

Реферат

ГОРЮК Андрій Віталійович Дослідження заходів зниження витрат електричної енергії в системі електропостачання підприємства для обробки деревини" // Кваліфікаційна робота. Кам'янець-Подільський : ЗВО ПДУ, 2025 – 102 с.

У кваліфікаційній роботі було проведено розрахунок параметрів електроустаткування, на основі яких та у відповідності з вимогами до технологічного процесу було обрано: компенсуючі, комутаційні і захисні пристрої і апарати, вимірювальні і силові трансформатори, кабельні лінії.

Для розрахунку освітлення автоматизованого цеху використовувалося програмне забезпечення DIALux 4.13. Ця програма забезпечує високу точність розрахунку освітленості необхідних робочих зон.

Особливу увагу при виконанні роботи було приділено питанням техніки безпеки та охорони праці. Для службового персоналу представленого автоматизованого цеху ставляться високі вимоги по дотриманню правил техніки безпеки на підприємстві під час роботи з будь-яким електрообладнанням.

Проведено розрахунок оплати праці електротехнічного персоналу автоматизованого цеху, виконано економічний розрахунок капітальних витрат на ремонт електроустаткування підприємства.

Ключові слова: електропостачання автоматизованого цеху, трансформатори, кабельна лінія, компенсуючий пристрій, освітлення DIALux.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ПУЕ – правила улаштування електроустановки;

НН – низька напруга;

ВН – висока напруга;

РПНН – розподільчий пункт низької напруги;

ЛЕП – лінія електропередачі;

КП – компенсуючий пристрій;

КА - комутаційний апарат;

СП – силовий пункт;

КЗ – коротке замикання;

РЗ – релейний захист;

ТП – трансформаторна підстанція;

ГПП – головна понижуюча підстанція;

ТН – трансформатор напруги;

ТС – трансформатор струму;

ЗП – заземлюючий пристрій;

ОБ - одиночний блискавковідвід;

АВ – автоматичний вимикач;

АД – асинхронний двигун;

ПВ – тривалість ввімкнення;

ТРР - трудомісткість ремонтних робіт;

ФРЧ - фонд робочого часу;

ЗП – заробітна плата;

ФОП – фонд оплати праці;

ППР – планово попереджувальний ремонт.

Зміст

Вступ	8
1. Аналіз об'єкта проектування.....	9
1.1 Визначення електричних навантажень	11
2. Розрахункова частина	18
2.1 Розрахунок та обрання компенсуючих пристроїв реактивної потужності	18
2.2 Вибір типу трансформаторної підстанції. Визначення кількості та потужност і трансформаторів цехової ТП	19
2.3 Розрахунок номінальних струмів усіх споживачів та обрання живлячих кабе лів	21
2.4 Розрахунок та обрання захисної і комутаційної апаратури.....	25
2.5 Розрахунок струмів КЗ (короткого замикання).....	30
2.6 Перевірка електрообладнання та струмопровідних частин на динамічну і тер мічну стійкість.....	34
2.7 Вибір трансформаторів струму і напруги	36
3. Охорона праці	40
3.1 При проведенні робіт на свердлильному верстаті.	40
3.2 При експлуатації ручного електроінструменту.....	44
3.3 При проведенні робіт на токарних верстатах	50
3.4 Розрахунок грозозахисту та заземлення.....	55
3.5 Розрахунок освітлення приміщень цеху програмними засобам и DIALux	60
4. Економічна частина	72
4.1 Організація технічного обслуговування і ремонту електроустаткування	74
4.2 Розрахунок чисельності чергового і ремонтного персоналу	82
4.3 Визначення капітальних витрат на електроустаткування	86

4.4 Визначення поточних витрат на електроустаткування	89
4.5 Техніко-економічні дані електрослужби автоматизованого	97
Загальні висновки	98
Список використаної літератури.....	100
Додаток А	102
Додаток Б.....	103
Додаток В	104

Вступ

В умовах сьогодення, основою розвитку базових галузей індустрії, що обумовлюють прогрес суспільного виробництва є - енергетика. В кожній індустріально розвиненій країні темп розвитку енергетики значно випереджав рівень розвитку інших галузей. Так, сформувалися системи електропостачання.

Система електропостачання являє собою сукупність електроустановок, які виконують функцію забезпечення споживачів електроенергією.

Під електроустановками слід розуміти сукупність апаратів, машин, ліній та допоміжного обладнання (в сукупності із приміщеннями і спорудами в яких вони розміщені), яке призначене для виробництва, передачі, трансформації, розподілу та перетворення електроенергії в інші типи енергії.

