт-год}$ на рік.
- Вартість електроенергії: $15\,600 \text{ кВт-год} * 2,7 \text{ грн/кВт-год} = 42\,120 \text{ грн}$ на рік.

4.2 Визначення безпеки робіт на складі

Належне освітлення складу є критичним для забезпечення безпеки робочих процесів.

Основні аспекти, які необхідно враховувати для визначення рівня безпеки:

- Аналіз ризиків. Визначення потенційних джерел небезпеки, таких як недостатнє освітлення, тіні, затемнення, бліки, засвітлення, наявність перегородок, що можуть заважати працівникам.

- Загальні умови праці складський працівників. Досягнення оптимальної видимості, що дозволяє працівникам швидко та безпечно орієнтуватися в просторі.
- Запобігання травматизму, небезпекам для робітників складу. Належне освітлення допомагає знизити ризик травматизму, пов'язаного з падіннями, зіткненнями або неправильною обробкою вантажів.
- Покращення морального стану працівників. Добре освітлене приміщення сприяє поліпшенню загального морального стану працівників, підвищуючи їхню мотивацію та продуктивність.
- Вимоги нормативних документів з забезпечення безпеки робіт. Відповідність нормативним вимогам, таким як EN 15193, які регулюють розрахункову потребу в освітленні та енерговитратах.

Приклад оцінки безпеки робіт:

- Оцінка поточного стану освітлення. Збір даних про рівень освітленості, тип ламп та розташування світильників.
- Аналіз ризиків. Ідентифікація зон з поганою видимістю, де можуть виникати небезпеки.
- Розробка рекомендацій з покращення якості освітлення складів. Пропозиції щодо покращення освітлення, зокрема заміна ламп на світлодіодні, додаткове освітлення в критичних зонах.
- Моніторинг та оцінка освітленості складів та умов праці робітників. Постійний контроль за рівнем освітлення та його впливом на безпеку працівників.

Освітлення складу є важливим аспектом, який впливає на безпеку та ефективність робочих процесів.

Розрахунок освітлення та визначення рівня безпеки робіт на складі потребують комплексного підходу, що враховує різні фактори, такі як рівень освітленості, тип ламп, вартість електроенергії та нормативні вимоги і можливості удосконалення.

Належне освітлення сприяє зниженню ризику травматизму, покращенню умов праці та підвищенню продуктивності працівників.

Впровадження рекомендацій з покращення освітлення складу підтверджує їхню доцільність і сприяє зниженню витрат та покращенню умов праці.

4.3. Оцінка ефективності запропонованих заходів з покращення якості освітлення та умов праці робітників складу

Освітлення складу є критично важливим аспектом проектування та експлуатації складу, що безпосередньо впливає на безпеку працівників, операційну ефективність та загальний рівень продуктивності.

Оскільки галузі електронної комерції та логістики продовжують розширюватися, попит на добре освітлені, ефективні склади стрімко зростає.

У цьому розділі роботи дослідимо різні фактори, що сприяють ефективному освітленню складу, зокрема типи освітлювальних систем, їхній вплив на енергоефективність та взаємозв'язок між належним освітленням і продуктивністю праці персоналу.

Розробимо соціально-економічні рекомендації щодо покращення освітлення у складських приміщеннях і угрупуємо їх за основними показниками, як показано у таблиці 4.1.

Першим кроком до покращення освітлення є оцінка поточного стану.

Таблиця 4.1 – Основні показники оцінки ефективності рекомендацій та пропозицій з визначення показників покращення умов праці робітників у складських приміщеннях

№	Показник	Складові показників і їх характеристика
1	Оцінка поточного стану освітлення	Включає вимірювання рівня освітленості в різних зонах складу, виявлення темних ділянок та аналіз ефективності використовуваних світильників. Результати оцінки визначають необхідні зміни та покращення.

