

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка проекту освітлення очисних споруд в м. Бориспіль Київської обл.

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТс-41

спеціальності 141 – Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Біляк В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Костик Л.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Вакуленко О.О.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Тарасенко М.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Козак К.М.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т.: ТНТУ, 2022.

Стор. 59; рис. 25; табл. 17; креслень (сторінок презентації) - 15; джерел 18.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Розробка проекту освітлення очисних споруд в м. Бориспіль Київської області».

Метою роботи розробка проекту систем внутрішнього освітлення приміщень технологічної будівлі, а також зовнішнього освітлення території та споруд комплексу каналізаційних водоочисних споруд, застосування котрих дозволило б забезпечити нормативні вимоги, котрі висуваються до будівель та споруд такого типу.

На підставі світлотехнічного та електротехнічного розрахунків запропоновано проект системи освітлення приміщень технологічної будівлі, а також зовнішнього освітлення території комплексу каналізаційних водоочисних споруд.

Ключові слова:

ОСВІТЛЕНІСТЬ, СВІТЛОВИЙ ПРИЛАД, ПЛОЩА ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ, РОБОЧИЙ СТРУМ, ВТРАТА НАПРУГИ, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>6</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>8</b>
1.1 Аналіз об'єкта проектування	8
1.2 Вимоги до освітлення об'єктів водопостачання та каналізації	10
1.3 Системи та світлові прилади для освітлення каналізаційних водоочисних споруд	11
1.4 Постановка завдання кваліфікаційної роботи	15
<b>2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>16</b>
2.1 Вибір джерел світла, систем освітлення, світлових приладів та нормованих світлотехнічних характеристик об'єкта проектування	16
2.1.1 Системи освітлення приміщень технологічної будівлі	17
2.1.2 Система зовнішнього освітлення території	19
2.1.3 Вихідні дані для світлотехнічного розрахунку систем освітлення	20
2.2 Схема живлення систем освітлення водоочисних каналізаційних споруд	23
2.3 Розрахунок та вибір площі поперечних перерізів жил кабелів електричної освітлювальної мережі	25
2.3.1 По струму навантаження	25
2.3.2 По втраті напруги	29
2.4 Висновки до розділу	32
<b>3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>34</b>
3.1 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень технологічної будівлі	34
3.2 Розрахунок системи освітлення приміщень технологічної будівлі з допомогою пакету DIALux	38
3.3 Моделювання та світлотехнічний розрахунок системи	

зовнішнього освітлення	43
3.4 Висновки до розділу	47
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<b>49</b>
4.1 Оцінка ефективності заходів забезпечення охорони праці та техніки безпеки на робочих місцях	49
4.2 Фактори небезпеки, які можуть виникати при експлуатації об'єкта проектування	50
4.3 Естетика при оформленні освітлення	53
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>56</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>58</b>

## ВСТУП

Умови штучного освітлення промислових підприємств мають відчутний вплив не тільки на роботу зорового апарату, але й фізичний і нервово-психологічний стан людей, що в свою чергу змінює рівень продуктивності праці, якості виготовленої продукції та рівень виробничого травматизму. Погана якість освітлення призводить до незадовільного стану функцій зору, наслідком котрого в процесі виконання роботи є підвищена стомлюваність очей, загальна втомлюваність, що призводить до зростання ймовірності виникнення травматизму. Встановлено, що приблизно 5% нещасних випадків на підприємствах виникали по причині поганого освітлення. Крім того, погане та неякісне освітлення може слугувати причиною виникнення очних хвороб, головних болів, швидкої стомлюваності.

Тому, метою забезпечення нормальних умов праці та захисту зору людини на промислових об'єктах є використання систем освітлення, котрі відповідають вимогам відповідних нормативних документів. Ці вимоги насамперед пов'язані із забезпеченням рівнів якісних та кількісних світлотехнічних характеристик, а саме горизонтальної та/або вертикальної освітленості, рівномірності її розподілу, показника дискомфорту.

Крім того до систем освітлення загальнопромислових (електроприміщення, вентиляційні установки, об'єкти водопостачання та каналізації), як і будь-яких інших об'єктів висуваються вимоги щодо забезпечення їх енергоощадності. Виконання таких вимог можна досягти шляхом застосування наступних рішень:

- використання джерел світла із високим рівнем світлової віддачі та світлових приладів із високим коефіцієнтом корисної дії та коефіцієнтом активної потужності;
- вибір раціональної системи освітлення, котра полягає у використанні світлових приладів із необхідними кривими сили світла, а також їх розміщенні відносно освітлювальних об'єктів;

- раціональній експлуатації освітлювальних установок та їх керуванні.

Саме виконання всіх цих вимог повинно забезпечуватись на усіх стадіях проектування систем освітлення промислових об'єктів різного призначення.

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз об'єкта проектування

Об'єктом проектування в даній роботі є комплекс каналізаційних водоочисних споруд типу Вібох SBR, будівництво котрого передбачається у м. Бориспіль Київської обл. Даний комплекс розміщено на площі  $44 \times 40 \text{ м}^2$  (рис. 1.1).

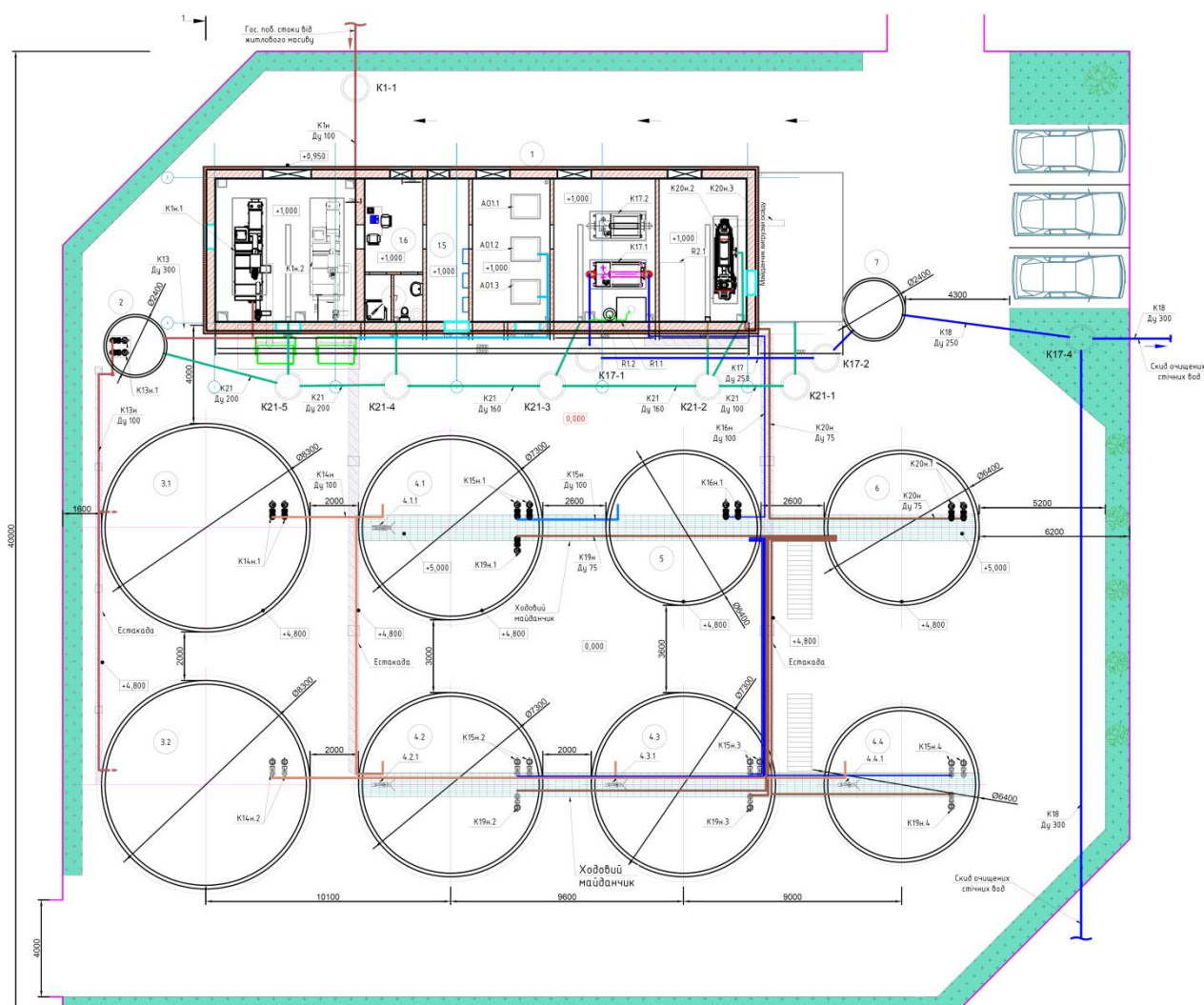


Рисунок 1.1 – План розміщення каналізаційних водоочисних споруд

До складу даного комплексу входять наступні споруди:

- технологічна будівля (позначення на плані 1, максимальна висота 5,4 м);

- каналізаційна насосна станція (позначення на плані 2, висота 3,2 м);
- усереднювачі (позначення на плані 3.1 та 3.2, висота 4,7 м);
- SBR-реактори (позначення на плані 4.1 – 4.4, висота 4,7 м);
- буферний резервуар (позначення на плані 5, висота 4,7 м);
- аеробний стабілізатор (позначення на плані 6, висота 4,7 м);
- контактний резервуар (позначення на плані 7, висота 4,7 м).

Над SBR-реакторами, буферним резервуаром та стабілізатором розміщено 2 ходові майданчики на рівні 5,0 м від землі довжиною 25 та шириною 1 м.

Технологічна будівля являє собою споруду розмірами 22×6 м<sup>2</sup>, експлікація та план приміщень котрої приведено відповідно в табл. 1.1 та на рис. 1.2.

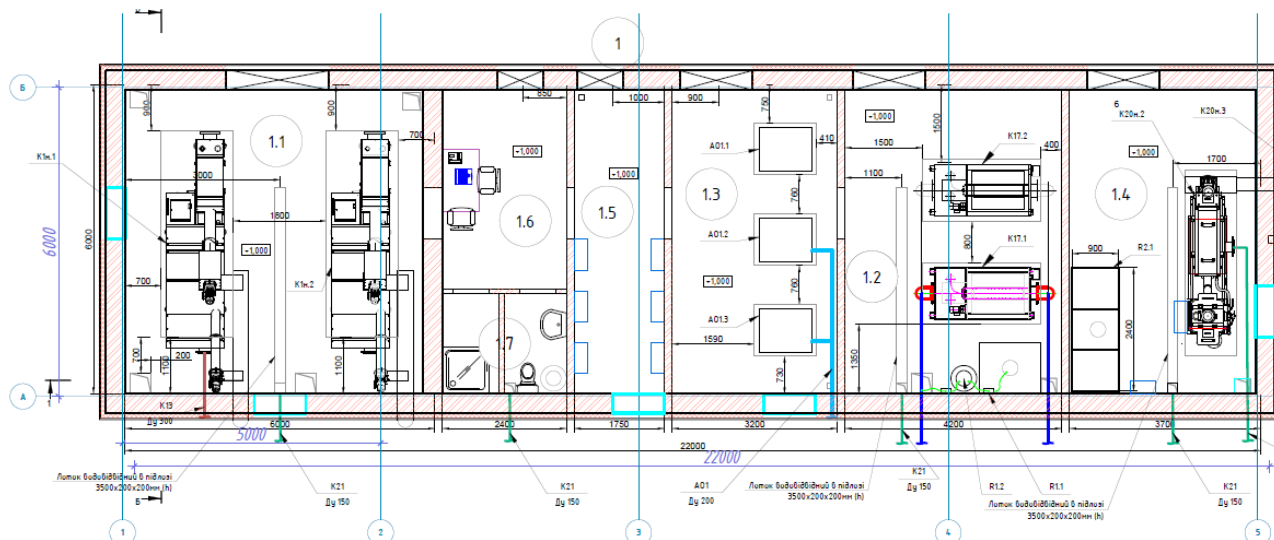


Рисунок 1.2 План приміщень технологічної споруди

Таблиця 1.1 – Експлікація приміщень технологічної споруди

Позначення на плані	Призначення приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Висота, м
1.1	Приміщення механічної очистки	34,04	5,2
1.2	Приміщення доочистки та знезараження	24,78	3,8
1.3	Повітродувна	18,88	3,8
1.4	Приміщення зневоднення	21,77	3,8
1.5	Щитова	10,33	3,8
1.6	Диспетчерська	9,26	3,8
1.7	Санітарний вузол	4,63	3,8



В приміщеннях технологічної споруди передбачається встановлення обладнання висотою 2,5 – 3 м.

## **1.2 Вимоги до освітлення об'єктів водопостачання та каналізації**

Для об'єктів господарського водопостачання та каналізації, котрі мають огорожену санітарну охоронну зону потрібно забезпечувати охоронне освітлення по периметру огороження [1, 2]. Причому, ширина зони, котра освітлюється охоронним освітленням повинна становити від 5 до 10 м вздовж внутрішньої сторони огороження. Керування цим освітленням може бути автоматичним або ручним при спрацьовуванні охоронної сигналізації.

При цьому забезпечення рівнів значень нормованої освітленості по всій площі відстійників, фільтрів, аеротенків та інших великих ємностей не є обов'язковим, особливо при їх зовнішньому встановленні. Важливим є забезпечення можливості підходу до них, проходів по містках обслуговування, спостереження за рухомими частинами. Це означає, що в таких випадках можна допускати досить велику нерівномірність освітлення, при якій все ж таки повинні забезпечуватись загальне спостереження за ходом виробничого процесу, прохід персоналу, тощо.

Варто зауважити, що якщо розчини, котрі перекачуються через споруди очищення стічних вод, можуть містити вибухонебезпечні речовини, то такі споруди можуть бути віднесені до вибухо- і пожежонебезпечних об'єктів відповідного класу.

Як правило для зовнішнього освітлення об'єктів водопостачання та каналізації застосовується система загального локалізованого освітлення із застосуванням світлових приладів на основі розрядних або напівпровідникових джерел світла.