Промислові підприємств є основними споживачами електричної енергії, на яких електрична енергія має розподілятися і споживатися різноманітними електроприймачами з високою надійністю та економічністю. Електричне обладнання яке є новим, в першу чергу те, що функціонує в автоматичному режимі – автоматизовані лінії, або потребує постійного програмування для здійснення своїх функцій, виставляє високі вимоги як до надійності електропостачання так і до якості електричної енергії в цілому. У зв'язку з цим у кваліфікаційній роботі до уваги прийняті як категорія по надійності електрозабезпечення автоматизованого цеху, так і показники якості електричної енергії (коефіцієнт потужності, можливі провали напруги, відхилення напруги) відповідно до чинного законодавства України.

1. Аналіз об'єкта проектування

Проектований цех є частиною металургійного заводу і призначений для випуску металевих виробів. Обладнання за допомогою якого виконується металообробка працює в тривалому режимі. Цехова трансформаторна підстанція (ТП) отримує електропостачання від ГПП заводу по кабельній лінії довжиною 1 км, напруга - 10 кВ. Відстань від енергосистеми до ГПП – 4 км, лінія електропостачання - повітряна. З метою забезпечення норм охорони праці у приміщенні цеху використовується сучасна та потужна вентиляційна апаратура, яка в свою чергу забезпечує видалення пилу та стружки, що утворюється в процесі роботи верстатів та подає чисте повітря до приміщення.

Категорія будівлі у відповідності до надійності електропостачання – II, тому, що під час технологічного процесу будь-яка зупинка може призвести до суттєвих економічних збитків.

У відповідності до вихідних даних:

- зібрати схему електропостачання автоматизованого цеху;
- обрати трансформатори, живильні кабелі, комутаційну та захисну апаратуру;
- провести розрахунок засобів заземлення та грозозахисту будівлі;
- виконати розробку проектних креслень.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики електрообладнання цеху

Назва	Тип/Примітка	Кількість, шт	P_H , кВт	Коефіцієнт використання, Кв	$\cos\varphi$
Прес ексцентриковий	Ка-213	6	2.5	0.7	0.74
Прес кривошипний	К-240	5	4.2	0.6	0.81

Продовження таблиці 1.1

Назва	Тип	Кількість, шт	P_H , кВт	Коефіцієнт використання, Кв	$\cos\varphi$
Вертикально-свердлильний верстат	2А 125	4	3.5	0.5	0.8
Зварювальний перетворювач	ПСО-300 220 В	2	12	0.9	0.88
Автомат болтовисадочний		1	3.4	0.9	0.86
Автомат різьбонакатувальний		1	3.8	0.75	0.86
Протяжний верстат		1	8.5	0.7	0.88
Автомат гайковисадочний		2	22	0.65	0.85
Барaban гартувальний		2	4	0.9	0.87
Барaban віброгартувальний		1	5	0.5	0.86
Віброгартувальний верстат		1	10	0.9	0.83
Автомат обрубний		1	3.5	0.7	0.8
Машина шнекомийна		1	3.5	0.9	0.8
Автомат гайкорізний		10	1.8	0.6	0.8

Продовження таблиці 1.1

Назва	Тип	Кількість, шт	P_H , кВт	Коефіцієнт використання, Кв	$\cos\varphi$
Кран-візок	ТВ=60%	1	2.2	0.6	0.86
Електроточило	220 В	2	2.2	0.75	0.86
Автомат трипозиційний висадочний		1	6	0.7	0.8
Вібросито	220 В	2	0.8	0.7	0.8
Вентилятор		2	4	0.65	0.85

Таблиця 1.2 – Дані для розрахунку заземлення, КЗ та грозозахисту

$S_{КЗ}$, МВА	ρ , Ом/м	A, м	B, м	h, м	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	I_3 , А	Кліматична зона
200	300	48	30	8	10	0.4	10	2

1.1 Визначення електричних навантажень

Для розрахунку необхідно привести значення потужностей всіх споживачів до значення тривалого режиму при напрузі живлення 380 В.

Приведемо значення потужності крана-візка, $P_{H.ТР}$, кВт, у відповідність з тривалим режимом за формулою:

$$P_{H.ТР} = P_H * \sqrt{ТВ} = 2.2 * \sqrt{0.6} = 1.7 \text{ кВт}$$

де P_H – номінальна потужність споживача, кВт;

ТВ – тривалість вмикання у відносних одиницях.

Оскільки в цеху присутні електроприймачі, що мають напругу живлення 220 В, розбиваємо найбільш рівномірно навантаження на фази та проводимо приведення їх потужностей до значень при напрузі 380 В.

Фаза А – зварювальний перетворювач ПСО-300 1шт;

Фаза В – зварювальний перетворювач ПСО-300 1 шт;

Фаза С – електроточило 2шт, вібросито 2 шт.

