

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка проекту освітлення та електропостачання швейної  
майстерні

Виконав(ла): студент(ка) VI курсу, групи ЕЕмз-61  
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Черчик Д.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Осадца Я.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

Черчик Д.І. Розробка проекту освітлення та електропостачання швейної майстерні. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз-61. – Тернопіль: ТНТУ, 2021.

В роботі запропоновано проект електропостачання та освітлення приміщень швейної майстерні, з номінальною потужністю електрообладнання 36,98 кВт.

Робота складається із розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг розрахунково-пояснювальної записки – 67 аркушів формату А4. Обсяг графічної частини – 6 аркушів формату А1.

Ключові слова: освітленість, сила світла, світловий потік, робочий струм, світлова віддача.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>7</b>
<b>1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>9</b>
1.1 Специфіка освітлення об'єктів швейного виробництва	9
1.2 Системи освітлення приміщень швейного виробництва	12
1.3 Основні відомості про об'єкт проектування	14
1.4 Висновки до розділу	16
<b>2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>18</b>
2.1 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень швейної майстерні з допомогою методу коефіцієнта використання	18
2.2 Моделювання освітлювальних установок приміщень швейної майстерні	25
2.3 Висновки до розділу	34
<b>3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>35</b>
1 Визначення розрахункових навантажень швейної майстерні	35
3.2 Вибір схеми живлення електроустановок швейної майстерні	36
3.3 Вибір перерізу проводів електричної розподільчої мережі швейної майстерні	38
3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі швейної майстерні	44
3.5 Вибір апаратів захисту групових ліній, котрі живлять силове обладнання	50
3.6 Вибір апаратів захисту електричної освітлювальної мережі швейної майстерні	52
3.7. Висновки до розділу	56
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	<b>58</b>
4.1 Аналіз особливостей випромінювання оптичного діапазону	58

4.2. Аналіз технічних заходів щодо попередження електротравм	60
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	<b>63</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<b>65</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Одним із найважливіших завдань створення систем електропостачання промислових підприємств є забезпечення живлення електроенергією промислових споживачів електричної енергії. Вимоги до систем електропостачання промислових підприємств полягають у їх простоті, економічності та можливості встановлення нового обладнання. Крім того системи електропостачання повинні забезпечувати безперервність роботи одних електроспоживачів при виході із ладу, заміні чи ремонті інших.

Однією із найбільш затребуваних галузей промислового комплексу є швейна промисловість, основною задачею якої є виготовлення одягу як для населення, так і для виробничих підприємств. Крім того головним завданням об'єктів цієї галузі є задоволення зростаючої потреби населення в одязі високої якості та великої різноманітного асортименту. Саме тому до систем електропостачання об'єктів цієї галузі висуваються вимоги, котрі пов'язані із перебіжністю роботи, безпекою та енергоощадністю електричного устаткування, котрому виділяється безпосередня чи опосередкована участь в технологічних процесах виробництва.

При проектуванні систем електропостачання об'єктів швейного виробництва велика увага приділяється задачам, пов'язаним зі створенням систем, котрі б забезпечували якісне та енергоефективне освітлення. Саме від якості освітлення на об'єктах цієї галузі залежить кількість та якість випущеної продукції, відсутність браку, своєчасне виконання замовлень. Тому до якісних характеристик систем освітлення швейних цехів та майстерень висуваються особливі вимоги, пов'язані із забезпеченням необхідних рівнів освітленості на робочих поверхнях, можливості розрізнення кольорів, комфорту світлотехнічного середовища.

Тому **актуальною** є задача, пов'язана із проектуванням систем електропостачання об'єктів швейної промисловості та розробкою їх систем освітлення.

**Мета роботи:** розробка системи освітлення приміщень швейної майстерні,

а також проектування системи електропостачання основного виробничого та допоміжного електрообладнання.

Для досягнення мети в роботі були поставлені і вирішені наступні завдання:

- світлотехнічний розрахунок та моделювання систем робочого та аварійного освітлення виробничих, адміністративних та допоміжних приміщень швейної майстерні;

- розробка та проектування електричної мережі системи живлення силових споживачів, а також освітлювальних установок;

- електротехнічний розрахунок розподільчої та електричної освітлювальної мереж;

- вибір апаратів захисту групових ліній, котрими живляться силові споживачів, а також освітлювальні прилади .

**Об’єкт дослідження:** процеси , пов’язані з проектуванням систем освітлення та електропостачання об’єктів швейної промисловості.

**Предмет дослідження:** напівпровідникові світлові прилади та їх застосування в системах освітлення об’єктів швейного виробництва.

**Наукова новизна:** набула подальшого розвитку модель розрахунку коефіцієнта корисної дії приміщень на основі апроксимації його залежностей від індексів приміщень та кривих сили світла світлових приладів.

**Практична цінність:** Розроблено проект системи освітлення приміщень швейної майстерні, а також системи електропостачання силових споживачів основного та допоміжного електрообладнання.

**Апробація результатів роботи.** Результати, отримані під час написання роботи, представлено на X Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (24 – 25 листопада 2021 р., Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя) [19].

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Специфіка освітлення об'єктів швейного виробництва

На таких промислових об'єктах, як швейні цехи чи швейні майстерні метою нормування освітлення є:

- створення оптимальних умов освітлення, котрі не створюють втоми зорового апарату працюючих;
- забезпечення безпеки життя та здоров'я людей, які працюють з різними видами машин;
- створення умов для забезпечення виробництва якісної продукції, причому якість визначається мінімальним рівнем допущеного браку.

Це пояснюється тим, що у швейних цехах та майстернях може бути велика різноманітність виробничого устаткування, на якому виконуються різні види роботи: підшивання, просрочування, встановлення фурнітури. Негативними наслідками недостатнього рівня або неякісного освітлення на такому виробництві можуть бути отримані травми. Тому світлові прилади, які застосовуються в системах освітлення швейних виробництв повинні забезпечувати такі кількісні та якісні показники освітленості, щоб повністю освітлювати області устаткування із виключенням можливості формування затемнених ділянок простору.

До специфічних умов освітлення цього типу виробничих приміщень відносяться такі фактори:

- високе зорове навантаження на працюючих, котрі перебувають за машинами;
- висока точність робіт, що виконуються;
- потреба у добре розвиненій моториці;
- наявність у робочому процесі різноманітних деталей малих розмірів, які пришиваються у потрібних місцях.



Всі ці фактори є основною причиною високої стомлюваності зорового апарату. Причому важливу роль у процесі стомлювання відіграє саме освітлення, тобто це джерела світла та світлові прилади, які використовуються в приміщенні. Для зниження навантаження на зоровий апарат працівників швейного виробництва, розробляються спеціальні норми саме для швейного виробництва. Крім того, варто зазначити, що цехах швейного виробництва є підвищені вимоги до рівня освітленості. Причиною цього є види робіт із дрібними предметами). Тому тут необхідним є застосуванням багаторівневої системи освітлення.

Для об'єктів швейної промисловості характерною є наявність різноманітних зорових задач та ступенів відповідальності, коли виконуються навіть однакові по принципу технологічні операції.

На даний момент існує велика кількість швейних виробництв, основними видами діяльності котрих є в основному пошиття продукції, вимоги до якості якої суттєво нижчі, в порівнянні із вимогами до верхнього чи парадного одягу. Прикладами такої продукції можуть бути комплекти постільної білизни, спецодягу або інших виробів.

Основною особливістю зорової роботи в розкрійних цехах є те, що частка часу візуального контролю становить понад 75 %. В таких цехах широкого впровадження набули швейні машини напівавтоматичної дії, на яких може виконуватись не тільки ручний, але й машинний контроль якості операцій. Для цього застосовуються швидкохідні швейні машини, кількість виконання стібків яких становить від 5000 за хвилину.

При ручному виконанні швейних операцій в деяких випадках швей-мотористка здатна виконувати до шести операцій в обмежений час. Такі ручні операції є пов'язані із високим напруженням зорового апарату, і можуть займати займають до 35 % робочого часу, а операції, пов'язані із контролем якості виготовленої продукції – до 14 %. Крім того на стомлення зорового апарату впливає монотонність праці, котра визначається числм технологічно неподільних операцій, котрі об'єднані в одну організаційну. Таке число у 60 %

випадків не перевищує трьох, а тривалість виконання однієї операції може коливатися в межах від 10 до 150 с, а число повторень досягає 180 і вище за одну годину [1].

Операції контролю якості виготовлених виробів повинні здійснюватись між усіма технологічними переходами. На промірювально-бракувальних машинах контролер здійснює перевірку в об'ємі до 5000 м тканини за зміну. Крім того мають бути забезпечені умови освітлення для розрізнення кольору, що вимагає використання джерел світла із високими індексами кольоропередачі. За показниками точності зорової роботи й кількісними критеріями, робота в розкрійних і швейних цехах швейних фабрик належить до категорії напруженої. Вимоги до освітлення пошивних цехів приведено в табл. 1.1 [1, 2].

Таблиця 1.1 — Норми щодо освітленості цехів швейного виробництва

Швейні цехи по пошиттю верхнього одягу, жіночого плаття, чоловічих костюмів, чоловічих сорочок і інших виробів з темних тканин	Г – 0,8 м від підлоги	750	-	-	20	20
Швейні машини, що стачують, обметують Швейні машини напівавтоматичної дії для пришивання гудзиків, обметування петель, виготовлення закріпок, виконання рядків складної конфігурації, обточування деталей одягу	Г – тканина в зоні голки в радіусі 10 см Г – тканина в зоні голки в радіусі 10 см	750 500	2000 2000	400 300*	20/10 20/10	
Швейні цехи по пошиттю одягу, жіночої й постільної білизни зі світлих тканин	Г – 0,8 м від підлоги	500	-	-	20	20
Швейні машини	Г – тканина в зоні голки в радіусі 10 см	500	2000	300*	20/10	
Швейні цехи по пошиттю товарів широкого вжитку з темних тканин	Г – 0,8 м від підлоги	500	-	-	20	40
Швейні цехи по пошиттю товарів широкого вжитку зі світлих тканин	Г – 0,8 м від підлоги	300	-	-	20	40
Швейні машини	Г – тканина в зоні голки в радіусі 10 см	300	1000	200	20/15	40
Швейні цехи по пошиттю виробів, що не мають підвищених вимог до зовнішнього вигляду (тари,	Г – 0,8 м від підлоги	200	-	-	20	40

## 1.2 Системи освітлення приміщень швейного виробництва

Системи освітлення приміщень швейного виробництва, як і виробничих приміщень інших галузей по своїй природі поділяються на системи природнього і штучного освітлення.

Системи природнього освітлення на швейному виробництві зустрічаються в дуже рідкісних випадках, оскільки не завжди можливим є створення рівнів освітленості на робочих поверхнях, котрі б задовільняли виробничим та нормативним вимогам.

Значно частіше зустрічаються системи штучного освітлення, котрі за своїми видами поділяються на системи загального та системи комбінованого освітлення.

Системи загального освітлення в свою чергу поділяються на системи загального рівномірного та системи локалізованого освітлення. При системах загального рівномірного освітлення (рис. 1.1) світлові прилади розташовують у верхніх зонах приміщень, причому відстані між світловими приладами та їх рядами є незмінними.



Рисунок 1.1 – Система загального рівномірного освітлення робочих місць швейного виробництва

Системи загального локалізованого освітлення (рис. 1.2) використовуються в тих випадках, коли необхідно на окремих створити на робочих місцях вищі рівні освітленості в порівнянні із освітленістю інших

робочих поверхонь. Для даної системи притаманним є розташування світлових приладів відносно технологічного обладнання.



Рисунок 1.2 – Система загального локалізованого освітлення робочих місць швейного цеху

Система комбінованого освітлення (рис. 1.3) складається із світильників локалізованого освітлення, основним призначенням яких є створення освітленості на робочих місцях та світильників загального освітлення – для освітлення проходів між робочими місцями [3].



Рисунок 1.3 – Система комбінованого освітлення цеху пошиття одягу

Вибір конкретної системи освітлення залежить від:

розмірів цеху;

розряду та виду зорової роботи, котра буде виконуватись в приміщенні;

розмірів деталей, котрі застосовуються в роботі;  
кількості обладнання, відносно котрого потрібно створювати додаткове підсвічування.

### 1.3 Основні відомості про об'єкт проектування

Об'єктом проектування в даній роботі є швейна майстерня, інформацію щодо обладнання, котре використовується в ній, а також його номінальної  $P_n$  та встановленої  $P_{сум}$  потужностей, коефіцієнтів використання  $K_u$  та активної потужності  $\cos\varphi$  приведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Обладнання швейної майстерні

№	Назва електричного споживача	К-сть	$P_n$ , кВт	$P_{сум}$ , кВт	$K_u$	$\cos\varphi$	$tg\varphi$
1	Відпарювальний стіл	2	0,80	1,60	0,5	1,00	0,00
2	Відпарювальний стіл	1	0,40	0,40	0,5	1,00	0,00
3	В'язальна машина	4	0,40	1,60	0,3	0,85	0,62
4	В'язальна машина	1	2,40	2,40	0,3	0,85	0,62
5	В'язальна машина	1	2,80	2,80	0,3	0,85	0,62
6	Стачувальна машина	18	0,40	7,20	0,3	0,85	0,62
7	Стачувальна машина	1	0,55	0,55	0,3	0,85	0,62
8	Стачувальна машина	1	0,80	0,80	0,3	0,85	0,62
9	Кетельна машина	5	1,20	6,00	0,3	0,85	0,62
10	Гладильний стіл	2	0,80	1,60	0,3	0,85	0,62
11	Швейна машина	3	0,38	1,14	0,6	0,85	0,62
12	Піч НВЧ	1	1,00	1,00	0,2	0,92	0,43
13	Холодильник	1	1,00	1,00	0,8	0,83	0,67
14	Чайник	1	1,00	1,00	0,3	0,99	0,14
15	Порохотяг	2	0,40	0,80	0,1	0,85	0,62
16	Комп'ютери	10	0,30	3,00	0,3	0,70	1,02
17	Освітлення*			3,71	0,9	0,95	0,33
	ВСЬОГО			36,60			

\*Примітка. Розрахунок потужності систем освітлення виконано в наступному розділі.