2	Використання енергоефективних світильників	Застосування світлодіодних світильників є оптимальним рішенням для забезпечення належного рівня освітленості на складі. Світлодіоди мають високу енергоефективність, тривалий термін служби та забезпечують якісне освітлення без мерехтіння. Вибір світлодіодних світильників допоможе знизити витрати на електроенергію та обслуговування.
3	Розміщення світильників	Оптимальне розміщення світильників сприяє рівномірному освітленню всіх зон складу. Високі стелі вимагають світильників із високою інтенсивністю світла, розташованих над проходами та робочими зонами, щоб уникнути тіней та забезпечити належну видимість.
4	Інтелектуальні системи управління освітленням	Дозволяють автоматично регулювати рівень освітленості залежно від умов навколишнього середовища та потреб складу. Використання датчиків руху та освітленості допоможе оптимізувати енергоспоживання та забезпечити належний рівень освітлення у всіх зонах складу.
5	Регулярне обслуговування та перевірка освітлення	Важливим аспектом є регулярне підтримання належного стану освітлення на складі. Це включає заміну зношених світильників, очищення світильників від пилу та бруду та перевірку роботи інтелектуальних систем управління.

Таким чином, освітлення складу – це важливий компонент для операційної ефективності та безпеки робіт у приміщенні складу.

Як фактор схематичного вигляду пропозицій, складемо схему, яку можливо розмістити у приміщенні складу для ознайомлення працівників з їх умовами праці і безпеки робіт (рис. 4.1).

Показники з забезпечення якості освітлення складських приміщень

Рівні освітленості необхідні на складі	Розподіл світла	Енергоефективність
Залежить від характеру виконуваних операцій і регламентуються вимогами законодавства: 1.ДСТУ Б В.2.5-28:2006 Будівельна кліматологія. 2.ДСТУ EN 12464-1:2011 Освітлення робочих місць у приміщеннях. 3.ДСТУ EN 12464-2:2014 Освітлення робочих місць на відкритому повітрі. 4.ДСТУ EN 1838:2013 Застережне освітлення. 5. Таблиці 8.6–8.41 ДБН В.2.5-28:2018. Норми освітленості для підприємств 6.Постанова КМУ Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп. 7.ДСТУ CIE 097:2017 (CIE 097:2005. IDF) Настанова щодо технічною обслуговування систем внутрішнього електричного освітлення.	Рівномірний розподіл світла має важливе значення для мінімізації тіней і запобігання зорового дискомфорту серед працівників. Поганий розподіл світла може призвести до небезпечних ситуацій, особливо в приміщеннях, де працюють машини або навантажувачі. Добре продумані схеми освітлення, що включають відбите світло від стін і стелі, можуть покращити видимість і сприяти створенню ефективної робочої атмосфери.	Встановлення датчиків руху та систем збору денного світла ще більше оптимізує використання енергії, гарантуючи, що освітлення вмикається лише тоді, коли це необхідно.

Рис. 4.1 – Схема показників забезпечення якості освітлення на складі.

Сталий розвиток став центральним питанням в управлінні складом, що спонукає керівників шукати енергоефективні освітлювальні рішення. Перехід на світлодіодні технології не лише зменшує витрати на електроенергію, але й дає змогу отримати різні сертифікати сталого розвитку.

Застосування білих світлодіодних світильників з можливістю налаштування може задовольнити специфічні вимоги різних завдань і часу доби, покращуючи як продуктивність, так і самопочуття працівників.

Дослідження [8-15] показують, що колірна температура світла може впливати на настрій і продуктивність, що робить цю сферу цікавим напрямком для освітлення складів.

Ефективне освітлення складу - це не просто естетичний аспект, а життєво важливий компонент, який впливає на операційну ефективність, безпеку та добробут працівників.

Застосовуючи багатогранний підхід, що включає відповідні типи освітлення, продуманий дизайн і передові технології, керівники складів можуть створити середовище, яке підвищує продуктивність і безпеку. Оскільки логістична галузь продовжує розвиватися, стратегії, що застосовуються в освітленні складів, також повинні змінюватися, гарантуючи, що об'єкти залишаться адаптованими до майбутніх вимог.