Оскільки споживачі розподілені по фазам не рівномірно, розраховуємо коефіцієнт нерівномірності H , %, за формулою:

$$H = (P_{\text{НБ.Ф}} - P_{\text{НМ.Ф}}) / P_{\text{НМ.Ф}} * 100\% = (12 - 6) / 6 * 100\% = 100\%$$

де $P_{\text{НБ.Ф}}$ – потужність найбільш завантаженої фази, кВт;

$P_{\text{НМ.Ф}}$ – потужність найменш завантаженої фази, кВт.

Оскільки $H > 15\%$ і кількість однофазних споживачів більше ніж, умовну приведену трифазну потужність $P_{\text{У}}^{(3)}$, кВт, розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{У}}^{(3)} = 3 * P_{\text{Н}}^{(1)} = 3 * 12 = 36 \text{ кВт}$$

Всі електроспоживачі розділяємо на однорідні у відповідності до режиму роботи групи при однаковому значенні коефіцієнта використання. Необхідні дані для розрахунку наведені в таблиці 1.1.

Так, як всі споживачі функціонують у тривалому режимі роботи, встановлена потужність електроспоживачів $P_{\text{В}}$, кВт, розраховується за формулою:

$$P_{\text{В}} = P_{\text{Н}} * n$$

де n – кіл-ть споживачів відповідного типу;

$P_{\text{Н}}$ – номінальна потужність (НП) споживача, кВт.

Для груп з однорідних електроприймачів середнє активне навантаження найбільш завантаженої зміни $P_{\text{СМ}}$, кВт визначається за формулою:

$$P_{\text{СМ}} = K_{\text{В}} * P_{\text{В}}$$

де $P_{\text{В}}$ – встановлена потужність, кВт;

$K_{\text{В}}$ – коефіцієнт використання.

та реактивне навантаження $Q_{\text{СМ}}$, кВар визначається за формулою:

$$Q_{\text{СМ}} = P_{\text{СМ}} * \text{tg}\varphi$$

Результати розрахунків відображені у таблиці 1.3.

Підраховуємо для вузла приєднання активні складові потужностей груп неоднорідних електроспоживачів $P_{\text{СМ.Вуз}}$, кВт за допомогою формули:

$$P_{CM.Вуз} = \sum P_{CM} = 180.88 \text{ кВт}$$

та визначаємо реактивні складові потужностей груп неоднорідних електроспоживачів $Q_{CM.Вуз}$, кВАр за допомогою формули:

$$Q_{CM.Вуз} = \sum Q_{CM} = 112.532 \text{ кВАр}$$

Підсумовуємо встановлену потужність усіх електроприймачів вузла $P_{B.Вуз}$, кВт за допомогою формули:

$$P_{B.Вуз} = \sum P_B = 245.4 \text{ кВт}$$

Таблиця 1.3 – Результати проведених розрахунків

Назва	P_B , кВт	P_{CM} , кВт	Q_{CM} , кВАр	$tg\varphi$
Прес ексцентриковий	15	10.5	9.544	0.9089
Прес кривошипний	21	12.6	9.122	0.7240
Вертикально-свердлильний верстат	14	7	5.250	0.7500
Зварювальний перетворювач	72	648	34.975	0.5397
Автомат болтовисадочний	3.4	3.06	1.816	0.5934
Автомат різьбонакатувальний	3.8	2.85	1.691	0.5934
Протяжний верстат	8.5	5.95	3.211	0.5397
Автомат гайковисадочний	44	28.6	17.725	0.6197
Барaban гартувальний	8	7.2	4.080	0.5667
Барaban віброгартувальний	5	2.5	1.483	0.5934
Віброгартувальний верстат	10	9	6.048	0.672
Автомат обрубний	3.5	2.45	1.838	0.75
Машина шнекомийна	3.5	3.15	2.363	0.75
Автомат гайкорізний	18	10.8	6.408	0.5934
Кран-візок	1.7	1.02	0.605	0.5934
Електроточило	-	-	-	0.5934

Продовження таблиці 1.3

Назва	P_B , кВт	P_{CM} , кВт	Q_{CM} , кВАр	$tg\varphi$
Автомат трипозиційний висадочний	6	4.2	3.15	0.75
Вібросито	-	-	-	0.75
Вентилятор	8	5.2	3.223	0.6197

Знаходимо середньозважене значення коефіцієнта використання необхідного вузла, $K_{B.Вуз}$ за допомогою формули:

$$K_{B.Вуз} = P_{CM.Вуз} / P_{B.Вуз} = 180.88 / 245.4 = 0.737$$

Знаходимо середньозважене значення коефіцієнта потужності необхідного вузла, $tg\varphi_{Вуз}$ за допомогою формули:

$$tg\varphi_{Вуз} = Q_{CM.Вуз} / P_{CM.Вуз} = 112.532 / 180.88 = 0.6221$$

виходячи зі значення отримуємо: $tg\varphi_{Вуз}$, $cos\varphi_{Вуз} = 0.8491$

Визначаємо ефективне число споживачів автоматизованого цеху. Знаходимо коефіцієнт m , за допомогою формули:

$$m = P_{Hmax} / P_{Hmin} = 36 / 1.8 = 20$$

де P_{Hmin} – номінальна потужність найслабшого споживача, кВт;

P_{Hmax} – номінальна потужність найбільш потужного споживача, кВт.