Як видно із табл. 1.2 споживачами електричної енергії в швейній

майстерні є:

технологічне обладнання (позиції 1 – 10), сумарна потужність споживачів становить 26,09 кВт;

допоміжне обладнання (позиції 11 – 16), сумарна потужність якого становить 6,8 кВт;

освітлення (позиція 17).

По надійності електропостачання всі споживачі електричної енергії поділяються на три категорії [4]:

I – споживачі, перерви в електропостачанні котрих може призвести до небезпеки для життя людей, пошкодження високовартісного обладнання або масового браку;

II – споживачі, перерви в електропостачанні яких може призводити до масового недовипуску продукції, простоїв роботи працівників, устаткування та транспорту, а також до порушення нормальної діяльності значної кількості жителів міської та сільської місцевостей;

III — решта електричних приймачів, котрі не відносяться до I та II категорій.

По надійності електропостачання технологічне та допоміжне обладнання відноситься до III категорії.

Відповідно до Правил улаштування електроустановок приміщення швейної майстерні відноситься до класу пожежонебезпеки II-III. Приміщення майстерні не відносяться до класу вибухонебезпечних приміщень, оскільки в ньому відсутні суміші горючих газів або парів легкозаймистих рідин.

Освітлення робочих поверхонь об'єкта проектування потрібно забезпечити для приміщень, інформацію щодо яких подано в табл. 1.3.

Як видно із табл. 1.3 всі приміщення по призначенню можна умовно розділити на три групи:

основні виробничі приміщення (№ на плані 5 та 6), сумарна площа яких становить 278,4 м<sup>2</sup>;

адміністративні приміщення (№ на плані 7 та 8), сумарна площа яких становить 101,0 м<sup>2</sup>;

інші допоміжні приміщення (№ на плані 1 – 4), сумарна площа яких становить 40,0 м<sup>2</sup>.

Таблиця 1.3 – Приміщення швейної майстерні

№ на плані	Призначення	Площа, м <sup>2</sup>
1	Тамбур	8,3
2	Напівпідвал	8,3
3	Сходишковий марш	18,6
4	Коридор	4,8
5	Майстерня	135,7
6	Майстерня	142,7
7	Бухгалтерія	50,5
8	Адміністративне приміщення	45,7

Діаграму площ приміщень швейної майстерні приведено на рис. 1.4.

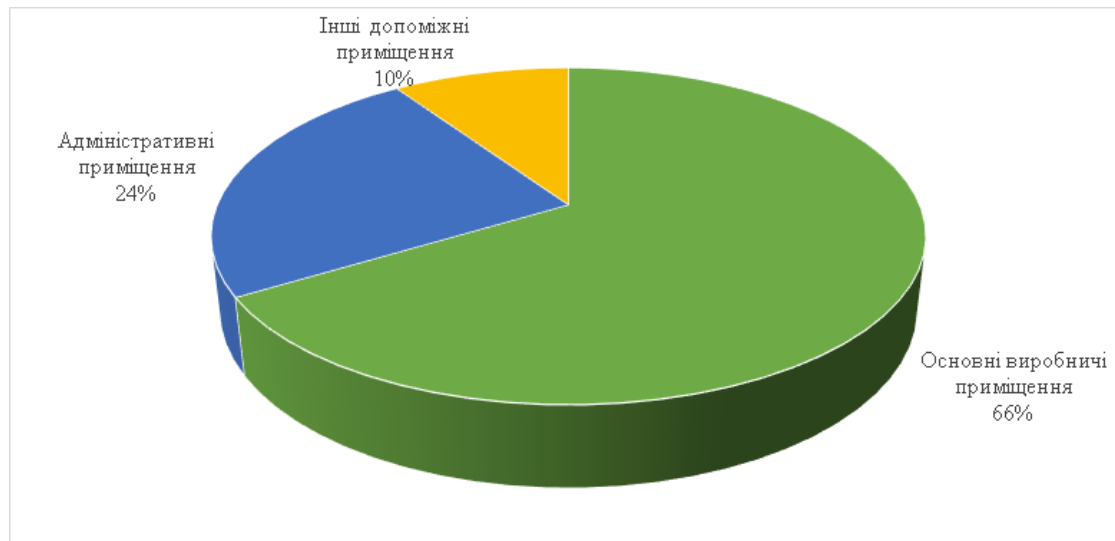


Рисунок 1.4 – Діаграма площ приміщень швейної майстерні

#### 1.4 Висновки до розділу

1. Проведено аналіз вимог щодо освітлення приміщень, в яких здійснюється швейне виробництво. Встановлено, що основною вимогою щодо

освітлення швейних цехів є забезпечення умов для виконання зорових робіт високої точності. Проаналізовано системи освітлення швейних цехів та майстерень та основні фактори, від котрих залежить вибір конкретної системи.

2. Розглянено споживачів електричної енергії у швейній майстерні, котрих можна умовно розділити на три групи: основне технологічне обладнання, допоміжне обладнання та освітлення. Встановлено, що споживачі цих груп відносяться до третьої категорії за надійністю електропостачання.

3. Встановлено, що приміщення швейної майстерні можна розділити на три групи: основні приміщення, адміністративні приміщення та інші допоміжні приміщення.



## 2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Світлотехнічний розрахунок системи освітлення приміщень швейної майстерні з допомогою методу коефіцієнта використання

Для систем освітлення приміщень швейної майстерні розрахуємо кількість світлових приладів для забезпечення рівнів нормованої освітленості на робочих поверхнях. Для цього скористаємось методом коефіцієнта використання світлового потоку. Основна формула для розрахунку освітленості  $E$  [3, 7 – 9]:

$$E = \frac{N\Phi U}{Szk}, \quad (2.1)$$

де  $N$  – кількість світлових приладів із світловим потоком кожного  $\Phi$ , котрі використовуються для освітлення приміщення;

$U$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$S$  – площа розрахункового приміщення;

$z$  – коефіцієнт мінімальної освітленості.

$k$  – коефіцієнт запасу.

$$U = \eta_{СП} \cdot \eta_{П}, \quad (2.2)$$

де  $\eta_{СП}$  – оптичний коефіцієнт корисної дії світлового приладу;

$\eta_{П}$  – коефіцієнт корисної дії приміщення.

З формули (2.1) виразимо світловий потік усіх світильників, які потрібно використати для забезпечення в приміщенні нормованої освітленості:

$$\Phi_{\Sigma} = \Phi N = \frac{ESzk}{U}. \quad (2.3)$$

За формулою 2.3 розрахуємо необхідний сумарний світловий потік, котрі повинні випромінювати світлові прилади для освітлення конкретного

приміщення. Визначимо вихідні дані для розрахунків:

1) Згідно із Державними будівельними нормами [2] вибираємо значення нормованої освітленості та поверхні, на яких цей рівень повинен бути забезпеченим. Приймаємо, що нормована освітленість 750 лк повинна забезпечуватись в основних приміщеннях на умовно-робочій поверхні. Нормована освітленість адміністративних приміщень становить 300 лк на висоті 0,8 м над підлогою. Для коридорів та сходових маршів, а також для тамбуру та напівпідвалу нормована освітленість на рівні підлоги освітленість становить 75 та 50 лк відповідно.

2) Оскільки приміщення майстерні мають відносно невелику висоту (3,6 м), а вимагається влаштовувати світильники на висоту 3,0 м, то в якості світлових приладів для усіх приміщень виберемо світлодіодні світильники з кривою сили світла типу Д. Врахуємо те, що для напівпровідникових світлових приладів задається саме світловий потік світильника, а отже саме на нього ведеться і розрахунок. Звідси можна стверджувати, що  $\eta_{СП} = 1$  і  $U = \eta_{П}$ , котрий можна визначити із графічної залежності, побудованої на основі даних, наведених в [10], зображеної на рис. 2.1.

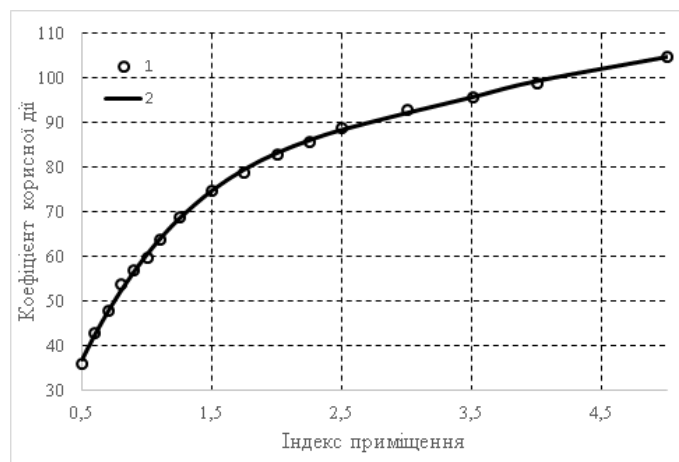


Рисунок 2.1 – Залежності  $\eta_{П} = f(i)$ :

1 – табличні значення; 2 – апроксимація функцією

$$\eta_{П} = -0,5002 \cdot i^4 + 7,0025 \cdot i^3 - 36,406 \cdot i^2 + 90,449 \cdot i + 0,0979 \text{ з коефіцієнтом}$$

$$\text{детермінації } R^2 = 0,989$$

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку коефіцієнтів використання світлового потоку приміщень швейної майстерні при використанні в них світлових приладів із кривою сили світла типу Д

№	Призначення приміщення	Довжина, м	Ширина, м	$h_p$ , м	Індекс приміщення	U, %
1	Гамбур	2,6	3,2	2,9	0,49	38,73
2	Напівпідвал	2,6	3,2	2,9	0,49	38,73
3	Сходинковий марш	5,8	3,2	2,9	0,71	51,24
4	Коридор	2,5	1,9	2,9	0,37	30,56
5	Майстерня	23,4	5,8	2,1	2,21	94,72
6	Майстерня	23,4	6,1	2,1	2,30	96,01
7	Бухгалтерія	5,8	8,7	2,1	1,66	84,73
8	Адмін. приміщення	5,8	8,7	2,1	1,66	80,99

3) Коефіцієнт запасу є оберненою величиною до коефіцієнта експлуатації  $MF$  (Maintenance Factor), методику розрахунку якого приведено в Державних будівельних нормах [2], згідно із якою

$$MF = LLMF \cdot LSF \cdot LMF \cdot RSMF, \quad (2.5)$$

де  $LLMF$  – коефіцієнт, котрий враховує зниження світлового потоку джерел світла в освітлювальному приладі;

$LSF$  – коефіцієнт, котрий враховує яка частка світильників від їх загальної кількості в приміщенні, що працюватимуть в даних;

$LMF$  – експлуатаційний коефіцієнт світильника даного типу;

$RSMF$  – коефіцієнт експлуатації поверхонь, котрі оточують простір приміщення, що освітлюється.

Коефіцієнти  $LLMF$  та  $LSF$  визначимо виходячи із таблиці В4 (стор. 61 [14]). Для кількості годин 50000 роботи джерел світла світлодіодних світильників вибираємо  $LLMF = 0,85$ ,  $LSF = 1$ .

Клас чистоти приміщень 7 та 8, згідно із даними таблиці В1, що на стор. 58 С, а для решти приміщень – N. Приблизний інтервал очищення світильників типу Е (світлові прилади зі ступенем пиловологозахисту IP5X та вище) для класів С

та  $N$  згідно із таблицею В2, стор.58 становить 3 роки.

Коефіцієнт експлуатації світильників для освітлення приміщень 7 та 8, згідно із таблицею В5, що на стор. 62, становить  $LMF = 0,92$ , а для решти приміщень –  $LMF = 0,90$ .

Згідно із таблицею В6 коефіцієнт експлуатації поверхонь для приміщень 7 та 8 становть  $RSMF = 0,94$ , а для решти приміщень –  $LMF = 0,84$ .

Підставляючи значення для  $LLMF$ ,  $LSF$ ,  $LMF$  та  $RSMF$  у формулу (2.5), отримаємо:

для приміщень 7 та 8:

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 0,94 = 0,73;$$

для решти приміщень

$$MF = 0,85 \cdot 1 \cdot 0,90 \cdot 0,84 = 0,64.$$

Звідси коефіцієнт запасу для приміщень 7 та 8

$$k = \frac{1}{0,73} = 1,36,$$

а для решти приміщень

$$k = \frac{1}{0,64} = 1,56.$$

Підставивши значення для коефіцієнтів використання, коефіцієнтів запасу, нормованої освітленості, площі приміщення та мінімальної освітленості у формулу (2.3) розраховуємо значення сумарного світлового потоку світильників  $\Phi_{\Sigma} = \Phi N$  у приміщеннях. Результати розрахунків приведено в табл. 2.2.

Для освітлення приміщень тамбуру, напівпідвалу та сходиноквих маршів використаємо світильник типу ДББ26У Селена-LED (рис. 2.2), технічні характеристики якого приведено в табл. 2.3 [5].

Зокрема для освітлення тамбуру та напівпідвалу використаємо по одному

світильнику потужністю 16 Вт, а для освітлення сходових маршів – два світильника потужністю по 20 Вт.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку

№	Призначення приміщення	$E$ , лк	$S$ , м <sup>2</sup>	$U$ , %	$k$	$\Phi_{\Sigma}$ , лм
1	Тамбур	50	8,32	38,73	1,56	1846
2	Напівпідвал	50	8,32	38,73	1,56	1846
3	Сходишковий марш	75	18,56	51,24	1,56	4669
4	Коридор	75	4,75	30,56	1,56	2003
5	Майстерня	750	135,72	94,72	1,56	184695
6	Майстерня	750	142,74	96,01	1,56	191654
7	Бухгалтерія	300	50,46	84,73	1,36	26727
8	Адмін. приміщення	300	45,71	80,99	1,36	27962

Різниця між розрахунковими значеннями розрахованого та прийнятого світлового потоку для приміщень тамбуру та напівпідвалу становить:

$$\Delta = \frac{2800 - 2520}{2800} \cdot 100\% = 10,0\%,$$

для сходишкового маршу:

$$\Delta = \frac{2240 - 1894}{2240} \cdot 100\% = 15,4\%,$$

що допустимо, оскільки різниця повинна становити в межах від -10 до +20 %.