В системах освітлення операторських, диспетчерських та інших тому подібних приміщень вибір та розміщення світлових приладів виконуються із врахуванням вимог промислової естетики, що передбачає влаштування

світлових приладів у світлові неперервні лінії або влаштуванням світлових приладів в підвісні стелі.

Крім того в електроприміщеннях разом із робочим передбачається влаштування аварійного освітлення, котре може бути і евакуаційним і освітленням зон підвищеної небезпеки.

Для керування освітленням в електроприміщеннях рекомендується застосовувати місцеві вимикачі, а при наявності декількох входів в приміщення без постійного перебування персоналу – перемикачі у кожного входу. Це забезпечує можливість увімкнення або вимкнення освітлення із будь-якого із входів [1].

Специфічні особливості освітлення диспетчерських та операторських приміщень полягають у:

- максимально можливому обмеженні засліплення, котре виникає через відображення в оглядовому склі, в приміщеннях, в котрих в процесі керування здійснюється спостереження за технологічними процесами;

- в приміщеннях диспетчерів та операторів, де контроль технологічного процесу виконується згідно показників на щитах, передбачається влаштування системи загального освітлення над зоною розміщення пульта керування та щитів;

- при використанні в приміщеннях диспетчерів та операторів із світними символами, освітленість в зоні щита повинна становити в межах від 100 до 200 лк, а при освітленості, котра не попадає в ці межі, наслідками можуть бути незадовільна читабельність надписів (освітленість нижче, ніж 100 лк) або погіршена видимість світлових символів (освітленість більше, ніж 200 лк).

### **1.3 Системи та світлові прилади для освітлення каналізаційних водоочисних споруд**

Системи освітлення можна умовно розділити за двома ознаками (рис. 1.3) [3]:

- за прийомом на загальне та комбіноване;
- за призначенням на робоче, аварійне, охоронне, чергове.

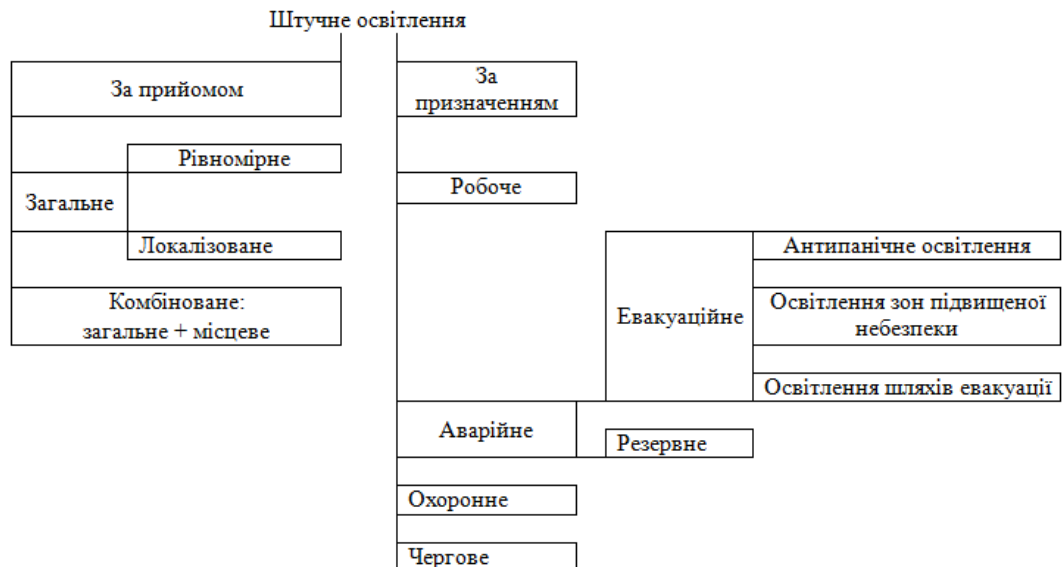


Рисунок 1.3 – Класифікація систем освітлення

Системи загального освітлення можна розділити на системи загального рівномірного освітлення (світлові прилади розміщуються таким чином, що відстані між ними та їх рядами залишаються незмінними, незалежно від розташування технологічного обладнання) та загального локалізованого освітлення (світлові прилади розміщуються над зонами розташування обладнання).

Комбінована система освітлення являє собою поєднання загального та місцевого освітлення (прикладом таких систем є освітлення інструментальних цехів, коли проходи між верстатами освітлюються світловими приладами, розміщеними близько до стелі або на достатній відстані над ними, а освітлення самих верстатів здійснюється додатково ще й світильниками місцевого освітлення, котрі можуть комплектуватись разом із верстатами).

За призначенням освітлення ділиться на :

- робоче (застосовується в звичайних режимах роботи об'єкта)
- аварійне (застосовується, при неможливості роботи робочого освітлення), підключається до живлення, котре не залежить від живлення робочого освітлення, а його видами є евакуаційне та резервне освітлення;

- охоронне (повинне передбачатись вздовж межі територій, котрі охороняються в темний час доби;

- чергове освітлення, область застосування якого, а також освітленість та її рівномірність не регламентуються нормативними документами.

Видами евакуаційного освітлення є:

- антипанічне освітлення застосовується для приміщень з площею понад 60 м<sup>2</sup> з ймовірністю одночасного перебування у них 30 і більше людей з метою створення прийнятних візуальних умов для запобігання паніки та безпечного переміщення людей в напрямку шляхів евакуації і можливість виявлення перешкод висотою до 2 м над площиною, котрою рухаються люди;

- освітлення зон підвищеної небезпеки застосовується для забезпеченні безпеки при вимкненні робочого освітлення та умов для безпечного та належного припинення робіт;

- освітлення шляхів евакуації, мета котрого полягає у створенні необхідних умов бачення для можливості безпечного виходу із будинку чи у безпечне місце та виявлення засобів безпеки та протипожежного обладнання.

Типи світлових приладів для освітлення як об'єктів каналізаційних водоочисних споруд, так і будь-яких інших об'єктів визначається на основі [2, 4]:

- умов навколишнього середовища приміщення (вибір світлових приладів здійснюється із врахуванням ступеню захисту світлових приладів, котрий би відповідав характеру навколишнього середовища в приміщенні його температурі та був би стійким до хімічно агресивних речовин);

- габаритних розмірів об'єкту та можливої висоти встановлення світлових приладів, на основі чого вибирається світлорозподіл світильників, котрий характеризується класами та типами кривих сили світла (рис. 1.4);

У виробничих та адміністративних приміщеннях з горизонтально розміщеними робочими поверхнями та малими коефіцієнтами відбивання обмежуючих поверхонь доцільним є використання світильників прямого світла (табл. 1.2) [1, 5], а кут розсіювання світильників повинен спадати зі

збільшенням нормованої освітленості та висоти приміщення. тому при висоті приміщення понад 8 метрів та нормованій освітленості, значення котрої перевищує 200 лк, рекомендується застосовувати слід вибрати світлові прилади із кривими сили світла типу К та Г.

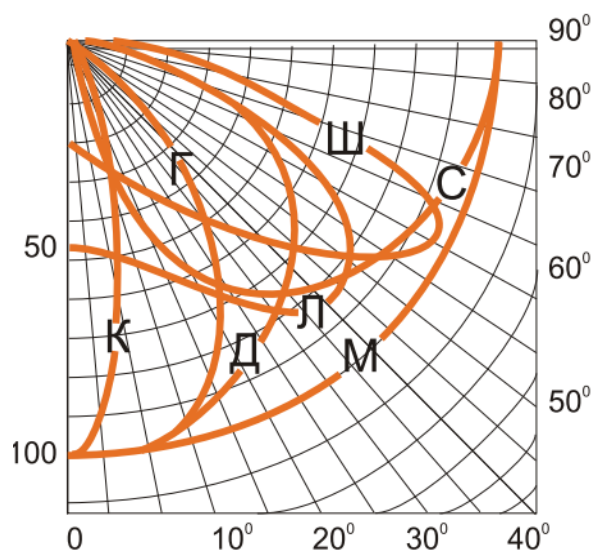


Рисунок 1.4 – Типові криві сили світла світильників

У приміщеннях, де висота є меншою і наявними є стелі та стіни із високими коефіцієнтами відбивання рекомендуються до використання світильники класу Н із кривою сили світла типу Г.

Таблиця 1.2 – Класи світлорозподілу світлових приладів

Позначення	Клас світлорозподілу	Частина світлового потоку, який випромінюється в нижню півсферу, %
П	Світильники прямого світла	Більше 80
Н	Світильники переважно прямого світла	Від 60 до 80
Р	Світильники розсіяного світла	Від 40 до 60
В	Світильники переважно відбитого світла	Від 20 до 40
О	Світильники відбитого світла	Менше 20

У не високих та низьких приміщеннях рекомендованим є застосування світлових приладів з кривими сили світла типу Л, М або Д. Для адміністративно-конторських та приміщень лабораторій прийнятним є

застосування світлових приладів із класом світлорозподілу Н.

Застосування світлових приладів класів світлорозподілу В та О у виробничих приміщеннях не рекомендується через неекономічність, а такі світильники знаходять своє застосування в архітектурному освітленні. Також для внутрішнього освітлення виробничих приміщень не рекомендується застосовувати світлові прилади із кривою сили світла Ш.

#### **1.4 Постановка завдання кваліфікаційної роботи**

Предметом проектування в даній роботі є комплекс каналізаційних водоочисних споруд типу Віobox SBR, розміщений на площі 44×40 м<sup>2</sup>. До складу даного комплексу входить технологічна будівля та технологічні споруди, розміщені на відкритій території комплексу. Метою даної роботи є розробка проекту систем внутрішнього освітлення приміщень технологічної будівлі, а також зовнішнього освітлення території та споруд комплексу каналізаційних водоочисних споруд, застосування котрих дозволило б забезпечити нормативні вимоги [3, 6], котрі висуваються до будівель та споруд такого типу. Звідси завданнями, котрі ставляться для виконання в даній роботі полягають у:

- виборі нормативних характеристик систем освітлення, джерел світла, виду системи освітлення та світлових приладів;
- моделюванні та світлотехнічному розрахунку освітлювальних систем зовнішнього та внутрішнього освітлення;
- електротехнічному розрахунку електричної освітлювальної мережі комплексу.

## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір джерел світла, систем освітлення, світлових приладів та нормованих світлотехнічних характеристик об'єкта проектування

Для внутрішнього освітлення приміщень промислових будівель, а також зовнішнього освітлення рекомендується застосовувати джерела світла, які окрім необхідних світлотехнічних параметрів, повинні володіти достатньо високими характеристиками щодо енергоощадності, надійності, екологічності та експлуатації. З поміж усіх джерел світла, котрі за способом отримання видимого випромінювання можна розділити на теплові, розрядні та напівпровідникові перевага надається саме останнім. Це зумовлено наступними перевагами світлодіодів [7]:

- достатньо високий індекс кольоропередачі (від 80 і вище);
- широкий діапазон спектральних характеристик за рахунок можливості використання різних типів люмінофору (рис. 2.1 [8]);

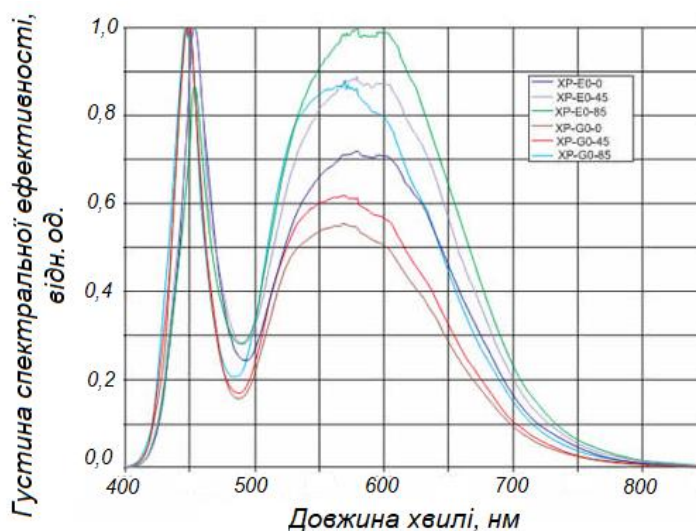


Рисунок 2.1 – Спектральні характеристики випромінювання світлодіодів

- висока світлові віддача (для світлових приладів провідних виробників становить від 120 лм/Вт, а в лабораторних умовах можна досягнути світлової віддачі самих світлодіодів 265 лм/Вт [9]);

- термін служби світлодіодів становить від 50 тисяч годин, що удвічі перевищує термін служби газорозрядних джерел світла;

- можливість миттєвого запалювання та перезапалювання;

- вища механічна міцність, що пов'язано з тим, що в корпусах напівпровідникових джерел світла, на відміну від теплових та розрядних, не застосовується скло;

- відсутність ртуті в складі не потребує застосування спеціальних методів утилізації відпрацьованих напівпровідникових джерел світла.

Отже, на основі вищенаведених переваг зупиняємо свій вибір саме на світлодіодах.

### 2.1.1 Системи освітлення приміщень технологічної будівлі

У відповідності із ДБН В.2.5-75:2013 [6] у наземних приміщеннях з площею до 100 м<sup>2</sup>, у яких розташовано технологічне устаткування, рекомендується застосовувати систему загального рівномірного робочого освітлення, а нормовані світлотехнічні характеристики рекомендується приймати на основі вимог, наведених в ДБН В.2.5-28. Нормативні вимоги щодо системи робочого освітлення приміщень технологічної будівлі, у відповідності із ДБН В.2.5-28-2018 [3], наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Значення нормованої освітленості приміщень технологічної будівлі

№ на плані	Найменування приміщення	$S_{прим}$ м <sup>2</sup>	Горизонтальна освітленість		Вертикальна освітленість	
			$E_H$ , лк	$h_{p.n.}$ , м	$E_H$ , лк	$h$ , м
1.1	Приміщення механічної очистки	34,04	150	0,8	150	1,5
1.2	Приміщення доочистки та знезараження	24,78	150	0,8	150	1,5
1.3	Повітродувна	18,88	150	0,8	150	1,5
1.4	Приміщення зневоднення	21,77	150	0,8	150	1,5
1.5	Щитова	10,33	150	0,8	150	1,5
1.6	Диспетчерська	9,26	200	0,8	-	-
1.7	Санітарний вузол	4,63	75	0,0	-	-



Для системи робочого освітлення приміщень 1.1 – 1.6 технологічної будівлі виберемо напівпровідниковий світловий прилад типу ДСП65В (рис. 2.2), технічні характеристики якого представлено в табл. 2.2 [10].