Під час виконання умов: $K_B \geq 0.2$ та $m > 3$, ефективне число споживачів автоматизованого цеху n_{ef} , шт. визначається за формулою:

$$n_{ef} = 2 * \sum P_{Hi} / P_{Hmax} = 2 * 245.4 / 36 = 22.309 \approx 22 \text{ шт}$$

де $\sum P_{Hi}$ – сума номінальних потужностей усіх споживачів, кВт.

Визначивши $K_{B.Вуз}$ та n_{ef} , знаходимо коефіцієнт максимуму:

$$K_M = 1.0889.$$

Знаходимо максимальне розрахункове навантаження необхідного вузла P_M ,

кВт, за допомогою формули:

$$P_M = K_M * P_{CM.Буз} = 1.0889 * 180.88 = 196.968 \text{ кВт}$$

та визначаємо розрахункове реактивне навантаження Q_M , кВАр, за допомогою формули:

$$Q_M = K_M * Q_{CM.Буз} = 1.0889 * 112.532 = 122.541 \text{ кВАр}$$

Розраховуємо повну потужність споживачів S_M , кВА, за допомогою формули:

$$S_M = \sqrt{(P_M + P_{OCB})^2 + Q_M^2} = \sqrt{(196.968 + 7.879)^2 + 122.541^2} = 238.702 \text{ кВА}$$

де P_{OCB} – потужність освітлення цеху, кВт;

P_M та Q_M – розрахункові потужності споживачів з $K_B \geq 0.2$.

Знаходимо потужність освітлення P_{OCB} кВт, за формулою:

$$P_{OCB} = P_M * 4\% / 100\% = 196.968 * 4\% / 100\% = 7.879 \text{ кВт}$$

Для розподілення електроенергії використовуємо радіальну схему, задля збільшення надійності електропостачання.

Розраховуємо потужності, розділивши споживачів за групами з'єднання з силовими пунктами. Розрахункова потужність силових пунктів P_P , кВт, визначається за допомогою формули:

$$P_P = P_B * K_B$$

де P_B – встановлена потужність СП, кВт.

Результати проведених розрахунків наведені в таблицях 1.4 - 1.10.

Таблиця 1.4 – Дані споживачів, які під'єднані до силового пункту СП1

Найменування споживача	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Перетворювач зварювальний	2	0.9	72	64.8
Елетроточило	2			
Вібросито	2			

Таблиця 1.5 – Дані споживачів, які під'єднані до силового пункту СП2

Найменування споживача	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Прес ексцентриковий	6	0.603	29	25.24
Верт.-свердлильний верстат	4			

Таблиця 1.6 – Дані споживачів, які під'єднані до силового пункту СП3

Найменування споживача	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Прес кривошипний	5	0.746	43.7	32.6
Автомат болтовисадочний	1			
Автомат різьбонакатувальний	1			
Протяжний верстат	1			
Автомат обрубний	1			
Машина шнекомийна	1			

Таблиця 1.7 – Дані споживачів, які під'єднані до силового пункту СП4

Найменування споживача	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Автомат гайковисадочний	2	0.65	44	28.6

Таблиця 1.8 – Дані споживачів, які під'єднані до силового пункту СП5

Найменування споживача	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Барабан гартувальний	2	0.813	23	18.699
Барабан віброгартувальний	1			
Віброгартувальний верстат	1			

Таблиця 1.9 – Дані споживачів, які під'єднані до силового пункту СП6

Найменування споживача	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Автомат гайкорізний	10	0.6	18	10.8

Таблиця 1.10 – Дані споживачів, які під'єднані до силового пункту СП7

Найменування споживача	Кількість, шт	K_B	P_B , кВт	P_P , кВт
Кран-візок	1	0.662	16.6	10.724
Автомат трипозиційний висадочний	1			
Вентилятор	2			

2. Розрахункова частина

2.1 Розрахунок та обрання компенсуючих пристроїв реактивної потужності

Для того, щоб дати відповідь на питання про доцільність чи недоцільність застосування компенсуючих пристроїв визначимо середньозважений коефіцієнт потужності:

$$\cos\varphi_{\text{CP.B}} = P_M / S_M = 196.968 / 238.702 = 0.83$$

де S_M – повна потужність споживачів, кВА;

P_M – розрахункове навантаження вузла (максимальне), кВт.

Так, як середньозважений коефіцієнт потужності має значення менше 0.9 то потрібно проводити розрахунок компенсуючого пристрою.