Для освітлення решти приміщень виберемо світильники типу ДПП07В (рис. 2.3), технічні характеристики яких приведено в табл. 2.4 [6].

Для приміщень 4 – 8 розрахуємо кількості світлових приладів в залежності від їх потужностей та світлового потоку за формулою:

$$N = \frac{\Phi_{\Sigma}}{\Phi}. \quad (2.6)$$

Розрахункові значення кількості заокруглюємо до найближчого цілого

додатного числа. Результати розрахунку приведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики світильника ДББ26У Селена-LED



Рисунок 2.2 –  
Зображення  
світильника  
типу ДББ26У  
Селена-LED

Технічні характеристики	Тип світлового приладу		
	ДББ26У Селена-LED		
Потужність, Вт	12	16	20
Світловий потік, лм	1680	2240	2800
Світлова віддача, лм/Вт	140		
Тип КСС (кут розсіювання)	Д		
Корельована колірна температура, К	4000		
Коефіцієнт активної потужності	0,95		
Ступінь пиловологозахисту	IP65		
Клас електрозахисту	I		

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики світильника ДПП07В



Рисунок 2.3 –  
Зображення  
світильника ДПП07В

Потужність, Вт	20	30	40	50
Світловий потік, лм	2450	3635	4850	6050
Світлова віддача, лм/Вт	122,5	121,2	121,3	121
Тип КСС (кут розсіювання)	Д			
Корельована колірна температура, К	4000			
Коефіцієнт активної потужності	0,95			
Ступінь пиловологозахисту	IP65			
Клас електрозахисту	I			

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку кількості світлових приладів типу ДПП07В в залежності від їх потужності для приміщень швейної майстерні

№	Призначення приміщення	$\Phi_{\Sigma}$ , лм	Потужності світлових приладів Вт/ Світловий потік, лм			
			20/2450	30/3635	40/4850	50/6050
4	Коридор	1846	1	1	1	1
5	Майстерня	204243	75	51	38	31
6	Майстерня	211878	78	53	40	32
7	Бухгалтерія	29359	11	7	6	4
8	Адмін. приміщення	29359	11	8	6	4

Для подальшого аналізу розрахуємо потужності освітлювальних установок, як добутки кількості світлових приладів та їх потужності. Результати розрахунку показано в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку потужності освітлювальних установок приміщень швейної майстерні в залежності від потужності та кількості світлових приладів

№	Призначення приміщення	$\Phi_{\Sigma}$ , лм	Потужності світлових приладів Вт/ Світловий потік, лм			
			20/2450	30/3635	40/4850	50/6050
4	Коридор	1846	20	30	40	50
5	Майстерня	204243	1500	1530	1520	1550
6	Майстерня	211878	1560	1590	1600	1600
7	Бухгалтерія	29359	220	210	240	200
8	Адмін. приміщення	29359	220	240	240	200

За формулою (2.1) розрахуємо освітленість, яка буде створюватись на робочих поверхнях приміщень швейної майстерні такими освітлювальними установками, а також різницю у відсотках між розрахованими та нормованими значеннями освітленості за формулою:

$$\Delta E = \frac{E - E_H}{E_H} \cdot 100\%,$$

де  $E_H$  – нормоване значення освітленості.

Результати розрахунків приведено в табл. 2.7 та 2.8.

Як видно із табл. 2.6 для освітлення приміщення 4 найменша потужність освітлювальної установки буде при використанні світильників потужністю 20 Вт. При освітленні майстерень найнижча потужність освітлювальних установок буде при використанні світильників потужністю 20 Вт. Проте для цього потрібно використати 75 та 78 світильників відповідно для приміщень 5 та 6, що призводить до більшої вартості монтажу освітлювальної установки. Тому для освітлення цих приміщень використаємо світильники потужністю 40 Вт

Найнижчої потужності освітлювальних установок майстерень можна досягнути шляхом використання світильників з потужністю 40 Вт. Для освітлення приміщень 7 та 8 першопочатково виберемо світлові прилади з потужністю 30 Вт, враховуючи меншу кількість монтажу в порівнянні з освітлювальними установками зі світильниками 20 Вт, найнижчу потужність освітлювальних установок та допустиме відхилення розрахованих від нормованих значень освітленості.

Таблиця 2.7 – Результати розрахунку освітленості на робочих поверхнях приміщень,

№	Призначення приміщення	$E_H$ , лк	Потужності світлових приладів Вт/ Світловий потік, лм			
			20/2450	30/3635	40/4850	50/6050
4	Коридор	75	92	136	182	227
5	Майстерня	750	747	754	750	763
6	Майстерня	750	749	755	760	759
7	Бухгалтерія	300	303	286	327	272
8	Адмін. приміщення	300	289	312	312	260

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку різниць між розрахунковими та нормованими значеннями освітленості

№	Призначення приміщення	$E_H$ , лк	Потужності світлових приладів Вт/ Світловий потік, лм			
			20/2450	30/3635	40/4850	50/6050
4	Коридор	75	22,5	81,7	142,5	202,5
5	Майстерня	750	-0,4	0,5	-0,1	1,7
6	Майстерня	750	-0,1	0,7	1,4	1,2
7	Бухгалтерія	300	0,8	-4,8	8,9	-9,5
8	Адмін. приміщення	300	-3,6	4,0	4,1	-13,5

## 2.2 Моделювання освітлювальних установок приміщень швейної майстерні

При проектуванні освітлювальних установок необхідною є перевірка



результатів розрахунку за допомогою іншого методу. В джерелах [7 – 10] рекомендується точковий метод розрахунку, на основі якого освітленість  $E$  конкретної точки на робочій поверхні об'єкта розраховується на основі сили світла  $I_\alpha$  в напрямку до розрахункової точки, кута  $\alpha$  між напрямком сили світла та нормаллю поверхні в розрахунковій точці та відстані  $l$  між світловим приладом та розрахунковою точкою (рис. 2.4):

$$E = \frac{I_\alpha \cdot \cos \alpha}{l^2},$$

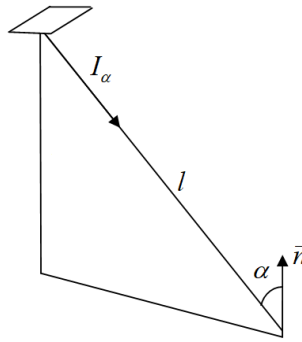


Рисунок 2.4 – Геометрична модель світлотехнічного розрахунку за допомогою точкового методу

Обмеженням цього методу є те, що в ньому не враховується відбита складова освітленості. Крім цього розрахунок здійснюється в залежності від габаритних розмірів світлових приладів та відстаней між ними та розрахунковими точками.

Тому для подальшого розрахунку пропонується використати спеціалізоване програмне забезпечення. На основі суб'єктивного оцінювання прикладних програм в десятибальній шкалі для світлотехнічного розрахунку (рис. 2.5), проведеного в [11], вибір програмного забезпечення зупинемо на програмному пакеті DIALux, враховуючи його простоту у використанні, а також доступність.

Алгоритми розрахунків цього програмного забезпечення базуються на основі одного із методів глобальних координат, а саме на методі

випромінюваності (Radiosity).

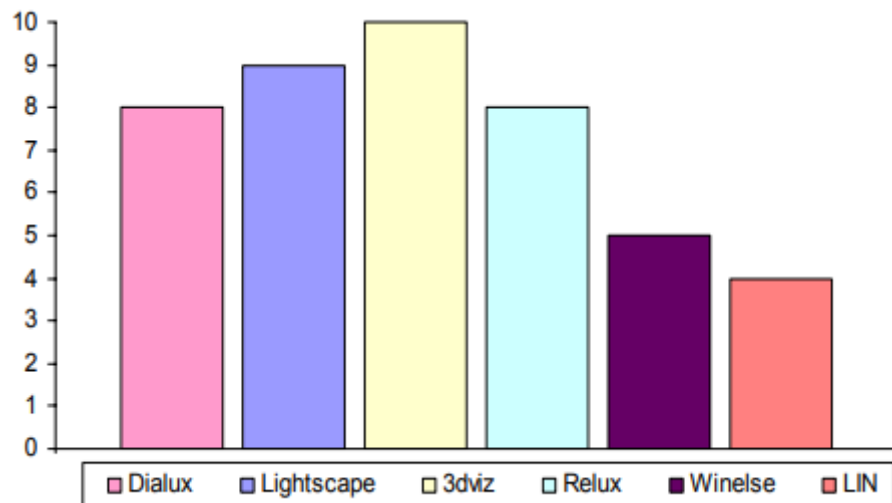


Рисунок 2.5 – Загальна оцінка світлотехнічних програм

Вихідними даними для розрахунку приміщень 5 та 6 є:

- розміри приміщень: 23,4 м×5,8 м (для приміщення 5), 6.1 м (для приміщення 6);
- коефіцієнт експлуатації – 0,64;
- коефіцієнти відбивання відповідно стелі, стін та підлоги становлять 70, 50, 30 %.

Враховуючи розташування обладнання для приміщень 5 та 6 приймаємо, що кількість рядів дорівнює 2. Розрахуємо освітленість на робочій поверхні приміщення 6 при повздовжньому та поперечному розміщенні світильників.

Графіки ліній однакової освітленості та значень освітленості приміщення 6 при повздовжній системі розміщення світильників показано відповідно на рис. 2.6 та 2.7.

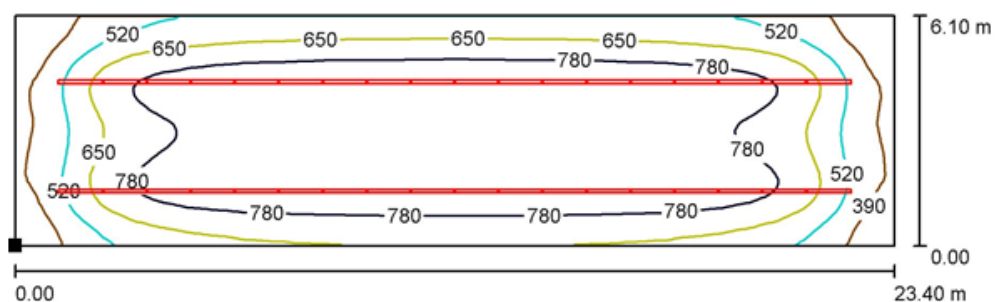


Рисунок 2.6 – Лінії однакової освітленості на робочій поверхні приміщення 6

при поздовжній системі розташування світильників

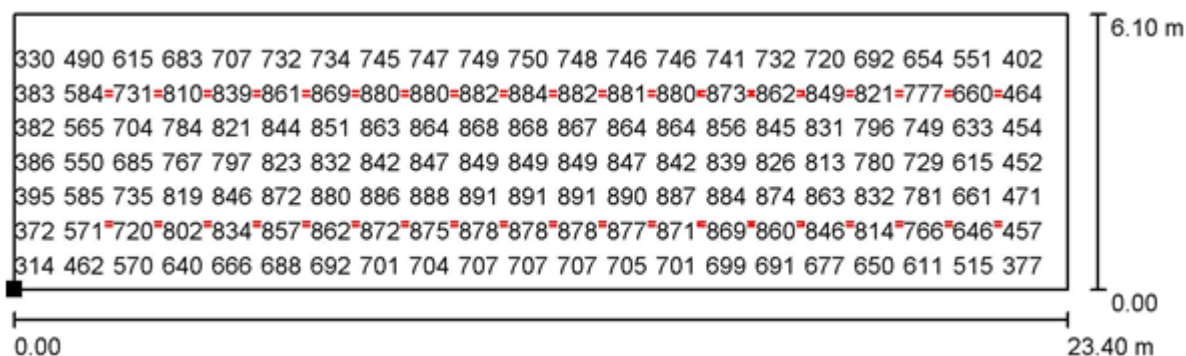


Рисунок 2.7 – Графік значень освітленості на робочій поверхні приміщення б при поздовжній системі розташування світильників

Результатами світлотехнічного розрахунку такої системи освітлення є:

Мінімальна освітленість – 282 лк;

Середня освітленість – 710 лк;

Максимальна освітленість – 907 лк;

Відношення мінімальної освітленості до середньої – 0,398;

Відношення мінімальної освітленості до максимальної – 0,311.

Графіки ліній однакової освітленості та значень освітленості приміщення б при поперечній системі розміщення світильників показано відповідно на рис. 2.8 та 2.9.

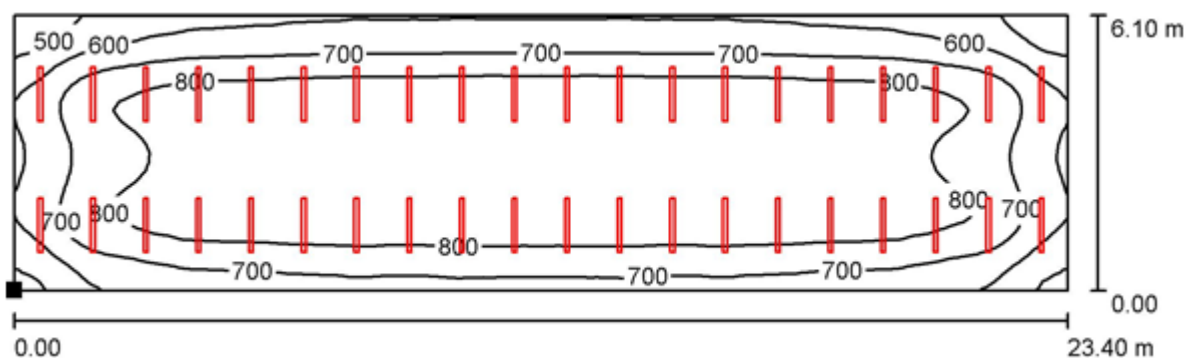


Рисунок 2.8 – Лінії однакової освітленості на робочій поверхні приміщення б при поперечній системі розташування світильників

Результатами світлотехнічного розрахунку такої системи освітлення є:

Мінімальна освітленість – 420 лк;

Середня освітленість – 756 лк;

Максимальна освітленість – 886 лк;

Відношення мінімальної освітленості до середньої – 0,556;

Відношення мінімальної освітленості до максимальної – 0,474.