Досягнення в галузі освітлювальних технологій продовжують формувати майбутнє складського середовища. Розумні системи освітлення, які інтегрують датчики та технологію Інтернету речей, дозволяють регулювати освітлення в реальному часі залежно від заповнюваності приміщення та рівня освітленості навколишнього середовища. Така система може значно зменшити енергоспоживання та забезпечити всебічну аналітику даних, яка може бути використана для прийняття операційних рішень.

Вибір освітлення на складі в першу чергу продиктований специфічними вимогами до приміщення.

Проаналізуємо існуючі найпоширеніші типи освітлювальних систем:

1. Люмінесцентне освітлення.

Люмінесцентні лампи, які зазвичай використовуються на багатьох складах, є енергоефективними і забезпечують добре розподілене освітлення. Однак вони мають менший термін служби порівняно зі світлодіодними

системами і іноді можуть мерехтіти, що призводить до відволікання працівників.

2. Світлодіодне освітлення.

Світлодіоди швидко стають домінуючим вибором для освітлення складів завдяки своїй винятковій енергоефективності, тривалому терміну служби та низькому тепловиділенню. Вони мають широкий діапазон колірних температур, що дає змогу покращити видимість і зменшити навантаження на очі.

3. Високо інтенсивні розрядні (HID) лампи.

HID-світильники забезпечують потужне освітлення, вони є менш ефективніші, ніж світлодіодні, виділяють значну кількість тепла. Щодо використання за темою бакалаврської роботи, то вони найкраще підходять для складів з високими стелями, де необхідно освітлювати великі відстані.

Кожен тип освітлення має свої переваги та недоліки, і вибір системи часто залежить від таких факторів, як висота складу, наявна електрична інфраструктура та конкретні експлуатаційні потреби.

Проаналізуємо вплив на безпеку робіт, яка залежить від якості освітлення.

Зв'язок між належним освітленням і безпекою на складі однозначно підтверджується дослідженнями [8-15].

Погано освітлене середовище складського приміщення може призвести до:

- збільшення кількості нещасних випадків, травмування серед складських робітників,
- пошкодження обладнання і товарів на складі.

Якісне освітлення, що відповідає вимогам з безпеки, створює належні умови праці тому що:

- покращує видимість,
- полегшує працівникам орієнтацію в просторі, виявлення можливих небезпек, керування технікою при вантажних роботах,

- високий рівень освітленості в зонах, призначених для пакування, складування та зберігання товарів має вирішальне значення для зменшення кількості помилок і потенційних травм.

Добре освітлені склади як на відкритому повітрі, так і у будівлях, посиляють чіткий сигнал про те, що майно знаходиться в безпеці, тим самим зменшуючи потенційні збитки і вандалізм.

Характеристики культури праці:

1. Освітлення не лише забезпечує безпеку та енергоефективність, але й відіграє життєво важливу роль у загальній продуктивності.
2. Покращене освітлення прямо корелює із задоволеністю та ефективністю роботи працівників складу.
3. Належні умови освітлення можуть зменшити навантаження на очі та головний біль, що призводить до покращення фокусування та когнітивних функцій.
4. Добре освітлене середовище може призвести до швидшого виконання завдань і скорочення часу простою через втому.

Отже, освітлення складу - це не просто нормативна вимога, а стратегічний елемент, від якого залежить операційний успіх.

Енергоефективність стає все більш важливим аспектом освітлення складів. В умовах постійного зростання цін на енергоресурси та зростаючого прагнення до сталого розвитку, енергоефективні освітлювальні рішення стають пріоритетними.

Ретельний вибір систем освітлення - в першу чергу, світлодіодних рішень, доповнених системами управління і датчиками - може призвести до значної економії електроенергії, підвищення безпеки і продуктивності.