За для підвищення $\cos\varphi_{\text{CP.B}}$ до значення 0.9-0.93 використовуємо батареї статичних конденсаторів та визначаємо реактивну потужність даних конденсаторів $Q_{\text{КП}}$, кВАр за допомогою формули:

$$Q_{\text{КП}} = P_M * (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2) = 196.968 * (0.6846 - 0.3952) = 56.994 \text{ кВАр}$$

де $\operatorname{tg}\varphi_1$ – тангенс кута, який відповідає $\cos\varphi_{\text{CP.B}} = 0.83$;

$\operatorname{tg}\varphi_2$ – тангенс кута необхідного коефіцієнта потужності ($\cos\varphi_{\text{B}} = 0.93$).

Дані обраних КП наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри визначеного компенсуючого пристрою [15]

Тип	Кількість, шт	$Q_{\text{КУ}}$, кВАр	$U_{\text{Н}}$, кВ
КРМ 0.4-32.4-3.6 УЗ-У1	2	32.4	0.4

За для забезпечення безпеки, щоб нейтралізувати заряд на відключених від електричної мережі конденсаторах, паралельно та автоматично повинні включатись розрядні резистори $R_{\text{РОЗР}}$, Ом, величина яких підраховується за формулою:

$$R_{\text{РОЗР}} = \frac{(15 * U_{\Phi}^2 * 10^6)}{Q_{\text{КУ}}} = \frac{(15 * 0.4^2 * 10^6)}{32.4} = 74074.07 \text{ Ом}$$

де $Q_{\text{КУ}}$ – потужність конденсаторної батареї, кВАр;

U_{Φ} – напруга однієї фази конденсаторної батареї, кВ.

2.2 Вибір типу трансформаторної підстанції. Визначення кількості та потужності трансформаторів цехової ТП

Оскільки на вищій стороні напруга дорівнює 10 кВ, то обираємо закритий тип підстанції так, як відкритий тип підстанції будують для 35 кВ і вище. ТП розташована безпосередньо у будівлі цеху в окремо відведеному приміщенні. В даному випадку було обрано звичайну трансформаторну підстанцію за рахунок цього зменшуються вимоги до набору персоналу по її обслуговуванню. Так, як категорія надійності електропостачання автоматизованого цеху – II, використовуємо 2 трансформатори з РПНН. З'єднуємо трансформатори з РПНН шляхом кабельної вставки тому, що її легше змонтувати. Застосовуємо 5 шаф РПНН: 1 секційну, 2 ввідних та 2 лінійних. Тип шаф РПНН – ЩО-90, та з розмірами 800*600*2000 мм.

Після підключення обраної конденсаторної батареї необхідну потужність, що мають забезпечувати трансформатори S_p , кВА знаходимо за допомогою формули:

$$S_p = \sqrt{(P_M + P_{\text{ОСВ}})^2 + (Q_M - n_{\text{КУ}} * Q_{\text{КУ}})^2} = \\ = \sqrt{(196.968 + 7.879)^2 + (122.541 - 2 * 32.4)^2} = 212.829 \text{ кВА}$$

де P_M – активна потужність споживачів (максимальна), кВт;

Q_M – реактивна потужність споживачів (максимальна), кВАр;

$n_{\text{КУ}}$ – кількість конденсаторних установок, шт.;

$P_{\text{ОСВ}}$ – потужність освітлення цеху, кВт;

$Q_{\text{КУ}}$ – потужність конденсаторної установки (однієї), кВАр.

Потужність трансформатора, що встановлено на живильній підстанції $S_{\text{Н.ТР}}$, кВА визначаємо за допомогою формули:

$$S_{H.TP} = S_P / K_3 * n = 212.829 / 0.75 * 2 = 141.886 \text{ кВА}$$

де n – сумарна кількість трансформаторів, шт;

K_3 – коефіцієнт завантаження трансформаторів, $K_3 = 0.75$ для приміщень з II категорією надійності електропостачання.

Оскільки середньорічна температура повітря, що охолоджує не становить 35°C , визначимо номінальне значення фактичної потужності трансформаторів $S_{H.Ф}$, кВА за допомогою формули:

$$S_{H.Ф} = S_{H.КАТ} * \left(1 + \frac{(35 - \theta)}{100}\right) = 250 * \left(1 + \frac{(35 - 22)}{100}\right) = 282.5 \text{ кВА}$$

де $S_{H.КАТ}$ – потужність трансформатора відповідно до каталогу, кВА. Обирається за умови: $S_{H.КАТ} \geq S_{H.TP}$;

θ – фактична середньорічна температура повітря, що охолоджує, $^\circ\text{C}$.