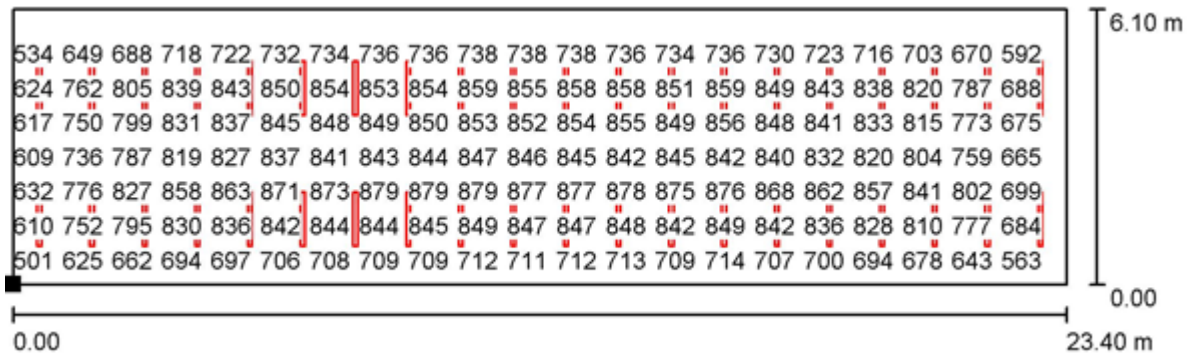


Рисунок 2.9 – Графік значень освітленості на робочій поверхні приміщення 6 при поперечній системі розташування світильників

Як видно із результатів розрахунку при обидвох системах розміщення світильників освітлювальні установки відповідають нормованим значенням, тобто середня освітленість відрізняється від нормованої в межах від -10 до +20 %. Проте по рівномірності освітлювальна установка з поперечною системою розміщення світильників має кращі параметри. Тому приймаємо саме її для цього приміщення і для приміщення 5.

Виконаємо розрахунок для аварійного евакуаційного освітлення приміщення 5, використавши при цьому 2 світильники ДББ26У Селена-LED. Графік значень освітленості приміщення 6 при системі аварійного евакуаційного освітлення показано на рис. 2.10. Результати розрахунку:

Мінімальна освітленість – 1,6 лк;

Середня освітленість – 12 лк;

Максимальна освітленість – 37 лк;

Відношення мінімальної освітленості до середньої – 0,100;

Відношення максимальної освітленості до мінімальної – 23,125.

Як видно із результатів розрахунку, освітлювальна установка відповідає нормативним вимогам як по мінімальній освітленості (нормоване значення не менше 1 лк), так і по відношенню максимальної освітленості до мінімальної (нормоване значення не більше 40).

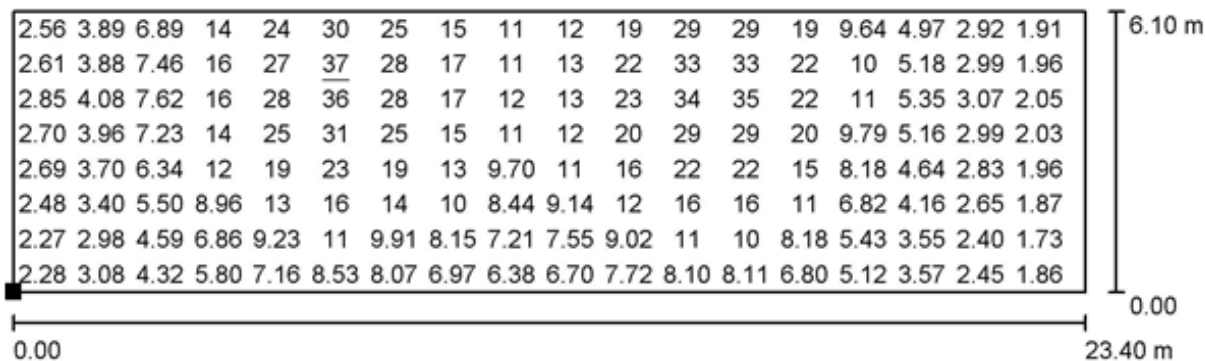


Рисунок 2.10 – Графік значень освітленості на підлозі приміщення 6 від системи аварійного освітлення

Враховуючи те, що в приміщенні 5 розміщені кладові, що утруднює встановлення світильників біля них, то приймаємо таку кількість світильників в рядах: ряд 1 – 20 світильників, ряд 2 – 17 світильників.

Графіки ліній однакової освітленості та значень освітленості приміщення 5 при поперечній системі розміщення світильників показано відповідно на рис. 2.11 та 2.12.

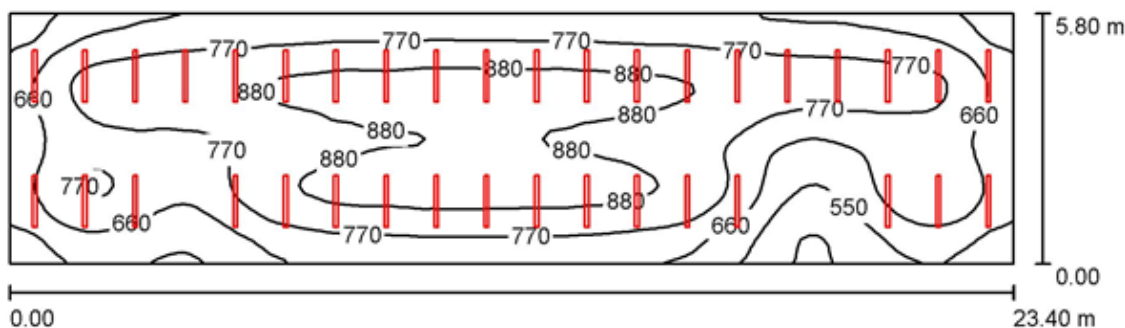


Рисунок 2.11 – Лінії однакової освітленості на робочій поверхні приміщення 5 при поперечній системі розташування світильників

Результати світлотехнічного розрахунку такої системи освітлення:

Мінімальна освітленість – 423 лк;

Середня освітленість – 753 лк;

Максимальна освітленість – 928 лк;

Відношення мінімальної освітленості до середньої – 0,562;

Відношення мінімальної освітленості до максимальної – 0,456.

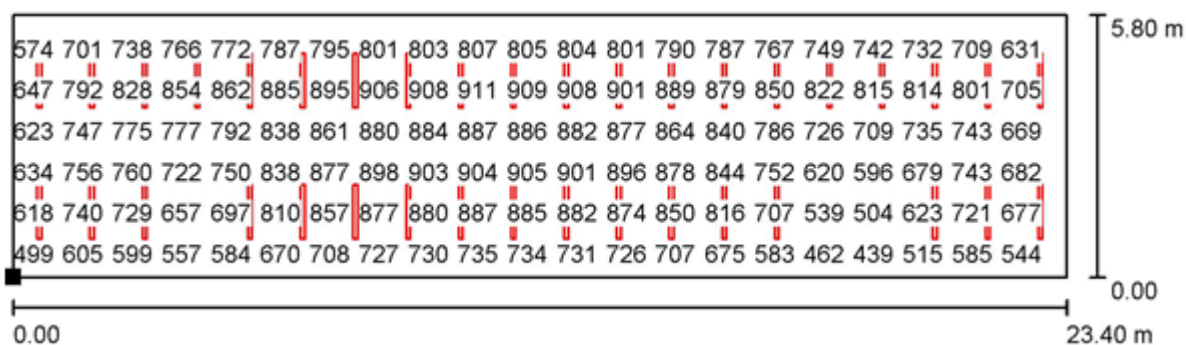


Рисунок 212 – Графік значень освітленості на робочій поверхні приміщення 5 при поперечній системі розташування світильників

Вихідними даними для розрахунку приміщення 7 є:

- розміри приміщень: 6,1 м×5,8 м;

- коефіцієнт експлуатації – 0,73;

- коефіцієнти відбивання відповідно стелі, стін та підлоги становлять 70, 50, 30 %;

Оскільки в даному приміщенні передбачається встановлення двох рядів світлових приладів, то для забезпечення однакової кількості світлових приладів у двох рядах проведемо світлотехнічний розрахунок освітлювальної установки із парною кількістю світильників, а саме із 6 та 8. Результати розрахунку представлено в табл. 2.9.

Як видно із табл. 2.9 освітлювальна установка із 6 світильниками потужністю 30 Вт не забезпечує нормованої освітленості. Тому для освітлювальної установки цього приміщення можна вибрати 8 світильників потужністю 30 Вт. Виконаємо ще світлотехнічний розрахунок для освітлювальних установок, які складаються із 10 та 12 світильників потужністю

20 Вт, 6 світильників потужністю 40 Вт та 4 світильника потужністю 50 Вт.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунку систем освітлення приміщення 7

Розрахований параметр	Потужність світильника, Вт	30	30	20	20	40	50
	Кількість	6	8	10	12	6	4
Мінімальна освітленість, лк		146	199	166	201	195	147
Середня освітленість, лк		248	327	275	329	329	279
Максимальна освітленість, лк		314	346	310	398	413	400
Відношення мінімальної освітленості до середньої		0,590	0,608	0,605	0,610	0,591	0,527
Відношення мінімальної освітленості до максимальної		0,465	0,503	0,504	0,504	0,471	0,367

Як видно із результатів рівень середньої освітленості 300 лк на робочій поверхні можна забезпечити, використовуючи 8 світильників потужністю 30 Вт або 6 світильників потужністю 40 Вт або 12 світильників потужністю 20 Вт. Для освітлювальної установки приміщення 7 вибираємо систему із 8 світильників потужністю 30 Вт.

Графіки ліній однакової освітленості та значень освітленості приміщення 7 показано відповідно на рис. 2.13 та 2.14.

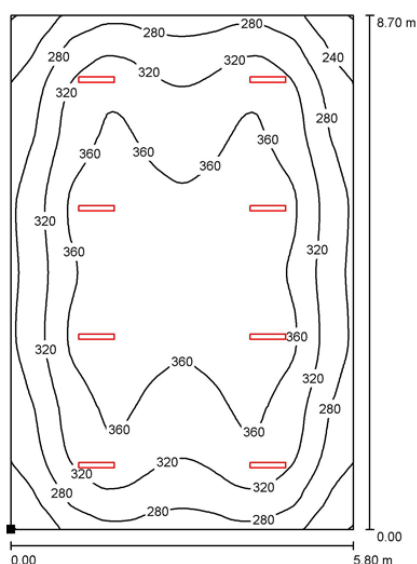


Рисунок 2.13 – Лінії однакової освітленості на робочій поверхні приміщення 7

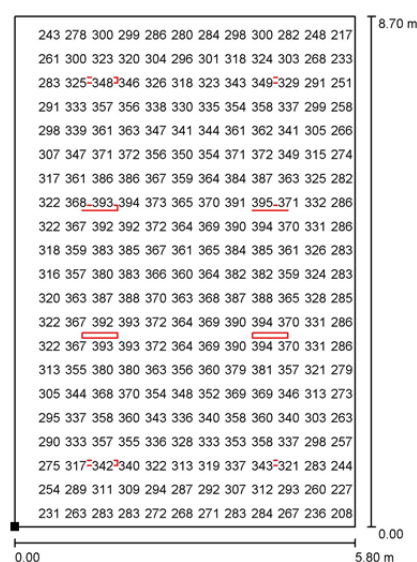


Рисунок 2.14 - Графік значень освітленості на робочій поверхні приміщення 7



Розташування світильників в приміщенні 8 визначається розміщенням в ньому обладнання і тим, що це приміщення примикає до коридору 4. Тому для освітлення цього приміщення застосуємо 10 світильників потужністю 20 Вт. Графіки ліній однакової освітленості та значень освітленості приміщень 4 та 8 показано відповідно на рис. 2.14 та 2.15.

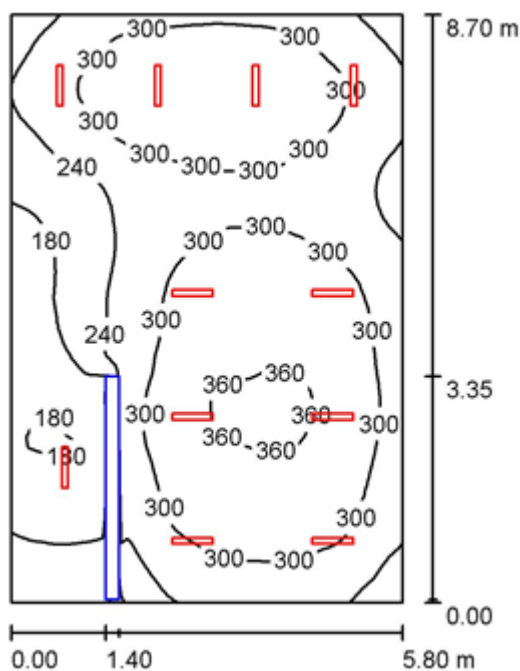


Рисунок 2.13 – Лінії однакової освітленості на робочій поверхні приміщень 4 та 8

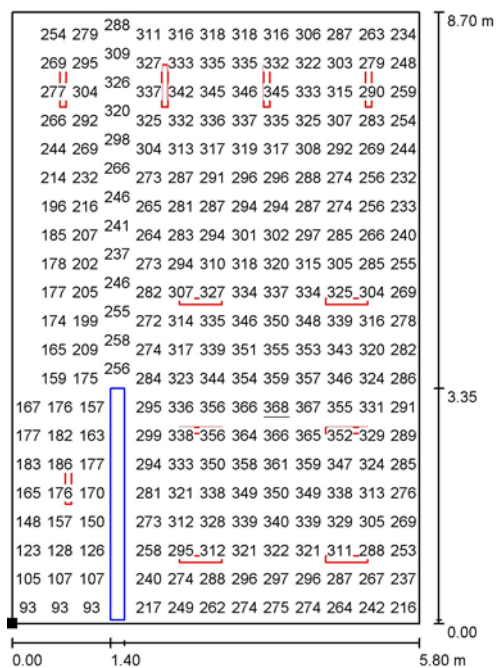


Рисунок 2.14 - Графік значень освітленості на робочих поверхнях приміщень 4 та 8

Як видно із рис. 2.14 та 2.15 нормовані значення освітленості забезпечуються для адміністративного приміщення та приміщення коридору. Така система освітлення забезпечує такі параметри:

Мінімальна освітленість – 87 лк;

Середня освітленість – 277 лк;

Максимальна освітленість – 368 лк;

Відношення мінімальної освітленості до середньої – 0,314;

Відношення мінімальної освітленості до максимальної – 0,236.