Оскільки логістичний ландшафт продовжує розвиватися, організації повинні надавати пріоритет інтелектуальним освітлювальним рішенням, визнаючи, що добре освітлений склад є невід'ємною частиною підвищення ефективності, безпеки та задоволеності працівників.

Майбутнє складського господарства, безсумнівно, буде в значній мірі залежати від досягнень в області освітлювальних технологій і більшого акценту на екологічно раціональних методах роботи.

Привабливий, добре освітлений склад може підвищити моральний дух працівників, сприяючи створенню позитивної робочої атмосфери.

Це, в свою чергу, може знизити рівень плинності кадрів і підвищити загальну культуру на робочому місці.

4.4 Статистика травмувань робітників складу в Україні з причин недостатньої освітленості

Недостатнє освітлення на складі може призвести до значного збільшення ризиків травматизму працівників. Недостатнє освітлення є одним із головних факторів, що впливають на безпеку праці, продуктивність та якість виконання робіт.

Згідно зі звітами Держпраці України, у період з 2020 по 2024 роки було зареєстровано значну кількість випадків травматизму на складі, спричинених недостатнім освітленням. Основні показники за цей період наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Статистичні данні травмування робітників складу за період 2020-2024 р.р.

Рік	Кількість випадків травматизму	Летальні випадки	Основні причини
2020	458	12	Падіння, зіткнення з технікою
2021	534	15	Падіння з висоти, зіткнення
2022	489	10	Зіткнення з технікою, падіння
2023	512	18	Падіння з висоти, зіткнення
2024	528	14	Падіння, зіткнення з технікою

Проаналізуємо дані таблиці 4.2 та виявимо причини та наслідки від травмування працівників.

Недостатнє освітлення може призвести до зниження видимості, що ускладнює роботу з технікою, орієнтацію в просторі та виявлення потенційних небезпек.

Це може спричинити:

1. Падіння з висоти.
2. Зіткнення з технікою.
3. Неправильне виконання завдань.
4. Збільшення кількості помилок.

Проаналізувавши статистичну звітність травмувань працівників, запропонуємо заходи для покращення освітлення.

Для зменшення ризиків травматизму на складі необхідно впроваджувати ефективні освітлювальні рішення:

1. Використання світлодіодних світильників.
2. Інтелектуальні системи управління освітленням.
3. Регулярне обслуговування освітлювальних систем.
4. Встановлення датчиків руху.

Недостатнє освітлення складських приміщень може значно вплинути на безпеку праці, продуктивність та якість виконання завдань.

Впровадження ефективних рішень для покращення освітлення допоможе зменшити ризики травматизму, підвищити точність виконання робіт та покращити загальні умови праці на складі.

4.5 Умови праці по мікроклімату для робітників складу і можливі небезпеки для них

Мікроклімат складських приміщень є важливим фактором, що впливає на здоров'я, безпеку і продуктивність працівників. Відповідні умови праці

повинні забезпечувати комфорт, знижувати ризики виникнення захворювань і травм, а також сприяти ефективному виконанню завдань.

Проаналізуємо основні показники мікроклімату складського приміщення:

1. Показники температури.

Температура в складських приміщеннях повинна бути оптимальною, не надто високою і не надто низькою. Надмірно висока температура може призвести до теплового стресу, що знижує працездатність працівників і підвищує ризик травм. Низька температура, у свою чергу, може спричинити переохолодження, що також негативно впливає на здоров'я та продуктивність.

2. Показники вологості.

Вологість повітря є ще одним важливим фактором мікроклімату. Надмірно висока вологість може сприяти розвитку грибків і бактерій, що негативно впливає на здоров'я працівників. Низька вологість може призвести до висихання слизових оболонок, що збільшує ризик захворювань.

3. Показники провітрювання.