На ділянці маємо 2 трансформатори, отже необхідно перевірити кожний трансформатор за післяаварійним режимом у разі виникнення несправності одного з трансформаторів, виконуємо перевірку за допомогою наступної формули:

$$\begin{aligned} S_{AB} &= \sqrt{(P_{M1} + P_{OCB} + 0.5P_{M2})^2 + (Q_{M1} + 0.5Q_{M2} - n_{КУ} * Q_{КУ})^2} = \\ &= \sqrt{(196.968 + 7.879 + 0.5 * 0)^2 + (122.541 + 0.5 * 0 - 2 * 32.4)^2} = \\ &= 223.803 \text{ кВА} \end{aligned}$$

де P_{M1}, Q_{M1} – розрахункові потужності споживачів з $K_B \geq 0,2$;

P_{M2}, Q_{M2} – розрахункові потужності споживачів з $K_B < 0,2$;

Виконуємо перевірку у відповідності до вищенаведеної умови:

$S_{H.Ф} = 282.5 \geq S_{AB} = 223.803$ кВА. Умова виконується, отже обираємо трансформатори ТМГ-250/10-У1. Дані обраних трансформаторів представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри трансформаторів [7]

Тип	$S_{НОМ}$, кВА	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	Габаритні розміри, мм	U_K , %	$I_{ХХ}$, %	ПБЗ
ТМГ-250/10-У1	250	10	0.4	1170x760x1280	4.5	0.45	$\pm 2 \times 2.5\%$

2.3 Розрахунок номінальних струмів усіх споживачів та обрання живлячих кабелів

Номінальний струм споживача при $U_H = 380$ В, I_H , А знаходимо за формулою:

$$I_H = \frac{P_H}{(\sqrt{3} * U_H * \cos\varphi)}$$

де U_H – номінальна лінійна напруга, кВ;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності споживача;

P_H – номінальна потужність споживача, кВт.

Номінальний струм споживача при $U_H = 220$ В, I_H , А визначаємо за формулою:

$$I_H = \frac{P_H}{(U_H * \cos\varphi)}$$

У відповідності до розрахованих номінальних струмів приймачів визначаємо перетин кабелю та його тип відповідно до умови: $I_{\text{доп}} \geq I_H$. Результати проведених розрахунків представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дані обраних кабелів. Номінальні струми споживачів [14]

Найменування споживача	I_H , А	Марка обраного кабелю	$I_{\text{доп}}$, А
Прес ексцентриковий	5.133	ВВГ 5x2.5	25
Прес кривошипний	7.878	ВВГ 5x2.5	25
Верт.-свердлильний верстат	6.647	ВВГ 5x2.5	25
Зварювальний перетворювач	61.983	ВВГ 3x10	63
Автомат болтовисадочний	6.007	ВВГ 5x2.5	25
Автомат різьбонакатувальний	6.713	ВВГ 5x2.5	25
Протяжний верстат	14.675	ВВГ 5x2.5	25
Автомат гайковисадочний	39.324	ВВГ 5x6	42
Барaban гартувальний	6.985	ВВГ 5x2.5	25
Барaban віброгартувальний	8.833	ВВГ 5x2.5	25

Продовження таблиці 2.3.

Найменування споживача	I_H , А	Марка обраного ка- белю	$I_{\text{доп}}$, А
Вібругартувальний верстат	18.305	ВВГ 5х2.5	25
Автомат обрубний	6.647	ВВГ 5х2.5	25
Машина шнекомийна	6.647	ВВГ 5х2.5	25
Автомат гайкорізний	3.180	ВВГ 5х2.5	25
Кран-візок	3.887	ВВГ 5х2.5	25
Електроточило	11.628	ВВГ 3х2.5	27
Автомат трипозиційний висадочний	11.395	ВВГ 5х2.5	25
Вібросито	4.545	ВВГ 3х2.5	27
Вентилятор	7.15	ВВГ 5х2.5	25

Струм I_B , А силового пункту (встановлений) знаходимо за допомогою формули:

$$I_B = \frac{P_B}{(\sqrt{3} * U_H)}$$

де U_H – номінальна лінійна напруга, кВ;

P_B – задана потужність силового пункту, кВт.

Струм I_P , А силового пункту (розрахунковий) визначаємо за формулою:

$$I_P = \frac{P_P}{(\sqrt{3} * U_H)}$$

де P_P – розрахункова потужність силового пункту, кВт.