### 2.3 Висновки до розділу

1. На основі результатів світлотехнічного розрахунку отримано кількості та потужності світлових приладів для забезпечення рівнів нормованої освітленості для приміщень майстерні.

2. За допомогою програмного пакету DIALux здійснено перевірочний розрахунок систем освітлення приміщень котельні. В результаті розрахунків встановлено, що для забезпечення відповідності освітлювальної установки робочого освітлення нормативним вимогам щодо освітленості, необхідним є використання світлодіодних світильників із косинусною кривою сили світла із сумарною потужністю 3,682 кВт.

### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Визначення розрахункових навантажень швейної майстерні

Розрахункове навантаження силових трифазних електроприймачів швейної майстерні визначимо на основі методу впорядкованих діаграм показників графіків навантаження [12, 13], котрий дозволяє визначити розрахунковий максимум навантаження із врахуванням номінальної потужності та характеристики приймачів.

Згідно цього методу груповий коефіцієнт використання  $K_u^{zp}$  силових електроспоживачів швейної майстерні розрахуємо за формулою:

$$K_u^{zp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=10} P_{сумі} \cdot K_{u_i}}{\sum_{i=1}^{10} P_{сумі}}. \quad (3.1)$$

Підставивши значення  $P_{сумі}$ ,  $K_{u_i}$  у формулу (3.1), отримаємо:

$$K_u^{zp} = \frac{22,95 \cdot 0,3 + 2,00 \cdot 0,5}{22,95 + 2,00} = 0,32.$$

Середню активну потужність силових споживачів швейної майстерні розрахуємо за формулою:

$$P_c = K_u^{zp} \cdot \sum_{i=1}^{i=10} P_{сумі}. \quad (3.2)$$

Підставивши значення  $K_u^{zp}$  та  $P_{сумі}$  у формулу (3.2), отримаємо:

$$P_c = 0,32 \cdot 24,95 = 7,98 \text{ кВт.}$$

Ефективну кількість силових електроприймачів  $n_{ef}$  швейної майстерні знайдемо, використовуючи формулу:

$$n_{\text{эф}} = \frac{\left(\sum P_{Hi}\right)^2}{\sum P_{Hi}^2}. \quad (3.3)$$

Після підстановки значень номінальних потужностей  $i$ -х споживачів у формулу (3.3), отримаємо

$$n_{\text{эф}} = \frac{24,95^2}{27,98} = 22,24.$$

З таблиці 1.2, що на ст. 11 [14] визначимо коефіцієнт максимуму, котрий для  $K_u^{sp} = 0,32$  та  $n_{\text{эф}} = 22,24$  становить  $K_{\text{max}} = 1,27$ .

Активну  $P_p$ , реактивну  $Q_p$  та повну  $S_p$  потужності силового навантаження швейної майстерні розрахуємо за формулами:

$$P_p = K_{\text{max}} \cdot P_c,$$

$$Q_p = K_{\text{max}} \cdot \sum_{i=1}^{i=10} P_{\text{сум}i} \cdot K_{u_i} \cdot \text{tg} \varphi_i, \quad (3.4)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (3.5)$$

Підставивши значення  $K_{\text{max}}$ ,  $P_c$ ,  $P_{\text{сум}}$ ,  $K_u$  та  $\text{tg} \varphi$  у формули (3.4), а потім розраховані значення  $P_p$  та  $Q_p$  у формулу (3.5), отримаємо:

$$\begin{aligned} P_p &= 1,27 \cdot 7,98 = 10,13 \text{ кВт}, \\ Q_p &= 1,27 \cdot (22,95 \cdot 0,3 \cdot 0,62 + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,00) = 5,42 \text{ кВАр}, \\ S_p &= \sqrt{10,13^2 + 5,42^2} = 11,48 \text{ кВА}. \end{aligned}$$

### 3.2 Вибір схеми живлення електроустановок швейної майстерні

Для живлення електроустановок швейної майстерні виберемо, у відповідності із вимогами, котрі наведені в ПУЕ [15], виберемо систему TN-S, схему котрої приведено на рис. 3.1.

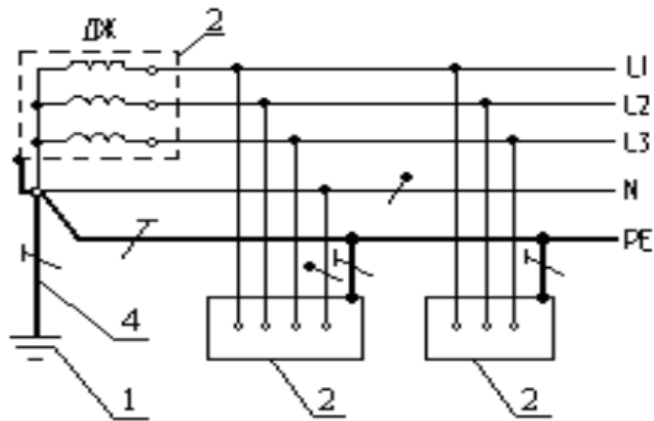


Рисунок 3.1 – Схема системи живлення TN- S:

L1, L2, L3 – фазові провідники; 1 – заземлювач джерела живлення; 2 – відкриті провідні частини; 3 – заземлювач відкритих провідних частин; 4 – захисний заземлювальний провідник; (заземлення системи позначено потовщеними лініями)

TN- S являється системою, в котрій в мережі живлення наявним є глухе заземлення однієї точки струмовідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті струмопровідні частини електроустаткування приєднані до цієї точки за допомогою нейтрального N та захисного PE-проводників, причому нейтральний N та захисний PE-провідник розділені по всій мережі.

Живильною мережею електроспоживачів швейної майстерні є кабельна лінія, котра проходить через кабельний кіоск. Живлення силових споживачів буде здійснюватись по групових лініях від силового щита ЩС, живлення на котрий буде подаватись п'ятижильним кабелем від кабельного кіоску. Крім того від силового щита передбачається і живлення аварійного освітлення та щита робочого освітлення ЩО, від котрого по групових лініях здійснюватиметься живлення світлових приладів та електричних розеток. Інформацію щодо груп силового щита та щита освітлення наведено в табл. 3.1.

До групи аварійного освітлення, окрім евакуаційного освітлення приміщень 5 та 6, ще входять світлові покажчики виходу типу ДБО01 (рис. 3.2),

технічні характеристики котрих представлено в табл. 3.2 [16].

Таблиця 3.1 – Групи споживачів щитів ЩС та ЩО

Щит	№ групи	Споживачі	Встановлена потужність, кВт	
ЩС	1	Відпарювальні столи	2,00	
	2	В'язальні машини	1,60	
	3	В'язальна машина	2,40	
	4	В'язальна машина	2,80	
	5	Стачувальні машини	2,60	
	6	Кетельні машини	2,40	
	7	Кетельні машини	2,40	
	8	Кетельна машина, прасувальні столи	2,80	
	9	Стачувальні машини	2,80	
	10	Стачувальні машини	3,20	
	11	ЩО	11,68	
	12	Аварійне освітлення	0,10	
	<b>Разом</b>			<b>36,98</b>
ЩО	1	Освітлення приміщення 5	0,80	
	2	Освітлення приміщення 5	0,68	
	3	Освітлення приміщення 6	0,80	
	4	Освітлення приміщення 6	0,80	
	5	Освітлення приміщення 7	0,24	
	6	Освітлення приміщень 1 – 4	0,16	
	7	Освітлення приміщення 8	0,20	
	11	Розетки приміщення 5	1,00	
	12	Розетки приміщення 5	1,00	
	13	Розетки приміщення 5	1,00	
	14	Розетки приміщення 5	1,00	
	15	Розетки приміщення 6	1,00	
	16	Розетки приміщення 6	1,00	
	17	Розетки приміщення 7	1,00	
	18	Розетки приміщення 8	1,00	
	<b>Разом</b>			<b>11,68</b>

### 3.3 Вибір перерізу проводів електричної розподільчої мережі швейної майстерні

Вибір перерізу проводів розподільчої мережі виберемо на основі результатів розрахунку робочих значень струмів, котрі для групових ліній, котрі

живлять трифазних споживачів визначаються за формулою:

$$I_P = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}} \cdot \cos \varphi}, \quad (3.6)$$

де  $U_{\text{л}} = 400 \text{ В}$  – лінійна напруга.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд світлового показника

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики світлових показчиків типу ДБО01

Технічні характеристики	Тип світлового приладу
	ДБО02ВСП
Потужність, Вт	6
Світловий потік, лм	2080, 4290
Світлова віддача, лм/Вт	103
Тип КСС (кут розсіювання)	Д
Корельована колірна температура, К	4000
Час роботи в аварійному режимі, год	10
Коефіцієнт активної потужності	0,95
Ступінь пиловологозахисту	IP65
Клас електрозахисту	І

Для однофазних групових ліній:

$$I_P = \frac{P_H}{U_{\phi} \cdot \cos \varphi}, \quad (3.7)$$

де  $U_{\phi} = 230 \text{ В}$  – фазова напруга.

Для групи 1 ЩС робочий струм становить:

$$I_P = \frac{2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1,00} = 2,89 \text{ А.}$$

Для групи 2

$$I_P = \frac{1,6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 2,71 \text{ А.}$$

Для групи 3

$$I_P = \frac{2,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 4,08 \text{ A.}$$

Для группы 4

$$I_P = \frac{2,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 4,75 \text{ A.}$$

Для группы 5

$$I_P = \frac{2,6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 4,42 \text{ A.}$$

Для группы 6

$$I_P = \frac{2,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 4,08 \text{ A.}$$

Для группы 7

$$I_P = \frac{2,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 4,08 \text{ A.}$$

Для группы 8

$$I_P = \frac{2,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 4,75 \text{ A.}$$

Для группы 9

$$I_P = \frac{2,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 4,75 \text{ A.}$$

Для группы 10

$$I_P = \frac{3,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,85} = 5,43 \text{ A.}$$

Для группы 12

$$I_P = \frac{0,1 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 0,46 \text{ А.}$$

В якості кабеля електричної мережі швейної майстерні виберемо кабель із мідними жилами та полівінілхлоридною ізоляцією типу ВВГ. Осановні переваги цього кабелю полягають у:

- можливості експлуатації при температурі від -50 до 50 °С;
- можливості його використання при відносній вологості 98 % при 35 °С;
- максимально допустима температура нагріву – 70 °С;
- гнучкості, котра визначається радіусом його згину, котрий для одножильного кабелю дорівнює 10 його діаметрам, а для кабелів з двома і більше жилами – 7,5.

Для груп споживачів 1 – 10, у відповідності з ПУЕ вибираємо кабелі марки ВВГ 5×1,5 мм<sup>2</sup>. Для групи 12 вибираємо кабель ВВГ 3×1,5 мм<sup>2</sup>.

Для визначення перерізу жил кабелю живлення щита ЩО визначимо його розрахункове навантаження. Від даного щита живляться групи електричної освітлювальної мережі робочого освітлення та розетки для під'єднання однофазних споживачів (№ 11 – 16 в табл. 1.2).

Активні та реактивні розрахункові потужності систем робочого освітлення визначимо за формулами:

$$\begin{aligned} P_{осв} &= K_{иосв} \cdot P_{сумосв}, \\ Q_{осв} &= K_{иосв} \cdot P_{сумосв} \cdot tg\varphi_{осв}. \end{aligned} \quad (3.8)$$

Підставивши значення для  $K_{иосв}$ ,  $P_{сумосв}$  та  $tg\varphi_{осв}$  для систем робочого та аварійного освітлення у формули (3.8), отримаємо

Для робочого освітлення:

$$\begin{aligned} P_{освроб} &= 0,9 \cdot 3,61 = 3,25 \text{ кВт}, \\ Q_{освроб} &= 0,9 \cdot 3,61 \cdot 0,33 = 1,09 \text{ кВАр}. \end{aligned}$$

Для аварійного освітлення:



$$P_{освроб} = 0,9 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ кВт},$$

$$Q_{освроб} = 0,9 \cdot 0,1 \cdot 0,33 = 0,03 \text{ кВАр}.$$

Груповий коефіцієнт використання групи електроспоживачів однофазного допоміжного обладнання визначимо, виходячи із формули (3.1). Підставивши значення  $P_{сумі}$ ,  $K_{u_i}$  для споживачів № у формулу (3.1), отримаємо:

$$K_u^{зр} = \frac{1,14 \cdot 0,6 + 1,0 \cdot 0,2 + 1,0 \cdot 0,8 + 1,0 \cdot 0,3 + 0,8 \cdot 0,1 + 3,0 \cdot 0,3}{1,14 + 1,0 + 1,0 + 1,0 + 0,8 + 3,0} = 0,37.$$

Середню активну потужність однофазних споживачів допоміжного обладнання швейної майстерні розрахуємо за формулою (3.2):

$$P_c = 0,37 \cdot 7,94 = 2,94 \text{ кВт}.$$

Ефективну кількість електроприймачів допоміжного обладнання  $n_{еф}$  швейної майстерні знайдемо, використовуючи формулу (3.3):

$$n_{еф} = \frac{7,94^2}{4,65} = 13,56.$$

З таблиці 1.2, що на ст. 11 [14] визначимо коефіцієнт максимуму, котрий для  $K_u^{зр} = 0,37$  та  $n_{еф} = 13,56$  становить  $K_{max} = 1,37$ .