Рисунок 2.2 – Зображення світильника ДСП65В

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики світильника ДСП65В

Потужність, Вт	25 – 100
Світловий потік, лм	3375 – 13500
Світлова віддача, лм/Вт	135
Кут випромінювання, °	60, 90, 120
Корельована колірна температура, К	3000 – 6000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65

Для приміщень, в яких розміщене технологічне обладнання вимагається застосування системи аварійного освітлення, тобто освітлення безпеки та евакуаційного. Крім цього має бути передбачена можливість живлення джерел світла чи світлових приладів від автономних джерел електричної енергії [6]. Тому в якості світлових приладів системи аварійного освітлення пропонується використати світильники із блоками аварійного живлення типу ДПП06У (рис. 2.3), технічні характеристики яких приведено в табл. 2.3 [11, 12].



Рисунок 2.3 – Зображення світильника ДПП06У

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики світильника ДПП06У

Потужність, Вт	8
Світловий потік, лм	960
Світлова віддача, лм/Вт	120
Тип КСС	Д
Корельована колірна температура, К	3000 – 5000
Час роботи в аварійному режимі, год	Не менше 3
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65

Особливістю цього світильника є його здатність працювати у постійному режимі (джерела світла випромінюють світловий потік як при наявності, так і відсутності напруги у мережі) та у непостійному режимі (при наявності напруги

у мережі енергія споживається світильником для заряджання акумуляторної батареї, а джерела світла світяться лише при відсутності напруги і живляться при цьому від блоку аварійного живлення) [12].

Нормованою освітленістю виберемо горизонтальну освітленість на рівні підлоги 15 лк.

### **2.1.2 Система зовнішнього освітлення території**

При проектуванні зовнішнього освітлення нормованою величиною є середня освітленість. На основі вимог, наведених в [3] виберемо наступні значення нормованої освітленості:

- на поверхні землі – 20 лк;
- на висоті 5 м над землею на поверхні очисних споруд та на ходових майданчиках – 50 лк.

Задля забезпечення таких значень освітленості застосуємо наступні системи освітлення, при яких:

- світлові прилади монтуються на зовнішні стіни технологічної будівлі;
- світлові прилади влаштовуються над краями ходових майданчиків;
- світлові прилади розміщуються на освітлювальних щоглах.

В якості світлових приладів, котрі передбачається монтувати на зовнішні стіни технологічної будівлі та світлових приладів, призначених для освітлення санітарного вузла виберемо світильники типу ДББ26У Селена-LED, зображення якого подано на рис. 2.4, а технічні характеристики представлені у табл. 2.4 [13].

Для освітлення ходових майданчиків застосуємо світлові приладу типу ДСП11, зображення яких представлено на рис. 2.5, а технічні характеристики – в табл. 2.5 [14].

В якості світлових приладів, котрі будуть влаштовуватись на освітлювальних опорах застосуємо світильники вуличного освітлення типу ДКУ41У (рис. 2.6), технічні характеристики яких приведено в табл. 2.6 [15].



Рисунок 2.4 – Зображення  
світильника ДББ26У  
Селена-LED

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики  
світильника ДББ26У Селена-LED

Потужність, Вт	Від 12 до 20
Світловий потік, лм	1680 – 2800
Світлова віддача, лм/Вт	140
Тип кривої сили світла	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65



Рисунок 2.5 – Зображення  
світильника ДСП11

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики  
світильника ДСП11

Потужність, Вт	9, 13
Світловий потік, лм	1080, 1560
Світлова віддача, лм/Вт	120
Тип кривої сили світла	Д
Корельована колірна температура, К	3000 – 5000
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP65



Рисунок 2.6 – Зображення  
світильника ДКУ41У

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики  
світильника ДКУ41У

Потужність, Вт	50 – 170
Світловий потік, лм	6500...22100
Світлова віддача, лм/Вт	130
Тип кривої сили світла	Ш
Корельована колірна температура, К	3850 ... 4150
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Клас електрозахисту	I
Ступінь пиловологозахисту	IP66
Кут регулювання нахилу світильника, °	-15 ... +15

### 2.1.3 Вихідні дані для світлотехнічного розрахунку систем освітлення

При світлотехнічному розрахунку систем освітлення вихідними даними, окрім нормованих значень освітленості та світлотехнічних характеристик світлових приладів є значення коефіцієнтів запасу, а також розрахункової висоти.

Для розрахунку систем зовнішнього освітлення від світлодіодних світильників, світловий потік яких напрямлений у нижню півсферу рекомендується вибирати значення коефіцієнта запасу таким, що дорівнює 1,3. При розрахунку систем внутрішнього освітлення приміщень коефіцієнт запасу  $K_3$  розраховується на основі значень коефіцієнта експлуатації  $MF$ , котрі зв'язані співвідношенням:

$$K_3 = MF^{-1}, \quad (2.1)$$

а коефіцієнт експлуатації розраховується, як добуток коефіцієнта спаду світлового потоку  $LLMF$  джерела світла протягом експлуатаційного терміну, коефіцієнта  $LSF$ , що враховує ту частину світлових приладів, котрі працюватимуть в заданих умовах, коефіцієнта  $LMF$  експлуатації світлового приладу та коефіцієнта  $RSMF$  експлуатації внутрішніх поверхонь приміщень:

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (2.2)$$

Оскільки в усіх приміщеннях технологічної будівлі застосовуються світлодіодні світильники із терміном безперервної служби світлодіодів, котрий становить не менше 50 тис. год і світловий потік, котрих буде становити не менше, ніж 80 % від початкового, то з табл. В4 [3] встановлюємо, що  $LLMF = 0,85$ ,  $LSF = 1$ .

Нехай приміщення 1.1 – 1.5 відповідають класу чистоти N, а приміщення 1.6 та 1.7 – класу С, а світильники, котрі будуть використовуватись для освітлення цих приміщень, мають ступінь пило вологозахисту IP65, а отже відповідають типу Е. Крім того, врахуємо ще й те, що коефіцієнти відбивання стелі, стін та підлоги приміщень 1.1 – 1.5 становлять відповідно 0,5, 0,5 та 0,2 а приміщень 1.6 та 1.7 – 0,7, 0,5, 0,2. На основі цих даних із табл. В5 та В6 [3] вибираємо, що для приміщень 1.1 – 1.5 значення коефіцієнтів становлять  $LMF = 0,90$ ,  $RSMF = 0,92$ , а для приміщень 1,6 та 1.7 –  $LMF = 0,94$ ,  $RSMF = 0,95$ .

Підставляючи значення усіх вибраних коефіцієнтів у формулу (2.2), отримаємо:

для приміщень 1.1 – 1.5 :

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,90 \cdot 0,92 = 0,70,$$

$$K_3 = 0,70^{-1} = 1,43;$$

для приміщень 1.6 та 1.7:

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,95 = 0,76,$$

$$K_3 = 0,76^{-1} = 1,32.$$

Розрахункову освітленість визначимо із формули [5]:

$$h_p = h - h_1 - h_{p.n.}, \quad (2.3)$$

де  $h$  – висота приміщення;

$h_1$  – відстань між нижнім краєм світильника та внутрішньою поверхнею стелі;

$h_{p.n.}$  – задана у [3] висота розташування робочої поверхні над рівнем підлоги.

Для приміщення механічної очистки  $h = 5,20$  м, а висота решти приміщень становить  $h = 3,80$  м. Оскільки передбачається монтаж світильників на стелю, то відстань  $h_1$  дорівнюватиме товщині світильника. Тому, для усіх приміщень  $h_1 = 0,087$  м [10, 11]. Підставляючи значення для  $h$ ,  $h_1$  та  $h_{p.n.}$  із табл. 2.1 у формулу (2.3), отримаємо:

для приміщення механічної очистки

$$h_p = 5,200 - 0,087 - 0,800 = 4,313 \text{ м};$$

для приміщень 1.2 – 1.6:

$$h_p = 3,800 - 0,087 - 0,800 = 2,913 \text{ м};$$

для приміщення 1.7:

$$h_p = 3,800 - 0,087 - 0,000 = 3,703 \text{ м.}$$

## 2.2 Схема живлення систем освітлення водоочисних каналізаційних споруд

У відповідності із [6] електропостачання споживачів електричної енергії споруд, котрі входять до каналізаційних систем населених пунктів повинно здійснюватись від двох незалежних джерел живлення. Тому можна вибрати схему живлення від двох трансформаторних підстанцій або однієї двотрансформаторної підстанції, причому живлення трансформаторів забезпечується двома окремими джерелами електропостачання. Із за відсутності даних щодо існуючої схеми живлення електроспоживачів каналізаційних очисних споруд виберемо схему живлення від двох вводів, у якій від щитки робочого освітлення приміщень технологічної будівлі (ЩО) та зовнішнього освітлення (ЩЗО) живляться окремими лініями розподільчої мережі робочого освітлення від вводу 1, а щиток аварійного освітлення приміщень – від вводу 2 (рис. 2.7).

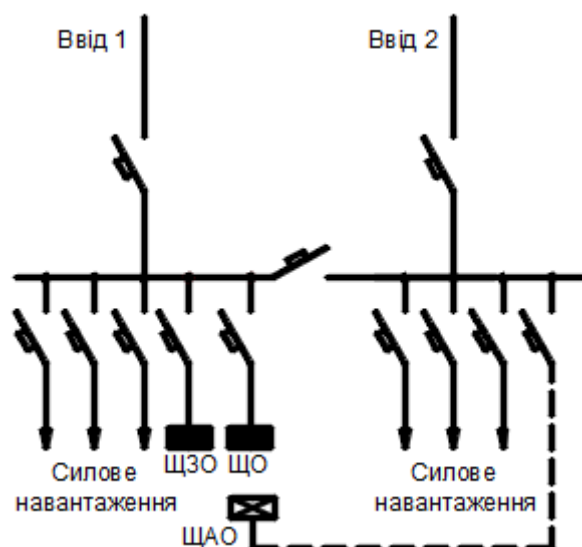


Рисунок 2.7 – Схема живлення електроспоживачів каналізаційних водоочисних споруд

Відповідно до даної схеми включення світильників аварійного освітлення приміщень технологічної будівлі та живлення їх джерел світла від вбудованих джерел блоків аварійного живлення буде можливим при відсутності напруги на обох вводах. При відсутності напруги хоча б на одному вводі передбачається спрацювання системи автоматичного включення резерву, основне призначення якої – це перемикання усіх споживачів на живлення від робочого вводу.

Живлення щитів ЩЗО, ЩО та ЩАО передбачимо чотирижильними мідними кабелями типу ВВГнг. Для групових ліній, котрі живлять світлові прилади від щитів ЩО та ЩАО застосуємо трижильні кабелі цієї ж марки. Оскільки для живлення світлових приладів зовнішнього освітлення рекомендується використовувати тип системи заземлення TN-C [16], в якій нульовий захисний і нульовий робочий провідники суміщені в одному провіднику [1], то для живлення опор світлових приладів, використаємо чотирижильні кабелі типу ВББШв, прокладання яких передбачимо в землі. В якості кабелів, котрі з'єднують світлові прилади із цоколями опор виберемо трижильні кабелі типу ВВГнг. Для групових ліній, які живлять світильники, розміщені на стінах технологічної будівлі, а також які застосовуються для освітлення ходових майданчиків використаємо трижильні кабелі типу ВВГнг.

В табл. 2.6 приведено дані щодо груп споживачів електричної освітлювальних мереж технологічної будівлі та зовнішнього освітлення та їх потужності.

Також при проектуванні системи освітлення технологічної будівлі потрібно врахувати необхідність влаштування ремонтного освітлення в приміщеннях, де розміщене технологічне обладнання, а саме в приміщеннях 1.1 – 1.5. Крім того, в [6] вказано, що якщо в приміщеннях розміщені технологічні установки об'єктів каналізації, то ці приміщення відносяться до приміщень із підвищеною небезпекою або особливо небезпечних приміщень, в котрих для живлення переносних світильників ремонтного освітлення рекомендується система найбільш низької напруги. Тому були використані ящики трансформатори понижувальні типу ЯТП-025 220/12.

Таблиця 2.8 – Групи споживачів електричних освітлювальних мереж водоочисних каналізаційних споруд

Щит освітлення	Група	Споживачі	Потужність, кВт
ЩО	гр. 1	Світильники приміщення 1.1	0,240
	гр. 2	Світильники приміщень 1.3, 1.5 – 1.7	0,220
	гр. 3	Світильники приміщення 1.2, 1.4	0,200
	гр. 4	Ремонтне освітлення приміщення 1.1, розетки приміщення 1.6	0,660
	гр. 5	Ремонтне освітлення приміщень 1.5, 1.3	0,750
	гр. 6	Ремонтне освітлення приміщень 1.4, 1.2	0,750
	Сумарна потужність		
ЩАО	гр. а1	Аварійне освітлення приміщень технологічної будівлі	0,160
ЩЗО	гр. з1	Світильники на стінах технологічної будівлі	0,150
	гр. з2	Світильники на опорах 8 м	0,350
	гр. з3	Світильники на опорах 10 м	0,400
	гр. з4	Світильники для освітлення ходових майданчиків	0,104
	Сумарна потужність		

## 2.3 Розрахунок та вибір площі поперечних перерізів жил кабелів електричної освітлювальної мережі

### 2.3.1 По струму навантаження

Вибір кабелів по струму навантаження зводиться до визначення площ поперечних перерізів їх жил, при яких робочий струм не викликає їхнього перегріву. Значення робочого струму  $I_p$  відповідно для трифазних та двопровідних ліній розраховується за формулами [1, 4, 5]:

$$I_{3\phi p} = \frac{P_p \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (2.4)$$

$$I_{1\phi p} = \frac{P_p \cdot 10^3}{U_\phi \cdot \cos \varphi}, \quad (2.5)$$



де  $P_p$  – значення розрахункової потужності, вираженої в кВт;

$U_n = 380$  В – лінійна напруга;

$U_\phi = 220$  В – фазова напруга;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт активної потужності.