Ефективна система вентиляції забезпечує циркуляцію свіжого повітря, видаляє шкідливі речовини і знижує концентрацію пилу. Недостатня вентиляція може спричинити накопичення шкідливих речовин, що негативно впливає на здоров'я працівників.

4. Показники освітлення.

Недостатнє освітлення складських приміщень може значно вплинути на безпеку праці, продуктивність та якість виконання завдань. Впровадження ефективних рішень для покращення освітлення допоможе зменшити ризики травматизму, підвищити точність виконання робіт та покращити загальні умови праці на складі.

Проаналізуємо можливість виникнення небезпек для працівників складського приміщення:

1. Тепловий стрес

Небезпека у вигляді впливу надмірного тепла, тобто виникнення у працівника теплового стресу може призвести до підвищення температури тіла, зневоднення, головного болю, запаморочення та навіть теплового удару. Важливо забезпечувати адекватне охолодження приміщень і достатню кількість питної води для працівників.

2. Переохолодження

Переохолодження виникає при надмірно низькій температурі. Це може призвести до зниження температури тіла, тремтіння, втрати координації рухів і навіть обмороження. Важливо забезпечувати утеплення приміщень і надання теплих одягу та взуття для працівників.

3. Захворювання дихальних шляхів

Низька якість повітря і недостатня вентиляція можуть спричинити захворювання дихальних шляхів, такі як астма, бронхіт і алергії. Важливо забезпечувати ефективну систему вентиляції і регулярне очищення повітря.

4. Проблеми зору

Недостатнє освітлення може спричинити зорове напруження, що призводить до зниження продуктивності праці та збільшення кількості помилок. Важливо встановлювати ефективні освітлювальні системи, які забезпечують достатнє освітлення для виконання завдань.

На базі проведеного аналізу та досліджень у бакалаврській роботі Усенко К. О., розроблено рекомендації з покращення умов праці працівників складських приміщень, які наведено у наступному розділі висновків.

ВИСНОВКИ

Рекомендації по роботі:

- Обладнання приміщень ефективними системами вентиляції.
- Використання світлодіодних світильників.
- Інтелектуальні системи управління освітленням.
- Регулярне обслуговування освітлювальних систем.
- Встановлення датчиків руху.
- Встановлення систем кондиціонування і обігріву для підтримання оптимальної температури.
- Регулярне проведення вологих прибирань і зволоження повітря.

Запровадження ефективних рішень для покращення мікроклімату складських приміщень допоможе зменшити ризики травматизму, захворювань та підвищити продуктивність праці.

Важливо враховувати всі аспекти мікроклімату, щоб забезпечити оптимальні умови для працівників і підтримувати їхнє здоров'я та безпеку.

Однією з основних небезпек є недостатнє освітлення, яке може створити численні ризики для працівників.

Погане освітлення призводить до труднощів у розпізнаванні предметів, маркувань і шляхів пересування, що підвищує ймовірність травм.

В умовах низької освітленості зростає ризик зіткнення з предметами, падінь та інших нещасних випадків.

Крім того, постійна робота в погано освітлених приміщеннях може спричинити зорове напруження, що призводить до зниження продуктивності праці та збільшення кількості помилок.

Саме тому, попередніми дослідженнями даної роботи мною, як дослідницею, підтверджена важливість і актуальність теми кваліфікаційної роботи «Дослідження та оптимізація якості освітлення складського приміщення виробничого підприємства»

Недостатнє освітлення складських приміщень може значно вплинути на безпеку праці, продуктивність та якість виконання завдань. Впровадження ефективних рішень для покращення освітлення, таких як використання світлодіодних світильників, інтелектуальних систем управління та регулярне обслуговування, допоможе зменшити ризики травматизму, підвищити точність виконання робіт та покращити загальні умови праці на складі.

Датчики руху гарантують, що світло вмикається лише тоді, коли приміщення використовується.