Активну  $P_p$ , реактивну  $Q_p$  та повну  $S_p$  потужності навантаження допоміжного обладнання швейної майстерні розрахуємо за формулами (3.4) та (3.5):

$$P_p = 1,37 \cdot 2,94 = 4,03 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 1,37 \cdot 2,06 = 2,82 \text{ кВАр},$$

$$S_p = \sqrt{4,03^2 + 2,82^2} = 4,92 \text{ кВА}.$$

Сумарна активна потужність споживачів, котрі живляться від щита ЩО:

$$P_{\text{РЩО}} = 3,25 + 4,03 = 7,28 \text{ кВт.}$$

Сумарна реактивна потужність споживачів, котрі живляться від щита ЩО:

$$Q_{\text{РЩО}} = 1,09 + 2,82 = 3,91 \text{ кВАр.}$$

Сумарна повна потужність споживачів, котрі живляться від щита ЩО:

$$S_p = \sqrt{7,28^2 + 3,91^2} = 8,26 \text{ кВА.}$$

Робочий струм для ділянки мережі електропостачання, котра живить споживачів щита ЩО становить:

$$I_p = \frac{11,68 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 16,85 \text{ А.}$$

Попередньо для даної ділянки вибираємо кабель ВВГ 5×1,5 мм<sup>2</sup>. Визначимо площу поперечного перерізу жил кабеля живлення силового щита ЩС. Для цього розрахуємо сумарні значення активної, реактивної та повної потужності споживачів, котрі живляться через цю ділянку.

Активна та реактивна потужність дорівнюють відповідно сумах активних та реактивних потужностей силового обладнання, аварійного освітлення та потужностей щита освітлення ЩО. Звідси активна потужність:

Сумарна активна потужність споживачів, котрі живляться від щита силового ЩС:

$$P_{\text{РЗАГ}} = 10,13 + 0,09 + 7,28 = 17,5 \text{ кВт.}$$

Сумарна реактивна потужність споживачів, котрі живляться від щита силового ЩС:

$$Q_{\text{РЗАГ}} = 5,42 + 0,03 + 3,91 = 9,36 \text{ кВАр.}$$

Сумарна повна потужність споживачів, котрі живляться від щита силового ЩС:

$$S_p = \sqrt{17,5^2 + 9,36^2} = 19,85 \text{ кВА.}$$

Звідси робочий струм:

$$I_p = \frac{19,85 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 28,65 \text{ А.}$$

Попередньо вибираємо кабель ВВГ 5×4 мм<sup>2</sup>.

### 3.4 Розрахунок електричної освітлювальної мережі швейної майстерні

Мета розрахунку електричних освітлювальних мереж полягає у визначенні площ поперечних перерізів проводів та кабелів, які забезпечують довготривале по них протікання електричного струму із уникненням їх перегріву, мінімальні витрати кабельно-провідникової продукції та необхідну напругу на світлових приладах.

Площі поперечних перерізів жил проводів та кабелів електричної освітлювальної мережі визначають, на основі розрахунків:

- по втраті напруги;
- на мінімум провідникового матеріалу;
- по струму навантаження.

Для групових ліній 1 – 8 ЩО та 12 ЩС виконаємо розрахунок електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу та струму навантаження, а для 11 – 18 – по струму навантаження.

Основну схему для розрахунку електричної освітлювальної мережі на мінімум провідникового матеріалу показано на рис. 3.3. В даній схемі ділянка 1 відповідає ділянці, котра живить силовий щит ЩС, ділянки С1 - С12 – ділянкам, котрі живлять відповідні групи силового щита, ділянки О1 – О18 – ділянкам, через котрі живляться групи споживачів щита освітлення.

Розрахунок на мінімум провідникового матеріалу здійснюється за формулами:

$$S = \frac{M_{II}}{c \cdot \Delta U \%}, \quad (3.9)$$

$$M_{II} = \sum M + \alpha \cdot \sum m, \quad (3.10)$$

де  $\sum M$  – сума моментів ділянки, що розраховується а також всіх наступних ділянок, живлення котрих здійснюється через дану ділянку і в котрих така ж кількість проводів;

$\sum m$  – сума моментів ділянок, котрі живляться через ділянку, для котрої здійснюється розрахунок, а їх кількість проводів не дорівнює кількості проводів розрахункової ділянки;

$\alpha$  – коефіцієнт приведення моментів.

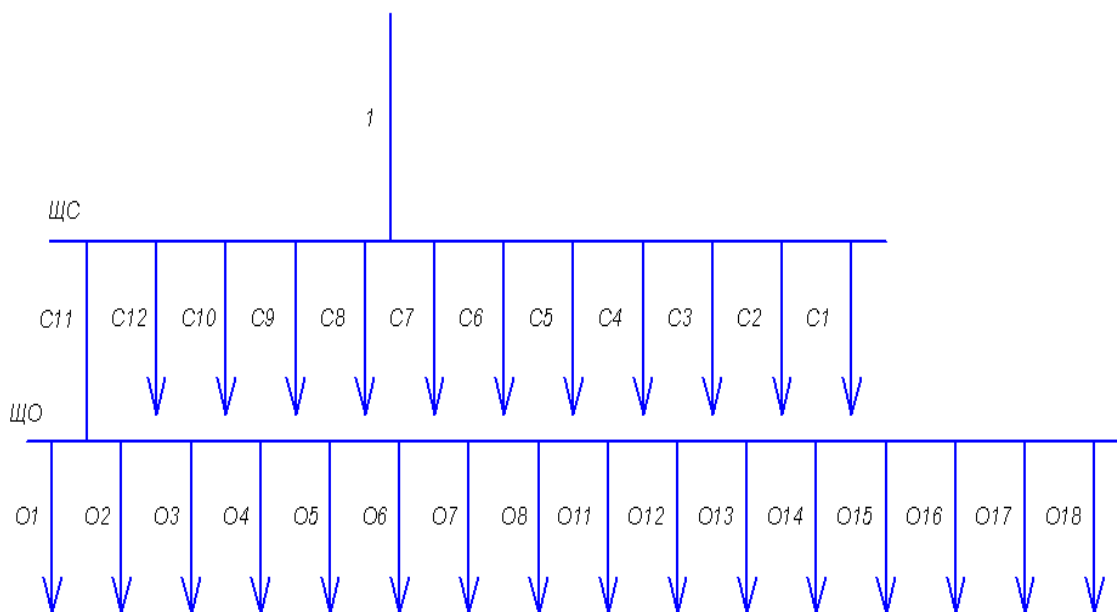


Рисунок 3.3 – Схема для розрахунку електричної освітлювальної мережі

Приведений момент для ділянки 1 визначимо за формулою:

$$M_{II1} = P_1 \cdot l_1 + P_{C1} \cdot l_{C1} + P_{C2} \cdot l_{C2} + \dots + P_{C10} \cdot l_{C10} + M_{II11} + 1,83 \cdot M_{C12}. \quad (3.11)$$

Формула для розрахунку приведенного моменту  $M_{II11}$  має вигляд

$$M_{PC11} = P_{C11} \cdot l_{C11} + 1,83 \cdot \left( \sum M_{O1} + \sum M_{O2} + \dots + \sum M_{O7} + \right. \\ \left. + P_{O11} \cdot l_{O11} + P_{O12} \cdot l_{O12} + \dots + P_{O18} \cdot l_{O18} \right). \quad (3.12)$$

Визначимо суму моментів навантаження на прикладі групи світлових приладів 1, котра живиться через ділянку O1. Схему для розрахунку  $\sum M_{O1}$  приведено на рис. 3.4.

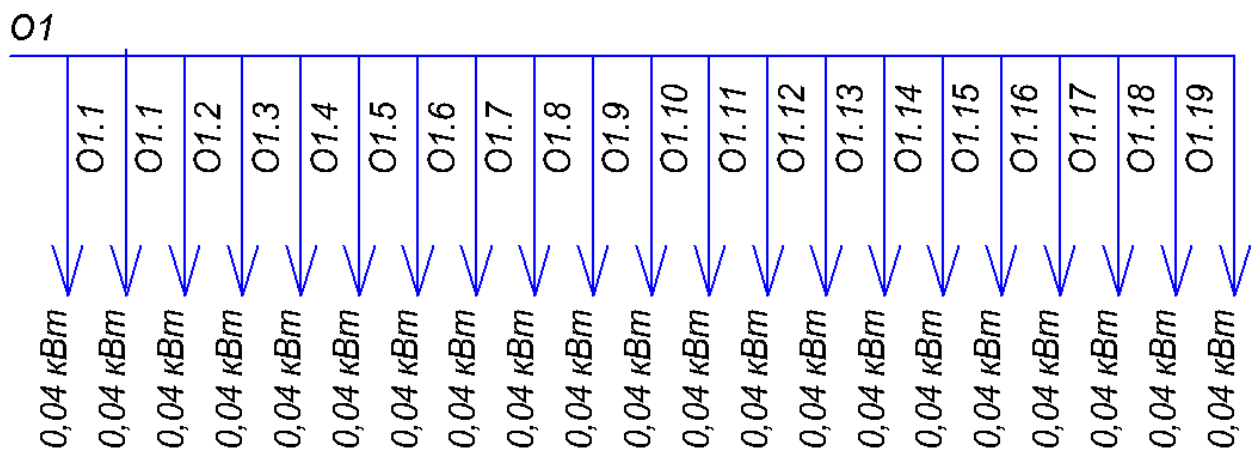


Рисунок 3.4 – Схема для розрахунку моментів навантажень ділянки O1

Довжина ділянки O1 становить 18 м, а ділянок O1.1 – O1.19 – 1,17 м. Сума моментів навантажень ділянки O1 становить:

$$\sum M_{O1} = 20 \cdot P \cdot l_{O1} + 19 \cdot P \cdot l + 18 \cdot P \cdot l + 17 \cdot P \cdot l + \dots + P \cdot l = \\ = 20 \cdot P \cdot l_{O1} + 190 \cdot P \cdot l. \quad (3.13)$$

Підставивши значення  $P = 0,04$  кВт,  $l_{O1} = 18$  м,  $l = 1,17$  м у формулу (3.13), отримаємо:

$$\sum M_{O1} = 20 \cdot 0,04 \cdot 18 + 190 \cdot 0,04 \cdot 1,17 = 23,3 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Аналогічно для ділянок O3 та O4:

$$\sum M_{O3} = 20 \cdot 0,04 \cdot 10 + 190 \cdot 0,04 \cdot 1,17 = 16,9 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

$$\sum M_{O4} = 20 \cdot 0,04 \cdot 18 + 190 \cdot 0,04 \cdot 1,17 = 23,3 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Для ділянки O2

$$\sum M_{O2} = 17 \cdot 0,04 \cdot 18 + 167 \cdot 0,04 \cdot 1,17 = 20,1 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Суми моментів навантажень ділянок 5 – 7 розраховуємо аналогічно. В результаті отримуємо:  $\sum M_{O5} = 8,3 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$ ,  $\sum M_{O6} = 3,3 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$ ,  $\sum M_{O7} = 2,2 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$

Підставляючи значення  $\sum M_{O1}, \dots, \sum M_{O7}$ , а також  $P_{C11}, l_{C11}, P_{O11}, l_{O11}, \dots, P_{O18}, l_{O18}$  у формулу (3.12), а потім значення  $P_1, l_1, P_{C1}, l_{C1}, \dots, P_{C10}, l_{C10}, M_{PC11}, M_{C12}$  у формулу (3.11), отримаємо:

$$M_{PC11} = 11,68 \cdot 2 + 1,83 \cdot \left( \begin{array}{l} 23,3 + 20,1 + 16,9 + 23,3 + 8,3 + 3,3 + \\ + 2,2 + 1,0 \cdot 18 + 1,0 \cdot 10 + 1,0 \cdot 18 + 1,0 \cdot 18 + \\ + 1,0 \cdot 10 + 1,0 \cdot 18 + 1,0 \cdot 18 + 1,0 \cdot 10 \end{array} \right) = 421,2.$$

$$M_{PI} = 36,98 \cdot 9 + 2,0 \cdot 25 + 1,6 \cdot 25 + 2,4 \cdot 25 + 2,8 \cdot 25 + 2,6 \cdot 25 + 2,4 \cdot 25 + \\ + 2,4 \cdot 25 + 2,8 \cdot 25 + 2,8 \cdot 25 + 3,2 \cdot 25 + 421,2 + 1,83 \cdot 3,26 = 1384,7 \text{ кВт} \cdot \text{м.}$$

Підставивши  $\Delta U\% = 2,5\%$  та значення  $M_{PI}$  у формулу (3.9), отримаємо:

$$S_1 = \frac{1384,7}{72 \cdot 2,5} = 7,69 \text{ мм}^2.$$

На основі результату розрахунку приймаємо для даної ділянки мережі кабель ВВГ-5×10. Реальний спад напруги на цій ділянці мережі:

$$\Delta U\% = \frac{36,98 \cdot 9}{72 \cdot 10} = 0,46\%.$$

Розрахункова втрата напруги для ділянки мережі С11:

$$\Delta U \% = 2,5 - 0,46 = 2,04 \%.$$

Підставивши значення для  $\Delta U \%$ ,  $M_{\text{лс11}}$  у формулу 3.9, отримаємо:

$$S_{\text{с11}} = \frac{421,2}{72 \cdot 2,04} = 2,87 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо для даної ділянки мережі кабель ВВГ-5×4. Реальний спад напруги на цій ділянці мережі:

$$\Delta U \% = \frac{11,68 \cdot 2}{72 \cdot 4} = 0,08 \%.$$

Розрахункова втрата напруги для ділянки О1:

$$\Delta U \% = 2,04 - 0,08 = 1,96 \%.$$

Підставивши значення для  $\Delta U \%$  та  $\sum M_{\text{о1}}$  у формулу 3.9, і врахувавши, що для двопровідної мережі коефіцієнт  $c = 12$  отримаємо:

$$S_{\text{о1}} = \frac{23,3}{12 \cdot 1,96} = 0,99 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо для даної ділянки мережі кабель ВВГ -3×1,5. Для наступних ділянок цієї групи розрахунок проводимо аналогічно. Результати розрахунку представлені в табл. 3.2.