Розрахунок по струму навантаження покажемо на прикладі груп споживачів щита зовнішнього освітлення. Підставивши значення розрахункових потужностей та  $\cos \varphi = 0,95$  у формули (2.4) та (2.5), отримаємо:

- для ділянки електричної освітлювальної мережі, котрі живить щит ЩЗО:

$$I_{ЩЗОр} = \frac{1,004 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 1,61 \text{ А.}$$

- для групових ліній гр. з2 та гр. з3:

$$I_{гр.з2р} = \frac{0,350 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 0,56 \text{ А,}$$

$$I_{гр.з3р} = \frac{0,400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95} = 0,64 \text{ А.}$$

- для групових ліній гр. з1 та гр. з4:

$$I_{гр.з1р} = \frac{0,150 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 0,72 \text{ А,}$$

$$I_{гр.з4р} = \frac{0,104 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 0,50 \text{ А.}$$

- для ділянок, котрі живлять світлові прилади на опорах від з'єднання із загальним кабелем групової лінії:

$$I_p = \frac{0,050 \cdot 10^3}{220 \cdot 0,95} = 0,23 \text{ А.}$$

На підставі результатів розрахунку вибираємо наступні кабелі з площею поперечного перерізу жил 1,5 мм<sup>2</sup>, оскільки допустимі струми для цієї площі поперечного перерізу в залежності від умов прокладання та кількості жил становлять від 19 до 27 А [16].

Розрахунки для інших щитів освітлення та групових ліній виконуємо аналогічно. Результати розрахунків представлено в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку групових ліній

Щит освітлення	Група	$P_p$ , кВт	$I_p$ , А	Тип кабелю	Апарат захисту
ЩО	гр. 1	0,240	1,15	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
	гр. 2	0,220	1,05	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
	гр. 3	0,200	0,96	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
	гр. 4	0,660	3,16	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
	гр. 5	0,750	3,59	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
	гр. 6	0,750	3,59	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
Лінія живлення ЩО		2,820	4,51	ВВГнг-4×1,5	ВА-2017/D 3р 6А
ЩАО	гр. а1	0,160	0,77	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 1А
Лінія живлення ЩАО		0,160	0,26	ВВГнг-4×1,5	ВА-2017/D 3р 2А
ЩЗО	гр. з1	0,150	0,72	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 2А
	гр. з2	0,350	0,56	ВБбШв-4×1,5	ВА-2017/D 3р 2А
	гр. з3	0,400	0,64	ВБбШв-4×1,5	ВА-2017/D 3р 2А
	гр. з4	0,104	0,50	ВВГнг-3×1,5	ВА-2017/D 1р 4А
Лінія живлення ЩЗО		1,004	1,61	ВВГнг-4×1,5	ВА-2017/D 3р 6А

На підставі розрахованих значень робочих струмів виберемо апарати захисту, виходячи із умови [5]:

$$I_B \geq I_p, \quad (2.6)$$

де  $I_B$  – номінальний струм вставки апарату захисту (автоматичного вимикача);

Попередньо вибираємо наступні автоматичні вимикачі серії ВА-2017 [17]:

- для групових ліній гр. 3, гр. а1, гр. з1, гр. з4 – ВА-2017/С 1р 1А;

- для групових ліній гр. 1, гр. 2 – ВА-2017/С 1р 2А;
- для групових ліній гр. 4 – гр. 6 – ВА-2017/С 1р 4А;
- для ділянок, котрі живлять світлові прилади на опорах від з'єднання із загальним кабелем групової лінії – ВА-2017/С 1р 1А.

Вибір струму апаратів захисту для ділянок, котрі живлять щити освітлення та світлові прилади на опорах вибираємо, виходячи з умови (2.6) та умови селективності:

- для груп гр. з2 та гр. з3 – ВА-2017/С 3р 2А;
- для лінії живлення ЩО – ВА-2017/С 3р 6А;
- для лінії живлення ЩАО – ВА-2017/С 3р 2А;
- для лінії живлення ЩЗО – ВА-2017/С 3р 4А;

Задля уникнення можливості хибного спрацьовування автоматичних вимикачів під час увімкнення світильників внаслідок дії пускових струмів, розрахуємо можливу максимальну кількість світлових приладів для відповідного кожного вимикача. Розрахунок покажемо на прикладі гр. з3. Дана група має 8 світильників ДКУ41У-50-001, в котрих використовуються блоки живлення Mean Well [15], пусковий струм котрих становить 50 А тривалістю 350 мкс.

Максимальну кількість  $N_{\max}$  світлових приладів, котру можна підключити до одного автоматичного вимикача або однієї фази, не викликавши при цьому його хибного спрацьовування, можна визначити із нерівності [3, 16]:

$$N_{\max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \quad (2.7)$$

де  $K$  – коефіцієнт кривої спрацьовування автоматичного вимикача, котрий для характеристики С дорівнює 10;

$K_k$  – коефіцієнт нерозчіплювання, котрий вибирається в залежності від тривалості пускового струму;

$I_n$  – значення номінального струму вставки автоматичного вимикача;

$I_{peak}$  – пусковий струм напівпровідникового світлового приладу.

Із графіка рис.Р.2, що наведено в [3] по тривалості імпульсу пускового струму  $\Delta t = 350 \text{ мкс} = 0,35 \text{ мс}$  вибираємо  $K_k = 7,75$ . Підставивши значення  $K_k$ ,  $K$ ,  $I_{peak} = 50 \text{ А}$  в нерівність (2.7), отримаємо, що максимальна кількість світлових приладів ДКУ41У-50-001, котрі можна під'єднати до однієї фази автоматичного вимикача ВА-2017/С 3р 2А:

$$N_{\max} \leq \frac{5 \cdot 7,75 \cdot 2}{50} = 1,$$

що для даного випадку не є допустимим, оскільки до трифазної групової лінії гр. з3 під'єднується 8 світильників, а отже максимальна кількість на фазу становить 3. Тому вибираємо автоматичний вимикач ВА-2017/Д 3р 2А, для якого  $K = 10$ , а максимальна кількість світильників ДКУ41У-50-001, котру можна під'єднати до однієї фази, становить:

$$N_{\max} = \frac{10 \cdot 7,75 \cdot 2}{50} = 3.$$

Аналогічно вибираємо апарати захисту і для інших групових ліній. Типи апаратів захисту доносимо в табл. 2.9.

### 2.3.2 По втраті напруги

Розрахунок та вибір площі поперечного перерізу виконаємо для найбільш завантажених та найбільших по протяжності груп, а саме гр. з2 та гр. з3.

Розрахункову схему для гр. з2 приведено на рис. 2.8, а довжини та потужності, котрі живляться через ділянки – у табл. 2.10

Значення втрати напруги  $\Delta U$  на ділянках розрахуємо за формулою [1, 4]:

$$\Delta U = \frac{M}{c \cdot S}, \quad (3.2)$$

де  $M$  – момент навантаження ділянки, котрий визначається добутком довжини її довжини на сумарну потужність споживачів, котрі живляться даною ділянкою;

$c$  – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, типу системи мережі та прикладеної напруги і для трифазних ділянок з напругою 380 В становить 72, а для однофазних із напругою 220 В – 12;

$S$  – площа поперечного перерізу жил кабелів даної ділянки

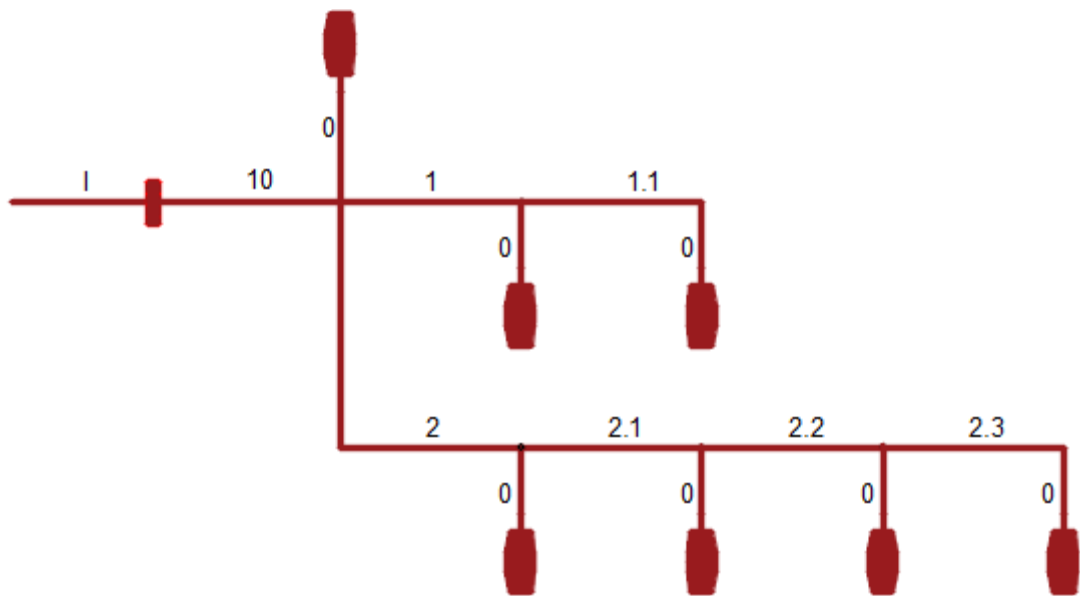


Рисунок 2.8 – Схема для розрахунку групової лінії гр. з2

Для ділянки I момент навантаження становить:

$$M = 5 \cdot 1,004 = 5,02 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

а втрата напруги:

$$\Delta U = \frac{5,02}{72 \cdot 1,5} = 0,05 \text{ \%}.$$

Для ділянки 0:

$$M = 8 \cdot 0,050 = 0,4 \text{ кВт} \cdot \text{м},$$

$$\Delta U = \frac{0,4}{12 \cdot 1,5} = 0,02 \text{ \%}.$$

Розрахунок для інших ділянок виконуємо аналогічно. Результати розрахунків доносимо в табл. 2.10

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку групової лінії гр. з2 по втраті напруги

Ділянка	Потужність, кВт	Довжина, м	$c$	$M$ , кВт м	$S$ , мм <sup>2</sup>	$\Delta U$ , %
I	1,004	5,0	72	5,02	1,5	0,05
10	0,350	25,0	72	8,75	1,5	0,08
1	0,100	25,0	72	2,50	1,5	0,02
1.1	0,050	20,0	72	1,00	1,5	0,01
2	0,200	20,0	72	4,00	1,5	0,04
2.1	0,150	28,0	72	4,20	1,5	0,04
2.2	0,100	22,0	72	2,20	1,5	0,02
2.3	0,050	22,0	72	1,10	1,5	0,01
0	0,050	10,0	12	0,50	1,5	0,03
Сумарна втрата напруги						0,29

Розрахункову схему для гр. з3 приведено на рис. 2.9, а результати розрахунку в табл. 2.11.

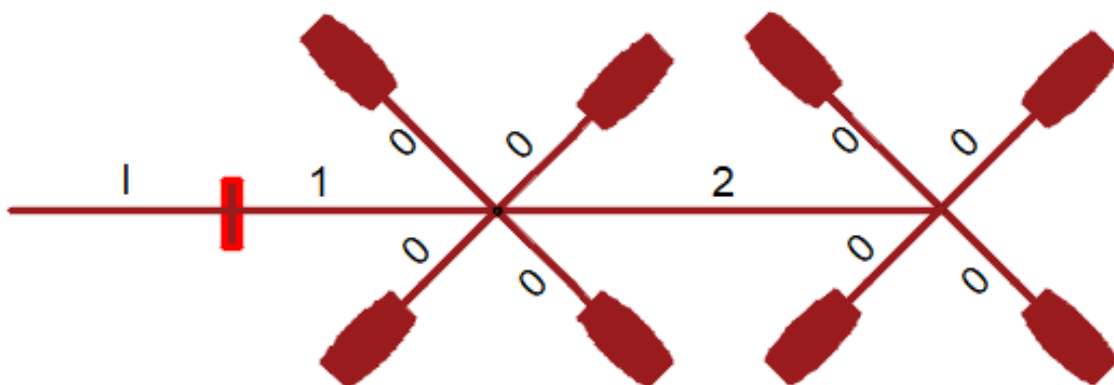


Рисунок 2.9 – Схема для розрахунку групової лінії гр. з3

Щодо групових ліній щита ЩО, то найдовшою та найпотужнішою є група гр. 6, схему для її розрахунку приведено на рис. 2.10, а результати розрахунку – в табл. 2.11.

Отже, як видно із результатів розрахунку, втрати напруги в електричних освітлювальних мережах каналізаційних водоочисних споруд не перевищують 0,91 %.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку групової лінії гр. з3 по втраті напруги

Ділянка	Потужність, кВт	Довжина, м	$c$	$M$ , кВт м	$S$ , мм <sup>2</sup>	$\Delta U$ , %
I	1,004	5,0	72	5,02	1,5	0,05
1	0,400	20,0	72	8,00	1,5	0,07
2	0,200	17,0	72	3,40	1,5	0,03
0	0,050	12,0	12	1,00	1,5	0,03
Сумарна втрата напруги						0,18

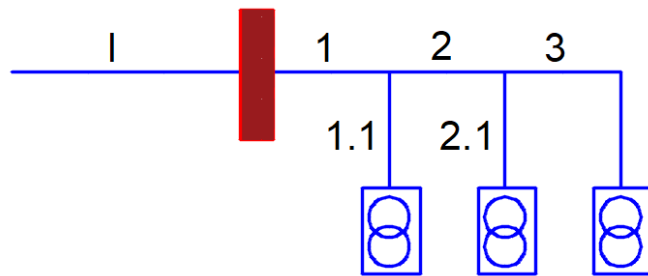


Рисунок 2.9 – Схема для розрахунку групової лінії гр. 6

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку групової лінії гр. 6 по втраті напруги

Ділянка	Потужність, кВт	Довжина, м	$c$	$M$ , кВт м	$S$ , мм <sup>2</sup>	$\Delta U$ , %
I	2,820	5,0	72	14,10	1,5	0,13
1	0,750	10,0	12	7,50	1,5	0,42
2	0,500	4,0	12	2,00	1,5	0,11
3	0,250	5,0	12	1,25	1,5	0,07
1.1	0,250	8,0	12	2,00	1,5	0,11
2.1	0,250	5	12	1,25	1,5	0,07
Сумарна втрата напруги						0,91

## 2.4 Висновки до розділу

1. На основі вимог, що наводяться в нормативних документах здійснено вибір нормованих характеристик систем освітлення приміщень технологічної

будівлі, а також зовнішнього освітлення. Встановлено, що у приміщеннях, де розміщується технологічне рекомендується використання системи загального робочого рівномірного освітлення, причому нормоване значення горизонтальної освітленості становить 150 лк. Горизонтальна освітленість на рівні підлоги від системи аварійного освітлення зон підвищеної небезпеки повинна становити 15 лк.