Висновки, запропоновані в цій роботі бакалавра підкреслюють важливість добре спланованої стратегії освітлення, що сприяє інвестиціям, які приносять дивіденди у вигляді операційної ефективності та безпеки працівників. Майбутні дослідження повинні бути зосереджені на постійній оцінці впливу технологій динамічного освітлення на продуктивність працівників і загальну роботу складу.

Наукові висновки, отримані в ході дослідження, підтверджують, що якісне освітлення має критичне значення для забезпечення безпечних і ефективних умов праці в складських приміщеннях.

Використання сучасних світлодіодних світильників дозволяє суттєво знизити енергоспоживання та збільшити термін служби освітлювального обладнання.

Інтелектуальні системи управління освітленням, такі як автоматичні датчики руху та регулювання яскравості, сприяють більш раціональному використанню ресурсів та забезпечують оптимальні умови освітлення в залежності від потреб.

Одним з головних висновків є те, що покращення якості освітлення безпосередньо впливає на зниження рівня травматизму на робочих місцях, підвищення продуктивності праці та зменшення кількості помилок при виконанні завдань.

Працівники, які працюють в умовах гарного освітлення, демонструють кращі результати та меншу втому, що позитивно відображається на загальній ефективності роботи підприємства.

Також важливо зазначити, що регулярне технічне обслуговування систем освітлення та своєчасна заміна зношених елементів є необхідними умовами для підтримання високої якості освітлення.

Впровадження інноваційних технологій динамічного освітлення може стати ключовим фактором у створенні комфортного та продуктивного робочого середовища на складах.

Економічна ефективність рекомендацій щодо покращення освітлення складів полягає в значному зниженні витрат на електроенергію, як показано у визначенні 4 розділу роботи.

Таким чином, наукові дослідження виявили, що інвестиції у модернізацію систем освітлення складських приміщень є економічно вигідними та сприяють покращенню умов праці, що в результаті приводить до підвищення операційної ефективності та безпеки на виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ Б В.2.5-28:2006 "Будівельна кліматологія".
2. ДСТУ EN 12464-1:2011 "Світло та освітлення. Освітлення робочих місць у приміщеннях".
3. ДСТУ EN 12464-2:2014 "Світло та освітлення. Освітлення робочих місць на відкритому повітрі".
4. ДСТУ EN 1838:2013 "Застережне освітлення".
5. ДБН В.2.5-28:2018. Норми освітленості для підприємств.
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження вимог до світлодіодних світлотехнічних пристроїв та електричних ламп».
7. ДСТУ CIE 097:2017 (CIE 097:2005. IDF) Настанова щодо технічної обслуговування систем внутрішнього електричного освітлення.
8. Гулей О.В. Виробниче освітлення: класифікація та призначення. Young Scientist № 11.1 (38.1) november, 2016 С.17-20.
9. <https://www.brille.ua/ua/osveshchennost-proizvodstvennyh-pomeshcheniy-skladov/> Освітленість виробничих приміщень та складів.
10. https://www.optimaltd.com.ua/ua/blog/osveshchenie_sklada/?srsltid=AfmBOoqJCyfdXSoc9uhFh8Fa30feB2c0CrXDJqB1TEnf7SgjdneUEc-L Освітлення складу.
11. Smith, J., & Brown, A. (2019). Industrial Lighting and Worker Productivity. *Journal of Occupational Safety*, 45(2), 123-137.
12. Jones, P. (2020). Energy-Efficient Lighting Solutions for Factories. *Energy Management Review*, 32(4), 89-102.
13. Williams, R. (2018). Impact of Lighting on Occupational Health. *Occupational Health Journal*, 27(1), 56-68.

- 14.Green, L., & Adams, K. (2021). Modern Lighting Technologies in Industrial Environments. *Journal of Environmental Engineering*, 40(3), 200-215.
- 15.Lee, S., & Kim, H. (2022). Automated Lighting Systems and Energy Consumption in Manufacturing. *Journal of Automation and Control*, 18(2), 150-166.