Відповідно до встановленого струму приймачів визначаємо перетин кабелю та його тип відповідно до умови: $I_{\text{доп}} \geq I_B$. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дані обраних кабелів. Розрахункові та встановлені струми силових пунктів [14]

Позначення силового пункту	I_B, A	I_P, A	Марка обраного кабелю	$I_{Доп}, A$
СП1	109.393	98.453	ВВГ 5x25	104
СП2	44.061	26.569	ВВГ 5x10	58
СП3	66.395	49.531	ВВГ 5x16	78
СП4	66.851	43.453	ВВГ 5x16	78
СП5	34.945	28.481	ВВГ 5x6	42
СП6	27.348	16.409	ВВГ 5x6	42
СП7	26.613	16.293	ВВГ 5x6	42

Струм трансформатора I_P, A для сторони НН та ВН знаходимо за допомогою формули:

$$I_P = \frac{(1.4 * S_{ТР})}{(\sqrt{3} * U_H)}$$

де U_H – номінальна лінійна напруга для сторони ВН/НН трансформатора, кВ;

$S_{ТР}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Результати розрахунків наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Дані обраних кабелів. Струми на сторонах НН та ВН трансформатора [14]

Сторона трансформатора	I_P, A	Марка обраного кабелю	$I_{Доп}, A$	$L, м$	$r_0, Ом/км$	$x_0, Ом/км$
ВН	20.207	АСБнлШнг 3x25	74	1000	1.24	0.099
НН	531.77	2xВБбШв 4x120	2x280	20	0.154	0.0602

Економічний переріз кабелю для сторони ВН $S_{ЕК}, мм^2$ знаходимо за допомогою формули:

$$S_{EK} = I_P / j_{EK} * n = 20.207 / 1.4 * 2 = 7.217 \text{ мм}^2$$

де n – кількість живлячих кабелів, які підключені до ТП згідно до вимог по надійності електропостачання II категорії;

j_{EK} – економічна густина струму, А/мм².

Фактичну втрату напруги для сторони ВН ΔU , % знаходимо за допомогою формули:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{\sqrt{3} * 100}{U_H} * I_P * L * (\cos\varphi * r_0 + \sin\varphi * x_0) = \\ &= \frac{\sqrt{3} * 100}{10000} * 20.207 * 1 * (0.93 * 1.24 + \sqrt{1 - 0.93^2} * 0.099) = 0.4\% \end{aligned}$$

де U_H – номінальна лінійна напруга для сторони ВН трансформатора, В;

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності, який був отриманий після встановлення засобів, що забезпечують компенсацію реактивної потужності;

L – довжина лінії, км.

$\Delta U = 0.4 \leq \Delta U_{\text{ДОП}} = 10\%$, умова виконується.

Струм основного освітлення I_{OCB} , А визначаємо за допомогою формули:

$$I_{OCB} = P_{OCB} / (\sqrt{3} * U_H) = 7.859 / (\sqrt{3} * 0.38) = 11.941 \text{ А}$$

де P_{OCB} – потужність освітлення, кВт.

Струм аварійного освітлення $I_{AB.OCB}$, А визначаємо за допомогою формули:

$$I_{AB.OCB} = I_{OCB} * 0.1 = 11.941 * 0.1 = 1.194 \text{ А}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Дані визначених кабелів основного і аварійного освітлення

[14]

Тип освітлення	I , А	Марка обраного кабелю	$I_{\text{ДОП}}$, А	L , м
Основне	11.941	ВВГ 5x2.5	25	10
Аварійне	1.194	ВВГ 5x1.5	19	10

Фактичну втрату напруги в освітленні ΔU , % визначаємо за допомогою формули:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 100}{U_H} * I_P * L * r_0 = \frac{\sqrt{3} * 100}{380} * 11.941 * 0.01 * 7.04 = 0.383 \%$$

$$\Delta U = 0.383 \leq \Delta U_{\text{доп}} = 7.5 \%, \text{ умова виконується.}$$

2.4 Розрахунок та обрання захисної і комутаційної апаратури

Задля забезпечення захисту комутації споживачів для сторони 0,4 кВ та для захисту від перевантаження та КЗ обираємо автоматичні вимикачі із тепловими та електромагнітними розчіплювачами.

Захисна та комутаційна апаратура перш за все має відповідати умовам:

$$U_{H.A} \geq U_{H.EM}; \quad I_{H.A} \geq I_{TP}$$

де $U_{H.EM}$ – номінальна напруга електричної мережі, де встановлено апарат, В;

$U_{H.A}$ – номінальна напруга апарата, В;

I_{TP} – розрахунковий довгочасний струм у колі з апаратом, А;

$I_{H.A}$ – номінальний струм апарата, А.

Пускові (пікові) струми споживачів I_{Π} , А визначаємо за допомогою формули:

$$I_{\Pi} = K_{\Pi} * I_H$$

де K_{Π} – коефіцієнт пуску, $K_{\Pi} = 7$;

I_H – номінальний струм споживача, А.

Визначаємо струм уставки розчіплювача електромагнітного для автоматичного вимикача $I_{УС.ЕМ}$, А за допомогою формули:

$$I_{УС.ЕМ} \geq K_3 * I_{\Pi}$$

де K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1.25$.