2. Для системи зовнішнього освітлення нормоване значення освітленості території на рівні землі становить 20 лк, а на рівні 5 м над землею, тобто на поверхні очисних споруд та на ходових майданчиках – 50 лк.

3. В якості світлових приладів вибрано напівпровідникові світильники, зокрема для освітлення робочих приміщень технологічної будівлі – світильники типу ДСП65В, а для зовнішнього освітлення – світильники типів ДКУ41У, ДСП13 та ДББ26У Селена-LED виробництва ТОВ «ОСП Корпорація «ВАТРА».

В якості системи живлення вибрано систему від двох вводів, котрі живляться від взаємозалежних джерел електроенергії. Передбачено, що щитки робочого освітлення приміщень технологічної будівлі та зовнішнього освітлення живляться окремими лініями розподільчої мережі робочого освітлення від вводу 1, а щиток аварійного освітлення приміщень – від вводу 2.

4. В якості кабелів електричної освітлювальної мережі для систем освітлення приміщень технологічної будівлі вибрано кабель типу ВВГнг, а для зовнішнього освітлення – кабель ВБШв. Для групових ліній, а також ділянок електричної освітлювальної мережі, котрі живлять щити освітлення та світлові прилади, розміщені на опорах на основі результатів розрахунків вибрано кабелі із площею поперечного перерізу жил 1,5 мм<sup>2</sup>.

5. На основі результатів розрахунку робочих струмів навантаження здійснено вибір апаратів захисту ділянок електричної освітлювальної мережі із врахуванням вимог щодо запобігання хибного спрацювання апаратів внаслідок дії пускових струмів. Розрахунками встановлено, що для запропонованої електричної освітлювальної мережі максимальний спад напруги становить 0,91 %.



## 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень технологічної будівлі

Світлотехнічний розрахунок систем освітлення застосовується для отримання числа та потужності світлових приладів або джерел світла, використання яких дозволило б забезпечити нормовані значення світлотехнічних характеристик систем освітлення. Оскільки робочого освітлення приміщень технологічної будівлі пропонується використати систему загального рівномірного освітлення та в якості нормативного параметра більшості приміщень є горизонтальна освітленість, то для подальшого визначення числа та потужності світлових приладів виконаємо світлотехнічний розрахунок на основі методу коефіцієнта використання. За допомогою даного методу можна розрахувати середню освітленість  $E$  горизонтальної поверхні, причому враховуються як пряма, так і відбита складові світлового потоку, котрий потрапляє на розрахункову поверхню. Основна формула розрахунку за допомогою методу коефіцієнта використання має вигляд [1, 5]:

$$E = \frac{N_{СП} \cdot \Phi_{1СП} \cdot U}{S_{прим} \cdot z \cdot K_3}, \quad (3.1)$$

де  $N_{СП}$  – число світильників, котрі використовуються у системі освітлення приміщення;

$\Phi_{1СП}$  – світловий потік, котрий випромінює один світильник;

$U$  – коефіцієнт використання;

$S_{прим}$  – робоча площа приміщення;

$z$  – коефіцієнт мінімальної освітленості;

$K_3$  – коефіцієнт запасу.

В [5] вказується те, що при розрахунку на середню освітленість коефіцієнт  $z$  враховувати не потрібно, тому можна прийняти, що  $z = 1$ . Звідси вираз для розрахунку сумарного світлового потоку  $\Phi_{\Sigma}$ , необхідного щоб на робочій поверхні забезпечувалась нормована освітленість  $E_H$ , має наступний вигляд [1]:

$$\Phi_{\Sigma} = N_{СП} \cdot \Phi_{1СП} = \frac{E_H \cdot S_{прим} \cdot K_3}{U}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт використання  $U$  у формулі (3.2) можна визначити з довідникових даних [18], в котрих значення для  $U$  приведено в залежності від типу кривої сили світла світильників, відбиваючих характеристик внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожувальних конструкцій приміщення, тобто від коефіцієнтів відбивання стелі, стін та підлоги та від розмірів та форми приміщення, котрі відображаються однією комплексною величиною – індексом  $i$  приміщення, котрий розраховується за формулою:

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (a + b)}, \quad (3.3)$$

а для приміщень необмеженої довжини

$$i = \frac{b}{h_p}, \quad (3.4)$$

де  $a, b$  – габаритні розміри внутрішнього простору приміщення (відповідно довжина та ширина) [5].

Залежності коефіцієнта використання для світильників із кривими світла типу М, Д та Г від індексу приміщень із коефіцієнтами відбивання стелі, стін та підлоги, що дорівнюють відповідно 0,5, 0,5 та 0,1 приведено на рис. 3.1.

Для освітлення приміщень 1.1 – 1.6 використаємо світильник ДСП65В із кривою сили світла, зображеною на рис. 3.2.

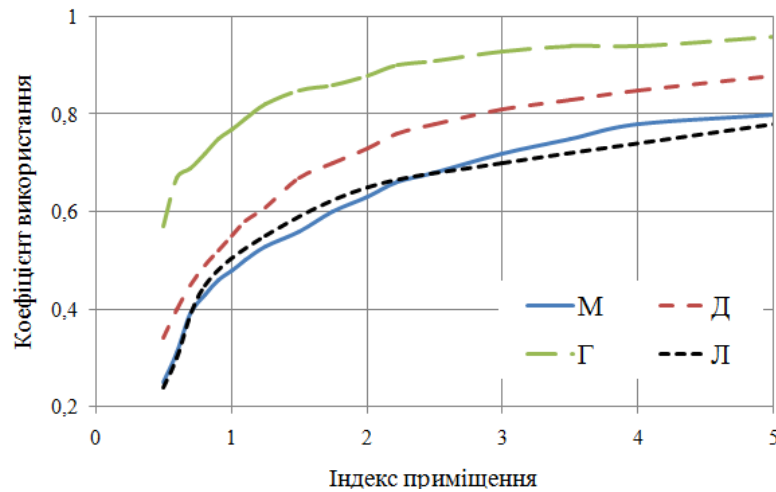


Рисунок 3.1 – Залежності коефіцієнта використання від індексу приміщень

Коефіцієнт  $K_{\phi}$  форми даної кривої сили світла розрахуємо за формулою [1]:

$$K_{\phi} = \frac{I_{\max}}{\frac{1}{9} \sum_{\alpha=5}^{\alpha=85} I(\alpha)}, \quad (3.5)$$

де  $I_{\max}$  – максимальна сила світла.

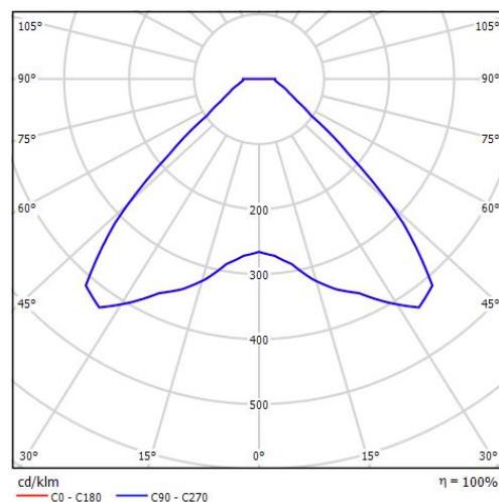


Рисунок 3.2 – Крива сили світла світильника ДСП65В з кутом формування світлового пучка  $120^{\circ}$

Підставивши  $I_{\max} = 428,94$  кд та відповідні значення сили світла для кутів від  $0$  до  $85^{\circ}$  з кроком  $10^{\circ}$  у формулу (3.5), отримаємо

$$K_{\phi} = \frac{428,94}{\frac{1}{9} \cdot \left( 272,962 + 319,046 + 363,358 + 428,94 + 313,729 + \right. \\ \left. + 97,4866 + 51,4019 + 33,6772 + 24,8149 \right)} = 2,03.$$

Оскільки для даного світильника кут розкриття максимальної сили світла становить  $35^{\circ}$ , а  $K_{\phi} = 2,03 > 1,3$ , то даному світильнику належить крива сили світла типу Л [1], для якої графічну залежність коефіцієнта використання від індекса приміщень, зображену на рис. 3.1, аналітично можна описати рівнянням з коефіцієнтом детермінації  $R^2 = 0,95$ :

$$U(i) = 0,213 \cdot \ln(i) + 0,469. \quad (3.6)$$

Розрахунок за методом коефіцієнта використання покажемо на прикладі приміщення 1.1. Для даного приміщення  $h_p = 4,31$  м,  $a = 5,77$  м,  $b = 5,90$  м, а отже індекс приміщення:

$$i = \frac{5,77 \cdot 4,31}{4,31 \cdot (5,77 + 5,90)} = 0,68.$$

Підставивши значення для індексу приміщення у формулу (3.6), отримаємо:

$$U = 0,213 \cdot \ln(0,68) + 0,469 = 0,39.$$

При підстановці значень  $U = 0,39$ ,  $E_H = 150$  лк,  $S_{прим} = 34,04$  м<sup>2</sup> та  $K_s = 1,43$  отримаємо:

$$\Phi_{\Sigma} = N_{СП} \cdot \Phi_{1СП} = \frac{150 \cdot 34,04 \cdot 1,43}{0,39} = 18906 \text{ лм.}$$

Такий світловий потік можна отримати, використавши у приміщенні 4 світильники типу ДСП65В-40-103, світловий потік яких становить 5400 лм [10]. Тоді розрахункова освітленість у приміщенні становитиме:

$$E = \frac{4 \cdot 5400 \cdot 0,39}{34,04 \cdot 1,43} = 171 \text{ лк.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунок і для інших приміщень. Результати розрахунку приведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати світлотехнічного розрахунку системи робочого освітлення приміщень технологічної будівлі на основі методу коефіцієнта використання

№ на плані	Найменування приміщення	$S_{\text{прим}}, \text{ м}^2$	$E_H, \text{ лк}$	$h_p, \text{ м}$	$K_z$	$i$	$U$	$\Phi_{\Sigma}, \text{ лм}$	Світильник	$N_{\text{СП}}, \text{ шт}$	$E, \text{ лк}$
1.1	Приміщення механічної очистки	34,04	150	4,31	1,43	0,68	0,39	18906	ДСП65В-40-103 У2	4	171
1.2	Приміщення доочистки та знезараження	24,78	150	2,91	1,43	0,84	0,43	12273	ДСП65В-40-103 У2	2	132
1.3	Повітродувна	18,88	150	2,91	1,43	0,71	0,40	10192	ДСП65В-40-103 У2	2	159
1.4	Приміщення зневоднення	21,77	150	2,91	1,43	0,78	0,42	11211	ДСП65В-40-103 У2	2	144
1.5	Щитова	10,33	150	2,91	1,43	0,46	0,31	7246	ДСП65В-25-103 У2	2	140
1.6	Диспетчерська	9,26	200	2,91	1,32	0,51	0,32	7502	ДСП65В-25-103 У2	2	180
1.7	Санітарний вузол	4,63	75	3,71	1,32	0,29	0,23	1961	ДББ26У-16-104 Селена-LED	1	86

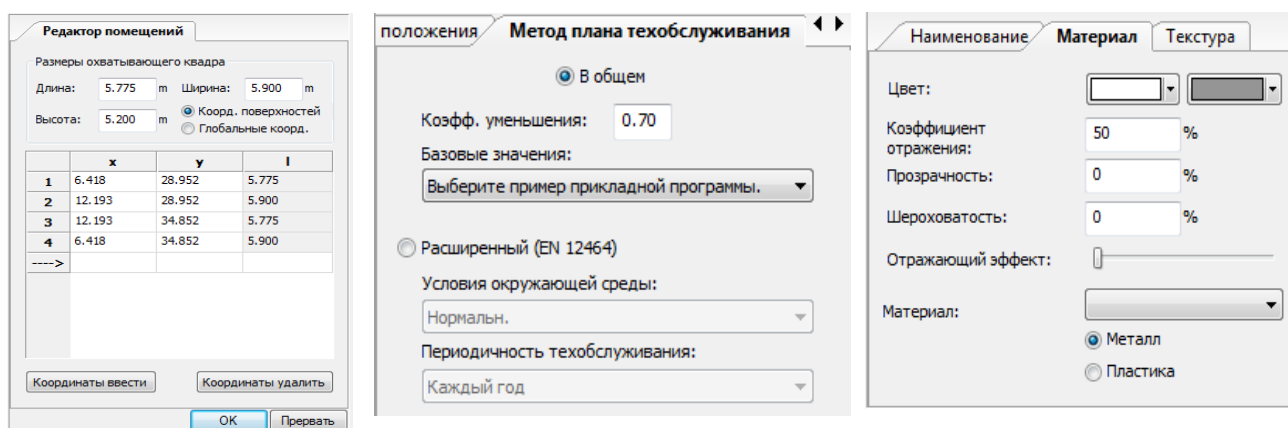
### 3.2 Розрахунок системи освітлення приміщень технологічної будівлі з допомогою пакету DIALux

Для проведення світлотехнічного розрахунку в програмне середовище пакету DIALux необхідно внести наступні вихідні дані:

- габаритні розміри приміщень;
- коефіцієнт експлуатації;
- спеціальні розрахункові фотометричні файли світлових приладів.