Сумарна втрати напруги в мережі, починаючи від відходу кабелю 1 від кабельного кіоску до найвіддаленішої лампи становить:

$$\Delta U \%_{\Sigma} = 1,29 + 0,08 + 0,46 = 1,83 \%.$$

Таблиця 3.2 – Результати розрахунку групи 1 щита освітлення ЩО1 електричної освітлювальної мережі

Ділянка	$P$ , кВт	$l$ , м	$M$ , кВт·м	$\sum M$ , кВт·м	$\Delta U\%$ (розрахункова)	$S_p$ , мм <sup>2</sup>	$S$ , мм <sup>2</sup>	$\Delta U\%$ (реальна)
О1	0,80	18,00	14,40	23,29	1,96	0,99	1,5	0,800
О1.1	0,76	1,17	0,89	8,89	1,16	0,64	1,5	0,049
О1.2	0,72	1,17	0,84	8,00	1,11	0,60	1,5	0,047
О1.3	0,68	1,17	0,80	7,16	1,06	0,56	1,5	0,044
О1.4	0,64	1,17	0,75	6,36	1,02	0,52	1,5	0,042
О1.5	0,60	1,17	0,70	5,62	0,97	0,48	1,5	0,039
О1.6	0,56	1,17	0,66	4,91	0,94	0,44	1,5	0,036
О1.7	0,52	1,17	0,61	4,26	0,90	0,39	1,5	0,034
О1.8	0,48	1,17	0,56	3,65	0,87	0,35	1,5	0,031
О1.9	0,44	1,17	0,51	3,09	0,83	0,31	1,5	0,029
О1.10	0,40	1,17	0,47	2,57	0,81	0,27	1,5	0,026
О1.11	0,36	1,17	0,42	2,11	0,78	0,23	1,5	0,023
О1.12	0,32	1,17	0,37	1,68	0,76	0,19	1,5	0,021
О1.13	0,28	1,17	0,33	1,31	0,74	0,15	1,5	0,018
О1.14	0,24	1,17	0,28	0,98	0,72	0,11	1,5	0,016
О1.15	0,20	1,17	0,23	0,70	0,70	0,08	1,5	0,013
О1.16	0,16	1,17	0,19	0,47	0,69	0,06	1,5	0,010
О1.17	0,12	1,17	0,14	0,28	0,68	0,03	1,5	0,008
О1.18	0,08	1,17	0,09	0,14	0,67	0,02	1,5	0,005
О1.19	0,04	1,17	0,05	0,05	0,67	0,01	1,5	0,003
Сумарна втрата напруги, %								1,294

Розрахунок ділянок інших груп електричної освітлювальної мережі проводимо аналогічно. На підставі результатів розрахунку вибираємо для груп 1 – 7 щита освітлення ЩО та 12 щита силового ЩС кабель ВВГ -3×1,5.

Робочий струм для груп, що живлять розетки, а саме груп 11 – 18 щита освітлення ЩО:

$$I_p = \frac{1,0 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,70} = 6,21 \text{ А.}$$

Для даних груп споживачів, на основі результатів розрахунку вибираємо кабель ВВГ -3×1,5.



### 3.5 Вибір апаратів захисту групових ліній, котрі живлять силове обладнання

В якості апаратів захисту групових ліній, котрі живлять силове обладнання виберемо автоматичні вимикачі. Умовою для вибору автоматичних вимикачів, котрі живлять силове обладнання є:

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot I_p,$$

де  $I_{НОМ}$  – номінальний струм апарату захисту (автоматичного вимикача);

$I_p$  – робочий номінальний струм групи споживачів.

Для групи 1 щита силового ЩС номінальний струм апарату захисту:

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 2,89,$$

$$I_{НОМ} \geq 3,46.$$

На підставі цього вибираємо триполюсний автоматичний вимикач типу АВВ S250 номінальний струм яких становить 6 А [17].

Аналогічний апарат захисту виберемо і для групи 2 щита силового ЩС, для якої

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 2,71,$$

$$I_{НОМ} \geq 3,25.$$

Для груп 3,6 7 та 5 умови для вибору апаратів захисту відповідно:

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 4,08,$$

$$I_{НОМ} \geq 4,90.$$

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 4,42,$$

$$I_{НОМ} \geq 5,30.$$

Тому для даних груп вибираємо аналогічні автоматичні вимикачі.

Для груп 4, 8, 9:

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 4,75,$$

$$I_{НОМ} \geq 5,7.$$

Для групи 10

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 5,43,$$

$$I_{НОМ} \geq 6,51.$$

Тому вибираємо автоматичні вимикачі з номінальним струмом 10 А.

Виберемо апарати захисту для груп 11 – 18 щита освітлення ЩО:

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 6,21,$$

$$I_{НОМ} \geq 7,45.$$

Для даних групових ліній вибираємо апарат захисту із номінальним струмом 10 А.

Для групової лінії 11 щита силового ЩС

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 16,85,$$

$$I_{НОМ} \geq 20,22.$$

Приймаємо автоматичний вимикач із номінальним струмом 25 А.

Для ділянки мережі 1 номінальний робочий струм

$$I_P = \frac{36,98 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 53,38 \text{ А},$$

а струм апарату захисту

$$I_{НОМ} \geq 1,2 \cdot 53,38,$$

$$I_{НОМ} \geq 64,04.$$

Для захисту цієї ділянки мережі виберемо автоматичний вимикач АВВ S803В-С80, котрий володіє такими характеристиками [18]:

номінальний струм – 80 А;

струм короткого замикання – 16 А;

характеристика відключення – С;

номінальна робоча напруга – 230/400 В;

кількість полюсів – 3;

ступінь пиловоголозагисту – IP20;

максимальний переріз жил кабелів, які під'єднуються – 50 мм<sup>2</sup>.

### 3.6 Вибір апаратів захисту електричної освітлювальної мережі швейної майстерні

При виборі автоматичних вимикачів в якості апаратів захисту електричних освітлювальних мереж із напівпровідниковими джерелами світла та світловими приладами на їх основі, згідно із вимогами ПУЕ [15], необхідним є уникання хибного спрацьовування апаратів захисту від дії пускових струмів при одночасному вмиканні світлових приладів. Цю вимогу можна задовільнити, виконавши умову щодо допустимої кількості світлових приладів, котрі можуть бути підключені до однієї групової лінії [2, 15]:

$$N_{\max} \leq \frac{K \cdot K_k \cdot I_n}{I_{peak}}, \quad (3.14)$$

де  $K$  – коефіцієнт кривої спрацьовування, значення котрого приведено в табл. 3.3.

$K_k$  – коефіцієнт нерозчіплювання, значення якого залежить від тривалості імпульсу струму запуску (рис. 3.5);

$I_n$  – струм вставки електромагнітного розчіплювача автоматичного апарату захисту;

$I_{peak}$  – амплітудне значення імпульсу пускового струму джерела живлення світлодіодів одного конкретного світлового приладу.

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта кривої спрацьовування автоматичного вимикача

Характеристика автоматичного вимикача	B	C	D	K	Z
Коефіцієнт кривої спрацьовування	3	5	10	10	2

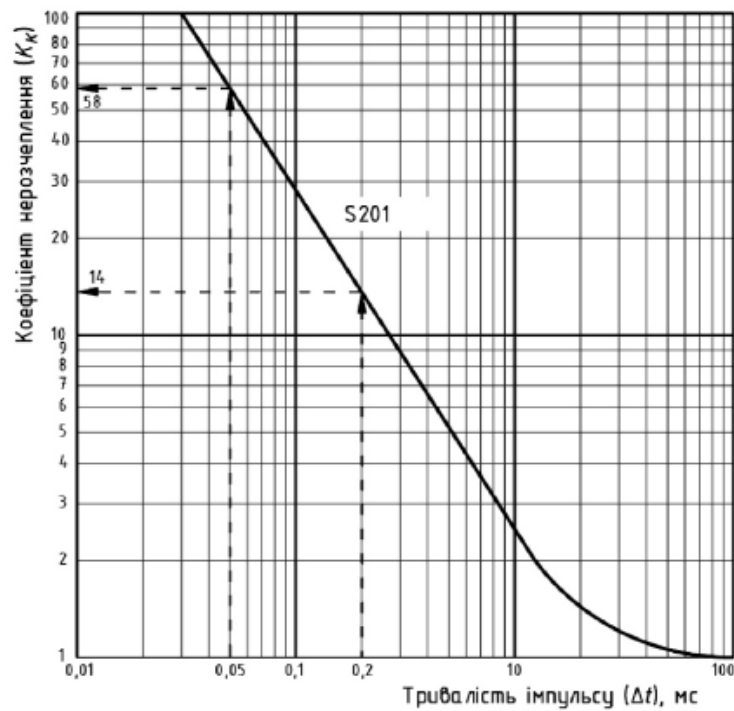


Рисунок 3.5 – Залежність коефіцієнта нерозчіплювання від часу тривалості імпульсу пускового струму

По даних світильників типу ДПП07В потужністю 40 Вт відомо, що амплітуда пускового струму цих світильників становить  $I_{peak} = 50$  А з тривалістю імпульсу  $\Delta t = 350$  мкс = 0,35 мс.

При заданій тривалості імпульсу з графіка, що на рис. 3.5 визначаємо, що коефіцієнт нерозчіплювання буде становити  $K_k = 7,5$ .

Пристроями захисту групових ліній 1 – 4 щита освітлення ЩО виберемо однополюсні автоматичні вимикачі серії S260, котрі мають характеристики

спрацьовування типу С та D. З табл. 3.3 визначаємо, що коефіцієнти кривої спрацьовування для цих характеристик відповідно дорівнюють 5 та 10.

Виходячи з умови:

$$I_p \leq I_n \leq I_\delta, \quad (3.15)$$

де  $I_\delta$  – допустимий струм кабелю ВВГ, котрий для кабелю ВВГ-3×1,5 дорівнює 19,0 А, визначаємо значення струму вставки електромагнітного розчіплювача захисного автоматичного вимикача.

Робочий номінальний струм групової лінії 1 щита освітлення ЩО:

$$I_p = \frac{0,80 \cdot 10^3}{230 \cdot 0,95} = 3,66 \text{ А.}$$

Підставивши значення допустимого струму кабелю та робочого номінального струму в умову (3.15), отримаємо:

для апаратів захисту груп 1, 4

$$3,66 \text{ А} \leq I_n \leq 19 \text{ А.}$$

Найближче більше значенням струму вставки буде становити  $I_n = 4 \text{ А}$ .

Після підстановки значень для  $K$ ,  $K_k$ ,  $I_n$  та  $I_{peak}$  у формулу (3.14),

отримаємо:

$$N_{\max C} = \frac{5 \cdot 7,5 \cdot 4,0}{50,0} = 3,$$

$$N_{\max D} = \frac{10 \cdot 7,5 \cdot 4,0}{50,0} = 6.$$

Як показують результати розрахунку, жоден із вибраних апаратів не здатен забезпечити захист необхідної кількості світлових приладів, котра для групи 1 становить 20.

Тому будемо збільшувати номінальні значення струмів вставок

електромагнітних розчіплювачів до тих пір, поки значення  $N_{\max}$  не будуть перевищувати 20. Результати розрахунку максимальної кількості світлових приладів представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунку  $N_{\max}$  при різних значеннях струмів вставки електромагнітних розчеплювачів автоматичних вимикачів

$I_n, \text{A}$	4	6	10	16	20	25	32
$N_{\max C}, \text{ШТ}$	3	4	7	12	15	18	24
$N_{\max D}, \text{ШТ}$	6	9	15	24	30	37	48

Як видно із табл. 1.5 захист групи 1 щита освітлення ЩО буде забезпечуватись, при застосуванні автоматичних вимикачів з характеристиками С і D та струмами вставок, котрі відповідно дорівнюють 32 та 16 А. Тому для захисту групових ліній 1 – 4 щита освітлення ЩО вибираємо автоматичний вимикачі із струмом вставки 16 А та характеристикою D.

Результати розрахунку максимальної кількості світлових приладів для груп світильників 5 та 7 приведено в табл. 3.6 та 3.7 відповідно. При розрахунку брали до уваги те, що амплітуди пускових струмів для світильників ДПП07В потужністю 20 та 30 Вт становлять відповідно 70 та 45 А при тривалості імпульсу 215 та 440 мкс.

Таблиця 3.6 – Результати розрахунку  $N_{\max}$  при різних значеннях струмів вставки електромагнітних розчеплювачів автоматичних вимикачів для захисту групи із 10 світильників типу ДПП07В потужністю 20 Вт

$I_n, \text{A}$	3	4	6	10
$N_{\max C}, \text{ШТ}$	3	4	6	11
$N_{\max D}, \text{ШТ}$	6	9	13	23

Таблиця 3.7 – Результати розрахунку  $N_{\max}$  при різних значеннях струмів вставки електромагнітних розчіплювачів автоматичних вимикачів для захисту групи із 8 світильників типу ДПП07В потужністю 30 Вт

$I_n, \text{ А}$	3	4	6	10	16
$N_{\max C}, \text{ ШТ}$	2	2	4	7	11
$N_{\max D}, \text{ ШТ}$	4	5	8	14	23

На основі результатів, отриманих при розрахунках та наведених в табл. 3.6 та 3.7 для захисту груп 5 та 7 щита освітлення ЩО вибираємо автоматичні вимикачі з характеристикою D струмом вставки 6 А.

### 3.7 Висновки до розділу

1. На підставі результатів розрахунку навантажень швейної майстерні встановлено, що повна потужність групи силових споживачів основного обладнання становить 11,48 кВА, а загальна повна розрахункова потужність становить 19,85 кВА.

2. Запропоновано систему електропостачання, при якій силове обладнання та щит освітлення живляться від силового щита. Для даної системи електропостачання на підставі розрахунків визначено перерізи жил та кабелів із врахуванням допустимих втрат напруги на світлових приладах.

3. Встановлено, що щоб втрати напруги в електричній освітлювальній мережі не перевищували допустимих значень необхідно для лінії живлення силового щита використати кабель з площею поперечного перерізу жил 10 мм<sup>2</sup>, а для лінії живлення щита освітлення – 4 мм<sup>2</sup>. Для групових ліній по умовах допустимого нагріву та мінімуму провідникового матеріалу достатньо використовувати кабелі із площею поперечного перерізу жил 1,5 мм<sup>2</sup>.