1. Покажемо розрахунок на прикладі приміщення 1.1. За допомогою редактору приміщень задаємо розміри приміщень, а саме довжину 5,775 м,

ширину 5,900 м та висоту 5,200 м (рис. 3.3 а). У вкладці методу плану техобслуговування вносимо коефіцієнт зменшення 0,70, значення котрого дорівнює значенню коефіцієнта експлуатації (рис. 3.3 б), а у вкладці редагування поверхонь задаємо значення коефіцієнтів відбивання стелі, стін та підлоги (рис. 3.3 в). Окрім цього задаємо значення висоти робочої площини над рівнем підлоги 0,8 м.

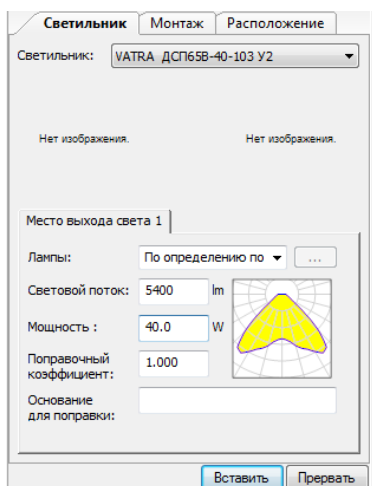


а) б) в)

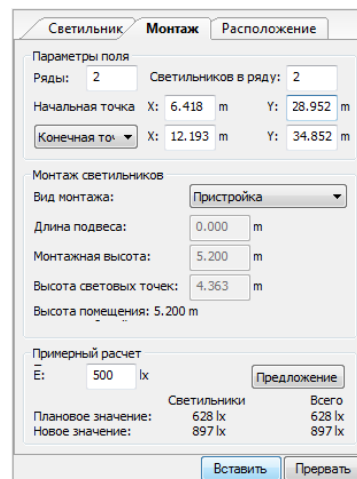
Рисунок 3.3 – Редагування параметрів приміщення в програмному середовищі пакета DIALux

За допомогою команди «ВСТАВКА» вносимо розрахунковий фотометричний файл світильника світильник в склад проекту освітлення приміщення (рис. 3.4 а), задаючи при цьому число рядів та кількість світильників в одному ряді (рис. 3.4 б), а також вид монтажу (в даному випадку вибрано пристройку, оскільки світильник кріпиться на опорну горизонтальну поверхню, тобто до стелі).

Запускаємо процес розрахунку. В результаті встановлено, що розрахована середня освітленість становить 230 лк, що значно перевищує нормоване значення. Проте, при проведенні світлотехнічного розрахунку необхідним є врахування ефект затінення від технологічного обладнання, котре розміщене на шляху надходження світлового потоку від світлових приладів до робочих поверхонь.



а)



б)

Рисунок 3.4 – Внесення та редагування характеристик світлових приладів в програмне середовище пакету DIALux

З цією метою в проект приміщення було додано силует технологічного обладнання необхідних розмірів та форми (рис. 3.5).

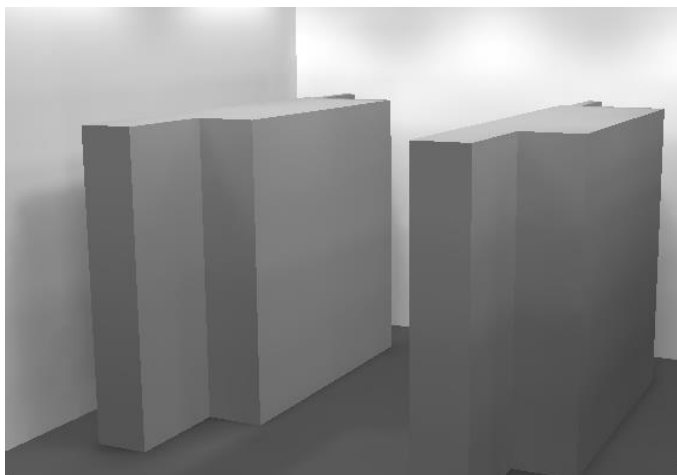
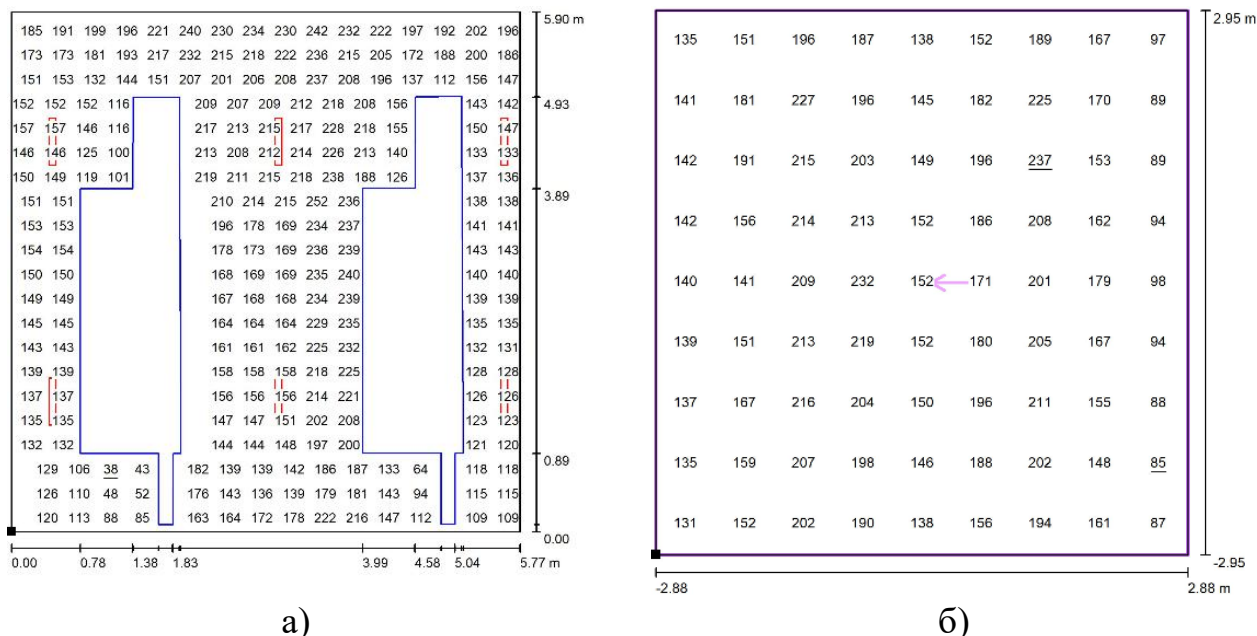


Рисунок 3.5 – Візуалізація моделі розміщеного обладнання в середовищі пакету DIALux

В результаті розрахунку було встановлено, що при врахуванні можливого затінення освітленість на горизонтальній робочій поверхні приміщення механічної очистки від системи із чотирьох світильників становить 118 лк. Тому для збільшення рівня середньої освітленості горизонтальної площини до рівня нормованого значення в приміщенні було доставлено ще один ряд світильників, котрий розташовано між двома існуючими рядами. Результатом

розрахунку є значення освітленості 170 лк. Графік розподілу освітленості по горизонтальній розрахунковій поверхні приміщення механічної очистки представлено на рис. 3.6 а.



а) б)  
Рисунок 3.6 – Графік розподілу освітленості на горизонтальній розрахунковій поверхні (а) та вертикальної освітленості на висоті 1,5 м над підлогою (б) приміщення механічної очистки

Крім того задля розрахунку вертикальної освітленості в приміщенні в середовищі пакету DIALux було введено додатковий растр, розміщений на висоті 1,5 м над підлогою. В результаті розрахунку було встановлено, що для приміщення механічної очистки середнє значення вертикальної освітленості становить 167 лк при нормованому значенні 150 лк. Графік розподілу вертикальної освітленості на висоті 1,5 м над підлогою приведено на рис. 3.6 б.

Моделювання та розрахунок системи освітлення для інших приміщень виконуємо аналогічно. Результати світлотехнічного розрахунку цього та інших приміщень технологічної будівлі в пакеті DIALux приведено в табл. 3.2.

Для забезпечення освітленості на підлозі 15 лк в зонах підвищеної небезпеки приміщень 1.1 – 1.5 використаємо світильники типу ДПП06У. На рис. 3.7 показано графік розподілу освітленості по підлозі приміщення 1.1, створеної за допомогою 9 світильників типу ДПП06У-8-231 УЗ.1.



Таблиця 3.2 – Результати світлотехнічного розрахунку системи освітлення приміщень технологічної будівлі

№ на плані	Найменування приміщення	$S_{прим}$ , м <sup>2</sup>	Горизонтальна освітленість		Вертикальна освітленість		Світильник	$N_{сп}$ , шт
			$E_H$ , лк	$E_P$ , лк	$E_H$ , лк	$E_P$ , лк		
1.1	Приміщення механічної очистки	34,04	150	170	150	167	ДСП65В-40-103 У2	6
1.2	Приміщення доочистки та знезараження	24,78	150	192	150	173	ДСП65В-40-103 У2	3
1.3	Повітродувна	18,88	150	160	150	152	ДСП65В-40-103 У2	2
1.4	Приміщення зневоднення	21,77	150	174	150	153	ДСП65В-40-103 У2	2
1.5	Щитова	10,33	150	162	150	158	ДСП65В-25-103 У2	2
1.6	Диспетчерська	9,26	200	224	-	-	ДСП65В-25-103 У2	2
1.7	Санітарний вузол	4,63	75	70			ДББ26У-20-104 Селена-LED	2

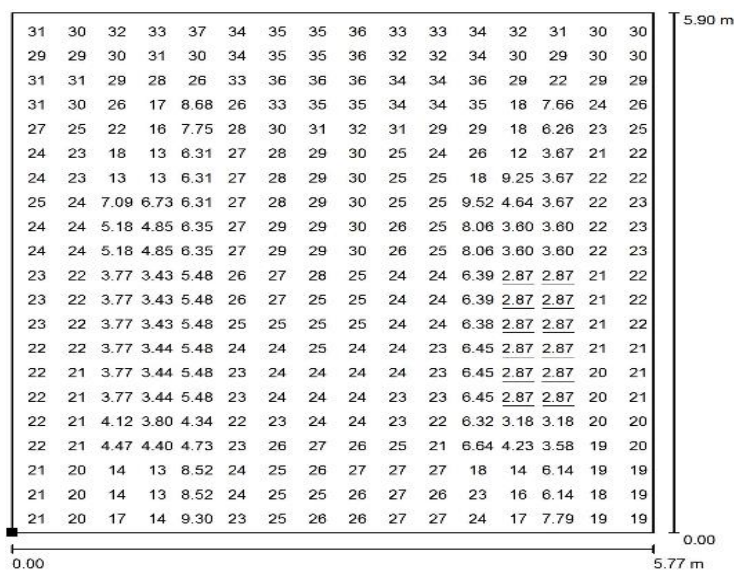


Рисунок 3.7 – Графік розподілу освітленості від світильників аварійного освітлення зон підвищеної небезпеки на рівні підлоги приміщення 1.1 .

Як видно із попереднього рисунка практично на усій розрахунковій поверхні освітленість перевищує або дорівнює 15 лк. Вийнятки становлять місця у зонах розміщення обладнання, де зорова робота практично не

проводиться. Кількість світильників аварійного освітлення зон підвищеної небезпеки у цьому та решті приміщень представлено в табл. 3.3

Таблиця 3.3 – Кількість світильників аварійного освітлення зон підвищеної небезпеки

№ на плані	Найменування приміщення	, м <sup>2</sup>	Тип світильників	Кількість
1.1	Приміщення механічної очистки	34,04	ДПП06У-8-231 УЗ.1.	9
1.2	Приміщення доочистки та знезараження	24,78		3
1.3	Повітродувна	18,88		6
1.4	Приміщення зневоднення	21,77		3
1.5	Щитова	10,33		2

### 3.3 Моделювання та світлотехнічний розрахунок системи зовнішнього освітлення

Перед світлотехнічним розрахунком системи зовнішнього освітлення території каналізаційних очисних споруд в пакеті DIALux створено її тривимірну модель, зображення якої показано на рис. 3.8.

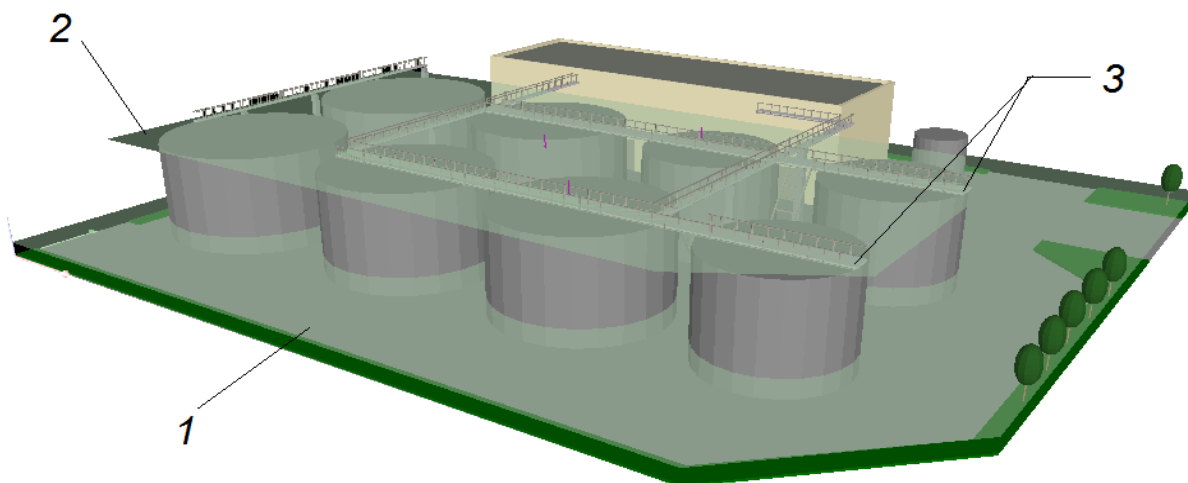


Рисунок 3.8 – Зображення тривимірної моделі території каналізаційних очисних споруд

Крім того на даному рисунку показано горизонтальні площини, для яких проведено розрахунок, а саме:

- 1 – площина, розміщена на рівні землі;
- 2 – площина, розміщена на рівні 5,0 м над землею;
- 3 – площини, розташовані на рівні підлоги ходових майданчиків, висота встановлення котрих становить 5,0 м над землею.

Для забезпечення необхідних рівнів освітленості на робочих поверхнях пропонується використати:

5 світильників типу ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED, розміщених на стінах технологічної будівлі на висоті 2,8 м;

8 світильників типу ДСП11-13-411 У1, розміщених над краями ходових майданчиків на висоті 6,5 м над землею;

16 світильників типу ДКУ41У-50-001, розміщених:  
на 7 опорах по одному світильнику на висоті 8,0 м;  
на кронштейні, котрий монтується до стіни технологічної будівлі на висоті 6,0 м;

на двох опорах по чотири світильники на висоті 10,0 м.

Розміщення світильників на плані території показано на рис. 3.9

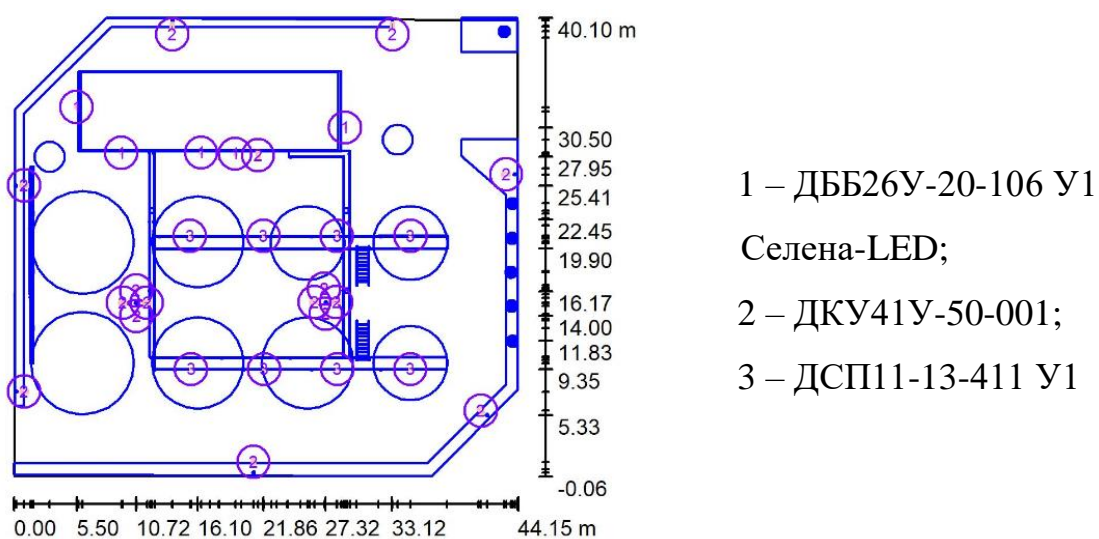


Рисунок 3.9 – Розміщення світильників на плані території каналізаційно-очисних споруд

В результаті світлотехнічного розрахунку встановлено, що використання такої системи освітлення дає змогу отримати на розрахунковій площині 1 наступні значення:

мінімальна освітленість – 16 лк;

середня освітленість – 27 лк;

максимальна освітленість – 74 лк;

Графік розподілу освітленості по розрахунковій поверхні 1 показано на рис. 3.10. Як видно із результатів, на всій розрахунковій поверхні забезпечується освітленість від 16 до 74 лк, а відношення мінімальної освітленості до середньої становить 0,59.

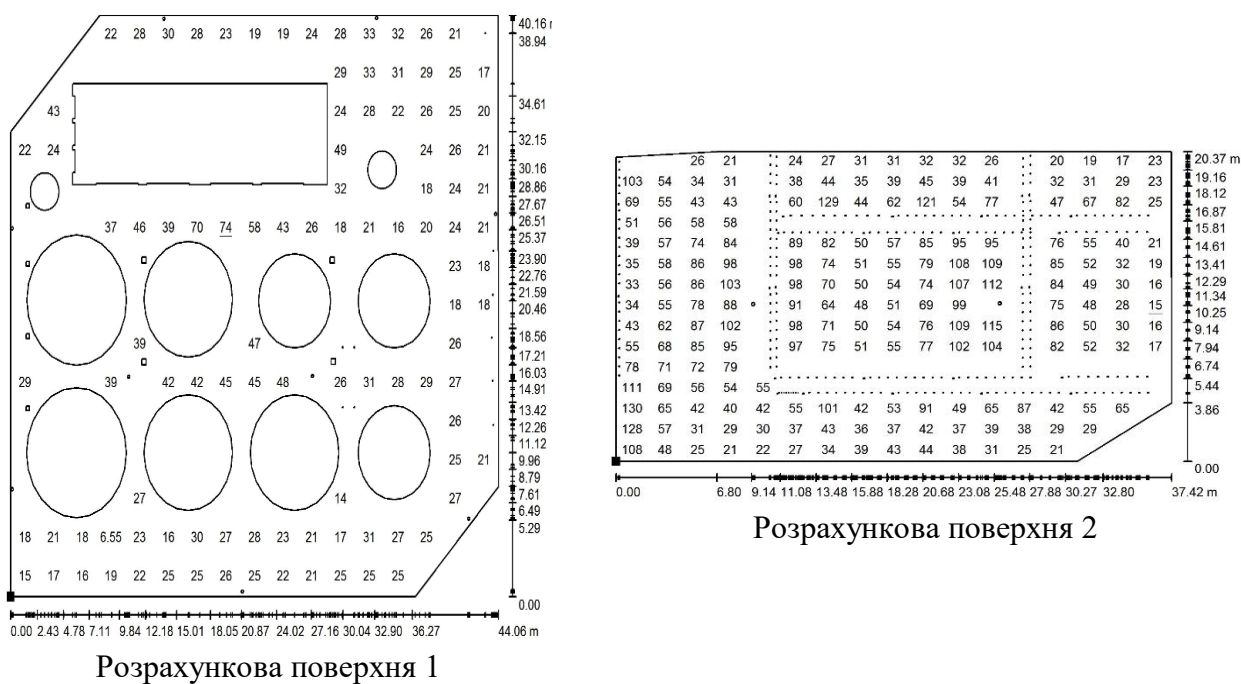


Рисунок 3.10 – Графік розподілу освітленості по розрахункових поверхнях 1 та 2

На розрахунковій площині 2 при використанні такої освітлювальної установки значення освітленості становить в межах від 21 до 130 лк, середня освітленість становить 63 лк (рис. 3.11), а відношення мінімальної освітленості до середньої — 0,33.

На ходових майданчиках (поверхні 3) можна забезпечити наступні значення (рис. 3.12):

мінімальна освітленість — 24 лк;

середня освітленість — 85 лк;

максимальна освітленість — 210 лк.

Координати точок розміщення світлових приладів зовнішнього освітлення в системі координат, початок відліку осей абсцис та ординат якої співпадає із початком відліку відповідних осей розрахункової поверхні 1 (рис. 3.10), а початок відліку осі аплікати – із рівнем землі, та кути їх нахилу відносно осей координат приведено в табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Координати точок розміщення світлових приладів системи зовнішнього освітлення

№	Позиція, м			Кут нахилу, °		
	x	y	z	x	y	z
ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED						
1	5,50	32,30	2,80	0,00	90,00	0,00
2	9,42	28,28	2,80	90,00	0,00	180,00
3	16,40	28,30	2,80	90,00	0,00	180,00
4	19,40	28,20	2,80	90,00	0,00	180,00
5	29,00	30,50	2,80	90,00	0,00	-90,00
ДКУ41У-50-001						
1	13,89	39,33	8,00	0,00	0,00	-180,00
2	33,16	39,38	8,00	0,00	0,00	-180,00
3	27,18	16,38	10,00	15,00	0,00	0,00
4	27,32	14,20	10,00	15,00	0,00	180,00
5	26,32	15,20	10,00	15,00	0,00	90,00
6	28,24	15,21	10,00	20,00	0,00	-90,00
7	10,73	16,22	10,00	20,00	0,00	0,00
8	10,74	14,00	10,00	20,00	0,00	180,00
9	9,56	15,14	10,00	20,00	0,00	90,00
10	11,66	15,16	10,00	15,00	0,00	-90,00
11	40,90	5,70	8,00	10,00	0,00	50,00
12	43,12	26,39	8,00	15,00	0,00	90,00
13	21,40	28,09	6,00	20,00	0,00	-180,00
14	0,91	25,43	8,00	15,00	0,00	-90,00
15	0,91	7,38	8,00	15,00	0,00	-90,00
16	21,00	1,22	8,00	10,00	0,00	0,00
ДСП11-13-411 У1						
1	15,52	9,35	6,50	0,00	0,00	90,00
2	21,92	9,35	6,50	0,00	0,00	90,00
3	28,32	9,35	6,50	0,00	0,00	90,00
4	34,72	9,35	6,50	0,00	0,00	90,00
5	15,43	21,00	6,50	0,00	0,00	90,00
6	21,86	21,00	6,50	0,00	0,00	90,00
7	28,30	21,00	6,50	0,00	0,00	90,00
8	34,73	21,00	6,50	0,00	0,00	90,00

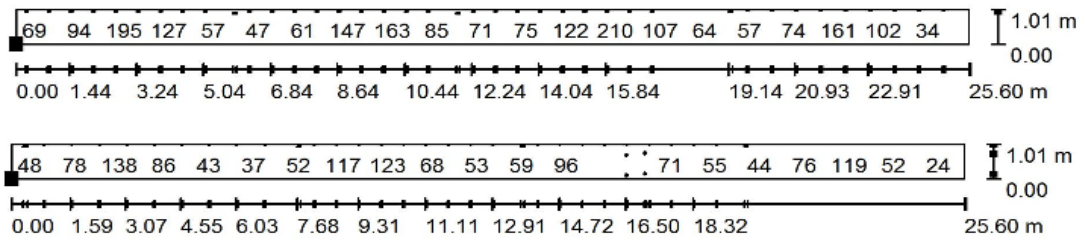


Рисунок 3.12 – Графіки розподілу освітленості по поверхнях ходових майданчиків (розрахункові поверхні 3)

### 3.4 Висновки до розділу

1. На основі результатів, отриманих шляхом світлотехнічного розрахунку за допомогою методу коефіцієнта використання, підібрано кількість та потужність світлових приладів системи робочого освітлення, необхідної для забезпечення нормованих значень горизонтальної освітленості на робочих поверхнях приміщень технологічної будівлі.

2. В програмному пакеті DIALux проведено обернений світлотехнічний розрахунок із врахуванням затінь, котрі можуть створюватись від обладнання, розміщеного в приміщеннях. На підставі результатів розрахунку здійснено коригування кількості світлових приладів. Встановлено, що сумарна потужність світлових приладів системи робочого освітлення приміщень технологічної будівлі становить 0,66 кВт.

3. Запропоновано систему аварійного освітлення приміщень технологічної будівлі. Шляхом світлотехнічного розрахунку встановлено, що для забезпечення нормованих значень освітленості системи освітлення небезпечних зон для приміщень, в котрих знаходиться технологічне обладнання необхідно використати 20 світлодіодних світильників зі світловим потоком 835 лм. Потужність системи аварійного освітлення зон підвищеної небезпеки становить 0,16 кВт.

4. Створено тривимірну модель території каналізаційно-очисних споруд, для якої підібрано світлові прилади для зовнішнього освітлення та розраховано

значення освітленостей горизонтальних площин. Встановлено, що для забезпечення необхідних значень освітленості на розрахункових площинах необхідно використати 16 вуличних світлодіодних світильників типу ДКУ41У-50-001, 8 промислових світильників типу ДСП11-13-411 та 5 світильників типу ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED. Сумарна потужність установки зовнішнього освітлення становить 1 кВт.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Оцінка ефективності заходів забезпечення охорони праці та техніки безпеки на робочих місцях

Економічне значення охорони праці та техніки безпеки оцінюється за результатами, отриманими при зміні соціальних показників шляхом впровадження заходів з покращення умов праці: підвищення продуктивності праці; зниження непродуктивних витрат часу і праці; збільшення фонду робочого часу; зниження витрат, пов'язаних з плинністю кадрів через умови праці, тощо. Збільшення фонду робочого часу і ефективність використання обладнання досягається шляхом зниження простоїв протягом зміни внаслідок погіршення самопочуття через умови праці та мікротравми. При комплексній дії на людину декількох шкідливих виробничих чинників простої на робочому місці можуть досягати 20...40% за зміну через виробничий травматизм та погане самопочуття. Зростання непродуктивних витрат часу, а значить, і праці, обумовлюється також поганою організацією робочих місць: без урахування антропометричних вимог виникає необхідність виконання зайвих рухів та докладання додаткових фізичних зусиль через незручне положення, невдале розташування органів управління обладнанням і невдале конструктивне оформлення робочих місць. В результаті поліпшення умов праці нормалізується психологічний клімат в трудовому колективі, підвищується налагодженість в роботі, зростає продуктивність праці. Збільшення фонду робочого часу досягається скороченням цілодобових втрат на виробничий травматизм та неявки на роботу. Шкідливі умови праці суттєво впливають не тільки на виникнення професійних захворювань, а й на виникнення і тривалість загальних захворювань.

Ефективність заходів щодо поліпшення умов і охорони праці оцінюється, в першу чергу, за показниками соціальної ефективності, які передбачають створення умов праці, що відповідають санітарним нормам і вимогам правил



безпеки. Покращення умов і охорони праці призводить до зменшення кількості виробничих травм, загальної і професійної захворюваності; до скорочення чисельності працівників, що працюють в умовах, які не відповідають санітарно-гігієнічним нормам; зменшення кількості випадків виходу на пенсію за інвалідністю внаслідок травматизму чи професійної захворюваності; скорочення плинності кадрів через незадовільні умови праці тощо.