4. На основі результатів розрахунку робочих струмів вибрано апарати захисту групових ліній електричної мережі швейної майстерні. Для захисту

силових споживачів основного та допоміжного обладнання використано автоматичні вимикачі зі струмочасовою характеристикою типу С, а для захисту групових ліній електричної освітлювальної мережі, котрі живлять світлові прилади системи робочого освітлення майстерень та адміністративних приміщень, пропонується використати автоматичні вимикачі із характеристикою D із значеннями струму вставки 16 та 6 А.



## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1 Аналіз особливостей випромінювання оптичного діапазону

У промисловості і побуті набули масового застосування прилади та обладнання, робота яких пов'язана з використанням або утворенням в процесі роботи електромагнітних випромінювань оптичного діапазону, до яких належать електромагнітні коливання з довжиною хвиль від 5 нм до 1000 нм. Ділянками випромінювання оптичного діапазону є: ультрафіолетова (5 – 380 нм), видима (380 – 770 нм) та інфрачервона (770 нм – 1 мм). Інфрачервона область включає короткохвильову (0,77 – 1,5 мкм), середньохвильову (1,5 – 20 мкм) і довгохвильову (20 мкм – 1 мм) ділянки.

Природнім джерелом ультрафіолетового випромінювання є сонце. Штучними джерелами є електричні дуги, лазери, газорозрядні джерела світла. За способом генерації ультрафіолетове випромінювання належить до теплового, але за своєю дією подібне до іонізуючого випромінювання.

Спектр ультрафіолетового випромінювання поділяється на три області: довгохвильову (УФА); середньохвильову (УФВ) та короткохвильову (УФС) УФС. Ультрафіолетові випромінювання довгохвильової області відзначаються слабкою біологічною дією. Середньо- та короткохвильові ультрафіолетові промені, в основному, впливають на шкіру та очі людини. Значні дози опромінення можуть спричинити професійні захворювання шкіри (дерматити) та очей (електроофтальмію). Випромінювання ультрафіолетового діапазону впливають також на центральну нервову систему, що проявляється у вигляді болі голови, підвищення температури тіла, відчуття розбитості, передчасної втоми, нервового збудження тощо. Крім того, несприятлива дія цих променів може посилюватись завдяки ефектам, що властиві для цього виду випромінювань, а саме іонізації повітря та утворенні озону.

Ультрафіолетове випромінювання характеризується двоякою дією на організм людини: з одного боку, небезпекою гієропромінення, а з іншого – його

необхідністю для нормального функціонування організму, оскільки ультрафіолетові промені є важливим стимулятором основних біологічних процесів. Природне освітлення, особливо сонячні промені, є достатнім для організму людини джерелом ультрафіолетового випромінювання, тому його відсутність або ж недостатність може створити певну небезпеку.

Для захисту людей від інтенсивного опромінення ультрафіолетовими променями потрібним є виконання наступних заходів: раціональне розташування робочих місць; забезпечення необхідної відстані від джерел випромінювання; екранування джерел випромінювання; екранування робочих місць засобами індивідуального захисту.

Найбільш раціональним методом захисту вважається екранування (укриття) джерел УФ-випромінювань. Як матеріали для екранів застосовують, зазвичай, непрозорі металеві листи або світлофільтри. До засобів індивідуального захисту належать: спецодяг (костюми, куртки, білі халати), засоби для захисту рук (тканинні рукавички), лиця (захисні щитки) та очей (окуляри з спеціальними фільтрами).

Інфрачервоне випромінювання здійснює на організм людини, в основному, теплову дію. Тому джерелами інфрачервоного випромінювання є будь-які нагріті тіла, причому їх температура й визначає інтенсивність теплового випромінювання.

Залежно від довжини хвилі інфрачервоне випромінювання поділяється на короткохвильове з довжиною хвилі від 0,76 до 1,4 мкм та довгохвильове – понад 1,4 мкм. Саме довжина хвилі значною мірою обумовлює проникну здатність інфрачервоного випромінювання. Найбільшу проникну здатність мають короткохвильові інфрачервоні випромінювання, які впливають на органи та тканини організму людини, що знаходяться на глибині кількох сантиметрів від поверхні тіла. Промені довгохвильового діапазону затримуються поверхневим шаром шкіри.

Вплив інфрачервоного випромінювання на людину може бути загальним та локальним і призводить, зазвичай, до підвищення температури. При

довгохвильових випромінюваннях підвищується температура поверхні тіла, а при короткохвильових – органів та тканин організму, до яких здатні проникнути промені. Більшу небезпеку являють собою короткохвильові випромінювання, які можуть здійснювати безпосередній вплив на оболонки та тканини мозку і тим самим призвести до виникнення теплового удару. Людина при цьому відчуває запаморочення, біль голови, порушується координація рухів, настає втрата свідомості.

Інфрачервоне випромінювання впливає на організм людини, порушуючи його нормальну діяльність та функціонування органів і систем організму, що може призвести до появи професійних та професійно зумовлених захворювань.

Ступінь впливу інфрачервоного випромінювання залежить від ряду чинників: спектру та інтенсивності випромінювання, площі випромінювальної поверхні; розмірів ділянок тіла людини, що опромінюються; тривалості впливу; кута падіння променів.

У промисловості джерелами інтенсивного випромінювання хвиль інфрачервоного спектру є: нагріті поверхні стін, печей та їх відкриті отвори, ливарні та прокатні стани, струмені розплавленого металу, нагріті деталі та заготовки, різні види зварювання та плазмової обробки.

До основних заходів та засобів щодо зниження шкідливої дії інфрачервоного випромінювання належать:

- зниження інтенсивності випромінювання джерел шляхом удосконалення технологічних процесів та устаткування;
- раціональне розташування устаткування, що є джерелом інфрачервоного випромінювання;
- автоматизація та дистанційне керування технологічними процесами.

#### **4.2. Аналіз технічних заходів щодо попередження електротравм**

Поява напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними

заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне заземлення, занулення, захисне відключення.

**Захисне заземлення.** Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезопасность. Термины и определения”, захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин електроустановок, які можуть опинитись під напругою.

Захисному заземленню підлягають:

- електроустановки напругою 380 В і більше змінного струму і 440 В і більше постійного струму незалежно від категорії приміщень (умов) щодо безпеки електротравм;

- електроустановки напругою більше 42 В змінного струму і більше 110 В постійного струму в приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою електротравм, а також електроустановки поза приміщеннями;

- всі електроустановки, що експлуатуються у вибухонебезпечних зонах (з метою попередження вибухів).

Принципова схема функціонування захисного заземлення наведена на рис. 4.1.

Відповідно до зазначеного заземлюються:

- неструмовідні частини електричних машин, апаратів, трансформаторів;
- каркаси розподільчих щитів, шаф, щитів управління, а також їх знімні частини і частини, що відкриваються, якщо на них встановлено електрообладнання напругою більше 42 В змінного і більш 110 В постійного струму.

- металеві конструкції розподільчих пристроїв, металеві кабельні коробки й інші кабельні конструкції, металеві кабельні муфти, металеві гнучкі рукави і труби електропроводки, електричні світильники;

- металоконструкції виробничого обладнання, на якому є споживачі електроенергії;

- опори повітряних ліній електропередач.

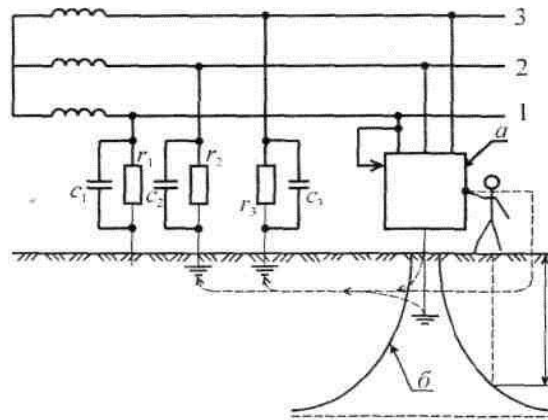


Рисунок 4.1 – Принципова схема функціонування захисного заземлення:  
а – електроустановка; б – розподіл потенціалів на поверхні землі в зоні розтікання струму.

**Занулення.** Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 „Електробезопасность. Термины и определения”, занулення в загальному розумінні – це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмовідних частин, які можуть опинитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Занулення в електроустановках – це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим вводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму.

**Захисне відключення.** Призначення захисного відключення – відключення електроустановки при пошкодженні ізоляції і переході напруги на неструмовідні її елементи. Застосовується в доповнення до захисного заземлення (занулення) для забезпечення надійного захисту, перш за все, в умовах особливої небезпеки електротравм.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз вимог щодо освітлення приміщень, в яких здійснюється швейне виробництво. Встановлено, що основною вимогою щодо освітлення швейних цехів є забезпечення умов для виконання зорових робіт високої точності. Проаналізовано системи освітлення швейних цехів та майстерень та основні фактори, від котрих залежить вибір конкретної системи.

2. Розглянено споживачів електричної енергії у швейній майстерні, котрих можна умовно розділити на три групи: основне технологічне обладнання, допоміжне обладнання та освітлення. Встановлено, що споживачі цих груп відносяться до третьої категорії за надійністю електропостачання, а приміщення швейної майстерні можна розділити на три групи: основні приміщення, адміністративні приміщення та інші допоміжні приміщення.

3. На основі результатів світлотехнічного розрахунку отримано кількості та потужності світлових приладів для забезпечення рівнів нормованої освітленості для приміщень майстерні.

4. За допомогою програмного пакету DIALux здійснено перевірочний розрахунок систем освітлення приміщень котельні. В результаті розрахунків встановлено, що для забезпечення відповідності освітлювальної установки робочого освітлення нормативним вимогам щодо освітленості, необхідним є використання світлодіодних світильників із косинусною кривою сили світла із сумарною потужністю 3,682 кВт.

5. На підставі результатів розрахунку навантажень швейної майстерні встановлено, що повна потужність групи силових споживачів основного обладнання становить 11,48 кВА, а загальна повна розрахункова потужність становить 19,85 кВА.

6. Запропоновано систему електропостачання при якій силове обладнання та щит освітлення живляться від силового щита. Для даної системи електропостачання на підставі розрахунків визначено перерізи жил та кабелів із врахуванням допустимих втрат напруги на світлових приладах.

7. Встановлено, що щоб втрати напруги в електричній освітлювальній мережі не перевищували допустимих значень, необхідно для лінії живлення силового щита використати кабель з площею поперечного перерізу жил  $10 \text{ мм}^2$ , а для лінії живлення щита освітлення –  $4 \text{ мм}^2$ . Для групових ліній по умовах допустимого нагріву та мінімуму провідникового матеріалу достатньо використовувати кабелі із площею поперечного перерізу жил  $1,5 \text{ мм}^2$ .

8. На основі результатів розрахунку робочих струмів вибрано апарати захисту групових ліній електричної мережі швейної майстерні. Для захисту силових споживачів основного та допоміжного обладнання використано автоматичні вимикачі зі струмочасовою характеристикою типу С, а для захисту групових ліній електричної освітлювальної мережі, котрі живлять світлові прилади системи робочого освітлення майстерень та адміністративних приміщень, пропонується використати автоматичні вимикачі із характеристикою D із значеннями струму вставки 16 та 6 А.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Курс лекцій з дисципліни «Проектування промислового освітлення» для студентів спеціальності 8.05070105 «Світлотехніка і джерела світла» / Укл. Костик Л.М., ТНТУ, 2015. - 132 с.
2. ДБН В.2.5 – 28 – 2018. Природне і штучне освітлення.– К.: Мінрегіон України, 2018.– 137 с.
3. Говоров П.П. 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.
4. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.
5. ДББ26У Селена-LED [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 11 листопада]. Режим доступу:[http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRAUKR\\_DBB26U\(SELENA-LED\)-LBB26U\(SELENA-KLL\).pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRAUKR_DBB26U(SELENA-LED)-LBB26U(SELENA-KLL).pdf)
6. ДПП07В [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 13 листопада]. Режим доступу:[http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DPP07V.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DPP07V.pdf)
7. Тищенко Г.А. Осветительные установки.: Учебник для учащихся техникумов специальности "Электроосветительные приборы и установки". / Г.А. Тищенко – М.: Высшая школа, 1984. – 247 с.; ил.
8. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Знак, 2006. – 972 с.: ил.
9. Проектирование осветительных установок: электронное учебное пособие / В.В. Вахнина [и др.]. – Тольяти : Изд-во ТГУ, 2015 – 1 оптический диск.
10. Епанешников М.М. Электрическое освещение / М.М. Епанешников. – М.: Энергия, 1973. – 320 с.



11. Макаров Д.Н. Методы комп'ютерного моделирования осветительных установок: дис. ... кандидата техн. наук: 05.09.07 / Макаров Денис Николаевич. – М, 2007. – 121 с.

12. Єгоров О.Б. Проектування систем електропостачання: Методичні рекомендації до виконання практичних робіт „Використання комп'ютерних технологій при проектуванні СЕП” з дисципліни «Проектування систем електропостачання» для студентів енергетичних спеціальностей ННІ енергетики та комп'ютерних технологій денної та заочної форм навчання. – Х.: ХНТУСГ, 2016. - 40 с.

13. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування. Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 280 с.

14. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Структура енергетичного господарства підприємства та ресурсне планування енерговикористання» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ Укл.: к.т.н., доцент Хмельницький С.Д. - Кам'янське: ДДТУ, 2017.– 42 стор.

15. Правила улаштування електроустановок. – К.: Мінрегіонвугілля України, 2017. – 617 с.

16. ДБО01ВСП, ДБО02ВСП (аварійний) [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 25 листопада]. Режим доступу:[http://vatra.ua/download/PDF\\_VATRA/prom/VATRA-UKR\\_DBO01VSPDBO02VSP.pdf](http://vatra.ua/download/PDF_VATRA/prom/VATRA-UKR_DBO01VSPDBO02VSP.pdf)

17. АВВ подробные характеристики [Електронний ресурс] – [Цит.

18. Автоматический выключатель АВВ S803В-С80 (2ССS813001R0804) [Електронний ресурс] – [Цит. 2021, 5 грудня]. Режим

д

о

с

т

19. Гайдамака В.В. Використання ефективних засобів освітлення промислових приміщень // В.В. Гайдамака; В.С. Душа; Д.І. Черчик; Я.М. Осадца – Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 24 – 25 листоп. 2021.). Том II / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – С. 125.