Для оцінки соціальної ефективності заходів з удосконалення умов та охорони праці використовуються такі показники: скорочення кількості робочих місць, що не відповідають вимогам нормативних актів щодо безпеки праці; скорочення чисельності працівників, які працюють в умовах, що не відповідають санітарним нормам; збільшення кількості машин, механізмів та виробничих приміщень, приведених до вимог норм охорони праці; зменшення коефіцієнта частоти травматизму; зменшення коефіцієнта тяжкості травматизму; зменшення коефіцієнта частоти професійних захворювань через несприятливі умови праці; зменшення коефіцієнта тяжкості захворювання; зменшення кількості випадків виходу на пенсію за інвалідністю внаслідок травматизму чи професійного захворювання; скорочення плинності кадрів через несприятливі умови праці.

Показники соціальної і соціально-економічної ефективності використовуються для визначення фактичного рівня питомих витрат, необхідних для зменшення кількості працюючих у незадовільних умовах, зниження рівня травматизму, захворюваності, плинності кадрів на різних підприємствах та в економіці в цілому.

#### **4.2 Фактори небезпеки, які можуть виникати при експлуатації об'єкта проектування**

При роботі на об'єкті проектування персонал може зазнавати впливу шкідливих виробничих факторів. Джерелами потенційної небезпеки для здоров'я людей є:

- електромагнітне та електричне поле;
- хімічні речовини;
- параметри мікроклімату;
- виробничий шум.

Електромагнітні поля (ЕМП) – це змінні електричні та магнітні поля, що поширюються у просторі у формі хвиль зі швидкістю світла. Ступінь біологічного впливу електромагнітних полів на організм людини залежить від частоти коливань, напруженості та інтенсивності поля, тривалості його впливу. Учені встановили, що найбільшу небезпеку для організму представляє тривале опромінення впродовж декількох років. Унаслідок дії електромагнітних полів можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зсуви в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровотворної та інших систем організму людини. Найбільший вплив на електромагнітну обстановку будь-яких будівель в діапазоні промислової частоти 50 Гц вносить електротехнічне устаткування, а саме: кабельні лінії, що підводять електрику до усіх квартир та інших споживачів системи життєзабезпечення будівлі, а також розподільні щити і трансформатори.

Токсичні хімічні речовини – це речовини, які викликають отруєння усього організму людини або впливають на окремі системи людського організму (наприклад, на кровотворення, центральну нервову систему). Ці речовини можуть викликати патологічні зміни певних органів, наприклад, нирок, печінки. До таких речовин належать такі сполуки, як чадний газ, селітра, концентровані розчини кислот чи лугів тощо.

За фізіологічним впливом на організм людини всі шкідливі речовини поділяються на такі групи:

- подразнюючі – уражають шляхи дихання, очі, шкіру, слизові оболонки;
- задушливі – викликають токсичний набряк легень та дихальних шляхів;
- наркотичні – спричиняють наркотичний вплив і впливають на центральну нервову систему;

канцерогенні речовини – що впливають, як правило, на виникнення злоякісних новоутворень.

Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем. Джерелами теплоти повітря у виробничих приміщеннях є: технологічне устаткування, яке має високі температури нагріву (плавильні, сушильні печі, котли, паропроводи та ін.); нагріті до високих температур деталі й розплавлені матеріали, наприклад метал, скло; теплова енергія, яка виділяється рухомими механізмами.

Відомо, що надлишкова вологість повітря негативно впливає на механізм терморегуляції організму. Особливо шкідливою є вологість повітря, яка перевищує 70 – 75 % за температури 30 °С і більше. Фізична робота в умовах підвищеної температури призводить до прискорення серцебиття, зниження артеріального тиску. За низької температури може статися переохолодження організму, що спричинить простудне захворювання. Згідно з результатами досліджень людина є працездатною і нормально себе почуває, якщо температура навколишнього повітря не виходить за межі 18 – 20 °С, відносна вологість – 40 – 60 %, швидкість руху повітря – 0,1 – 0,2 м/с. Висока температура послаблює організм, викликає млявість, а низька – сковує рухи, що при обслуговуванні машин спричиняє підвищену небезпеку травмування. За високої температури та вологості може статися перегрів тіла та тепловий тепловий удар, який може бути викликаний також інфрачервоним випромінюванням.

Несприятливі суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум з інтенсивністю 75 – 85 дБ. У робітників, які мають справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і

глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перетомі, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху. Крім того шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ – порушується слуг, до 120 дБ – виникає нестерпний фізичний біль. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10 – 15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення.

Окрема група факторів, що впливає на здоров'я персоналу є важкість праці (навантаження на центральну нервову систему, органи чуття, емоційну сферу – інтелектуальне, емоційне навантаження, ступінь монотонності навантаження).

### **4.3 Естетика при оформленні освітлення**

Зоровий аналізатор людини (очі) сприймає електромагнітні випромінювання в діапазоні довжин хвиль 0,38 – 0,76 мкм як видиме світло. Кванти світла, володіючи великою енергією, впливають на структуру і метаболізм клітин і тканин живих організмів: стимулюють дихання, кровообіг, діяльність залоз внутрішньої секреції і процеси росту, синтез вітаміну D і деяких гормонів (серотоніну – «гормону радості»), засвоєння кальцію, фосфору та інших мінеральних елементів. Найбільша чутливість зору проявляється в жовто-зеленій частині спектру (0,55 – 0,58 мкм); довгі червоні

промені (0,76 мкм) збуджують нервову систему; більш короткі сині, зелені промені діють заспокійливо. Достатнє освітлення забезпечує безпеку, високу якість і продуктивність праці, яка зростає на 15 – 18%.

Штучне освітлення в приміщеннях виконує утилітарну й естетичну функції. Утилітарна функція визначається гігієнічними нормами, що забезпечують нормальну зорову працездатність людини. Естетична функція визначається архітектурно-художніми вимогами. Штучне освітлення виявляє і підкреслює внутрішній простір і тектонічну систему, масштабність інтер'єру, забезпечує єдність стилістичного вирішення за допомогою форм світильників і їхнього світлорозподілу.

Рівень освітленості приміщення визначає його комфортність, що залежить від обраного прийому освітлення.

Сучасні принципи пристроїв штучного освітлення залежать від об'ємно-просторового вирішення приміщення і його функцій. Функції приміщення впливають на вибір прийому освітлення, що визначає види джерел світла і світильників, їхній світлорозподіл і місце розташування, декоративність і систему освітлення.

Виконуючи утилітарне призначення, штучне освітлення бере участь одночасно в загальній композиції інтер'єру. Освітлення впливає на зорову оцінку інтер'єру – сприйняття його просторового і планового вирішення.

Вирішальне значення для художньої і психологічної оцінки штучного освітлення мають такі фактори: насиченість приміщення світлом, яскравість поверхні та її розподіл.

Різні варіанти насиченості світлом і розподілу яскравостей надають приміщенню індивідуальний характер, завдяки чому той самий інтер'єр може сприйматися при різних системах освітлення по-різному.

Крім власне освітлення, світло може виконувати також композиційні завдання. За допомогою освітлення можна зонувати приміщення. Це може бути досягнуто різним шляхом. Наприклад, для цієї мети може бути використана комбінована система освітлення. Тут загальне освітлення

здійснюється вбудованими крапковими світильниками, місцеве – підвісними світильниками.

Найбільш виправданим з художньої точки зору є одночасне використання для створення зорової ілюзії світла і кольору.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу об'єкта проектування та вимог, котрі висуваються до систем освітлення промислових об'єктів визначено мету та завдання кваліфікаційної роботи. На основі вимог, що наводяться в нормативних документах здійснено вибір нормованих характеристик систем освітлення приміщень технологічної будівлі, а також зовнішнього освітлення. Встановлено, що у приміщеннях, де розміщується технологічне рекомендується використання системи загального робочого рівномірного освітлення, причому нормоване значення горизонтальної освітленості становить 150 лк. Горизонтальна освітленість на рівні підлоги від системи аварійного освітлення зон підвищеної небезпеки повинна становити 15 лк. Для системи зовнішнього освітлення нормоване значення освітленості території на рівні землі становить 20 лк, а на рівні 5 м над землею, тобто на поверхні очисних споруд та на ходових майданчиках – 50 лк.

2. В якості світлових приладів вибрано напівпровідникові світильники, зокрема для освітлення робочих приміщень технологічної будівлі – світильники типу ДСП65В, а для зовнішнього освітлення – світильники типів ДКУ41У, ДСП13 та ДББ26У Селена-LED виробництва ТОВ «ОСП Корпорація «ВАТРА».

3. На основі результатів, отриманих шляхом світлотехнічного розрахунку за допомогою методу коефіцієнта використання, підібрано кількість та потужність світлових приладів системи робочого освітлення, необхідної для забезпечення нормованих значень горизонтальної освітленості на робочих поверхнях приміщень технологічної будівлі. В програмному пакеті DIALux проведено обернений світлотехнічний розрахунок із врахуванням затінь, котрі можуть створюватись від обладнання, розміщеного в приміщеннях. На підставі результатів розрахунку здійснено коригування кількості світлових приладів. Встановлено, що сумарна потужність світлових приладів системи загального робочого освітлення приміщень технологічної будівлі становить 0,66 кВт. Запропоновано систему аварійного освітлення приміщень технологічної будівлі. Шляхом світлотехнічного розрахунку встановлено, що для забезпечення нормованих значень освітленості

системи освітлення небезпечних зон для приміщень, в котрих знаходиться технологічне обладнання необхідно використати 20 світлодіодних світильників зі світловим потоком 835 лм. Потужність системи аварійного освітлення зон підвищеної небезпеки становить 0,16 кВт.

4. Створено тривимірну модель території каналізаційно-очисних споруд, для якої підібрано світлові прилади для зовнішнього освітлення та розраховано значення освітленостей горизонтальних площин. Встановлено, що для забезпечення необхідних значень освітленості на розрахункових площинах необхідно використати 16 вуличних світлодіодних світильників типу ДКУ41У-50-001, 8 промислових світильників типу ДСП11-13-411 та 5 світильників типу ДББ26У-20-106 У1 Селена-LED. Сумарна потужність установки зовнішнього освітлення становить 1 кВт.

5. В якості системи живлення вибрано систему від двох вводів, котрі живляться від взаємозалежних джерел електроенергії. Передбачено, що щитки робочого освітлення приміщень технологічної будівлі та зовнішнього освітлення живляться окремими лініями розподільчої мережі робочого освітлення від вводу 1, а щиток аварійного освітлення приміщень – від вводу 2. В якості кабелів електричної освітлювальної мережі для систем освітлення приміщень технологічної будівлі вибрано кабель типу ВВГнг, а для зовнішнього освітлення – кабель ВББШв. Для групових ліній, а також ділянок електричної освітлювальної мережі, котрі живлять щити освітлення та світлові прилади, розміщені на опорах на основі результатів розрахунків вибрано кабелі із площею поперечного перерізу жил 1,5 мм<sup>2</sup>.

6. На основі результатів розрахунку робочих струмів навантаження здійснено вибір апаратів захисту ділянок електричної освітлювальної мережі із врахуванням вимог щодо запобігання хибного спрацювання апаратів внаслідок дії пускових струмів. Розрахунками встановлено, що для запропонованої електричної освітлювальної мережі максимальний спад напруги становить 0,91 %.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп.: ил. Москва: Знак, 2006. 972 с.
2. Костик Л. М. Конспект лекцій з курсу «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2015. 132 с.
3. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5 – 28 – 2006; чинний від 2019-03-01]. Київ: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
4. Осадца Я.М. Курс лекцій з дисципліни “Світлотехнічні установки та системи” для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопіль: ТНТУ, 2020. 58 с.
5. Тищенко Г.А. Осветительные установки.: Учебник для учащихся техникумов специальности "Электроосветительные приборы и установки". Москва: Высшая школа, 1984. 247 с. ил.
6. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування [Чинний від 2014-05-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 223 с.
7. 10 Advantages Of LED Lighting URL: <https://www.sitelogiq.com/blog/10-advantages-led-lighting/> (дата звернення: 15.06.2022).
8. Никифоров С. Исследования параметров светодиодов CREE XLamp XP-E/XP-G/XM-L URL: [http://beriled.biz/show\\_articles\\_1.html/](http://beriled.biz/show_articles_1.html/) (дата звернення: 15.06.2022).
9. Сорокін В.М. Світлодіодному освітленню – зелене світло. Вісн. НАН України. 2014. № 5. С. 81-84.
10. ДСП65В. URL: [http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DSP65V.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP65V.pdf) (дата звернення: 10.06.2022).
11. ДПП06У (АВАРІЙНИЙ). URL: [http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DPP06U\\_.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP06U_.pdf) (дата звернення: 10.06.2022).

12. Світильники серії ДСП 65В. Паспорт АФКА.676316.004 ПС. Тернопіль: ТОВ «ВКП «ВАТРА». 11 с.

13. ДББ26У Селена-LED. URL: [http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DBB26U\(SELENA-LED\)-LBB26U\(SELENA-KLL\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBB26U(SELENA-LED)-LBB26U(SELENA-KLL).pdf) (дата звернення: 10.06.2022).

14. ДСП11 (модель А). URL: [http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DSP11\\_\(A\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DSP11_(A).pdf) (дата звернення: 10.06.2022).

15. ДКУ41У. URL: [http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/street/VATRA-UKR\\_DKU41U.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/street/VATRA-UKR_DKU41U.pdf) (дата звернення: 10.06.2022).

16. Правила улаштування електроустановок. Київ: Мінрегіонвугілля України, 2017. 617 с.

17. Автоматичні вимикачі серії УКРЕМ ВА-2017 URL: [https://www.acko.ua/e-store/xml\\_catalog/avtomatichni\\_vimikachi\\_serii\\_ukrem\\_va\\_2017/](https://www.acko.ua/e-store/xml_catalog/avtomatichni_vimikachi_serii_ukrem_va_2017/) (дата звернення: 18.06.2022).

18. Говоров П.П., Пилипчук Р.В. Освітлення промислових об'єктів. Навчальний посібник для студентів вищих закладів освіти / П.П. Говоров, Р.В. Пилипчук, А.І. Токмань, В.В. Щиренко, Р.Ю. Яремчук — Тернопіль: Джура, 2008. - 388., арк. іл.