Струм уставки розчіплювача теплового для автоматичного вимикача $I_{УС.Т}$, А визначаємо за допомогою формули:

$$I_{УС.Т} \geq K_3 * K_{\text{ПЕР}} * I_H$$

де $K_{\text{ПЕР}}$ – коефіцієнт перевантаження, $K_{\text{ПЕР}} = 1.05$.

Результати розрахунків приведені у таблиці 2.7.

Дані вибраних автоматичних вимикачів представлені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.7 – Струми споживачів, що необхідні для вибору захисної та комутаційної апаратури

Назва споживача	I_H, A	$I_{П, A}$	$I_{УС.ЕМ}, A$	$I_{УС.Т}, A$
Прес ексцентриковий	5.133	35.93	44.913	6.737
Прес кривошипний	7.878	55.147	68.934	10.340
Верт.-свердлильний верстат	6.647	46.53	58.163	8.724
Зварювальний перетворювач	61.983	433.884	542.355	81.353
Автомат болтовисадочний	6.007	42.047	52.559	7.884
Автомат різьбонакатувальний	6.713	46.994	58.743	8.811
Протяжний верстат	14.675	102.728	128.41	19.262
Автомат гайковисадочний	39.324	275.269	344.086	51.613
Барабан гартувальний	6.985	48.898	61.123	9.168
Барабан віброгартувальний	8.833	61.834	77.293	11.594
Віброгартувальний верстат	18.305	128.137	160.171	24.026
Автомат обрубний	6.647	46.53	58.163	8.724
Машина шнекомийна	6.647	46.53	58.163	8.724
Автомат гайкорізний	3.180	22.26	27.825	4.174
Кран-візок	3.887	27.207	34.009	5.101
Електроточило	11.628	81.395	101.744	15.262
Автомат трипозиційний висадочний	11.395	79.765	99.706	14.956
Вібросито	4.545	31.818	39,773	5.966
Вентилятор	7.15	50.049	62,561	9.384

Таблиця 2.8 – Дані вибраних автоматичних вимикачів [17]

Назва споживача	Марка авт. вим.	$U_{НОМ}$, В	$I_{НОМ}$, А	$I_{УС.ЕМ}$, А	$I_{УС.Т}$, А
Прес ексцентриканий	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Прес кривошипний	ВА47-100 3Р	380	16	160	16
Верт.-свердлильний верстат	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Зварювальний перетворювач	ВА47-100 2Р	220	100	1000	100
Автомат болтовисадочний	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Автомат різьбонакатувальний	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Протяжний верстат	ВА47-100 3Р	380	25	250	25
Автомат гайковисадочний	ВА47-100 3Р	380	63	630	63
Барaban гартувальний	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Барaban віброгартувальний	ВА47-100 3Р	380	16	160	16
Віброгартувальний верстат	ВА47-100 3Р	380	25	250	25
Автомат обрубний	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Машина шнекомийна	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Автомат гайкорізний	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Кран-візок	ВА47-100 3Р	380	10	100	10
Електроточило	ВА47-100 2Р	220	16	160	16
Автомат трипозиційний висадочний	ВА47-100 3Р	380	16	160	16
Вібросито	ВА47-100 2Р	220	10	100	10
Вентилятор	ВА47-100 3Р	380	10	100	10

Також потрібно обрати магнітні пускачі із тепловими реле і кнопкою, що забезпечує віддалений пуск вентиляційних агрегатів. Дані вибраних магнітних пускачів представлені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Дані вибраних магнітних пускачів із тепловим реле [8]

Назва споживача	Марка маг. пуск. з тепл. реле	$U_{НОМ}$, В	$I_{НОМ}$, А	$I_{НОМ.ТР}$, А	$I_{УС.ТР}$, А
Вентилятор	ПКМ-09112, РТ1312	380	9	8	10

Задля забезпечення захисту силових пунктів від перевантаження та КЗ обираємо автоматичні вимикачі із тепловими та електромагнітними розчіплювачами, що відповідають умовам:

$$U_{Н.А} \geq U_{Н.ЕМ}; \quad I_{Н.А} \geq I_{ТР}$$

Сумарний довготривалий струм силового пункту I_{Σ} , А знаходимо за допомогою формули:

$$I_{\Sigma} = K_{НВ} * I_{В}$$

де $K_{НВ}$ – коефіцієнт неодночасності включення, $K_{НВ} = 1$;

$I_{В}$ – струм силового пункту (встановлений), А.

Струм уставки розчіплювача електромагнітного $I_{УС.ЕМ}$, А знаходимо за допомогою формули:

$$I_{УС.ЕМ} \geq I_{П} + K_{ПОП} * \sum_i^{n-i} I_{Н}$$

де $K_{ПОП}$ – коефіцієнт попиту по навантаженню усієї збірки, $K_{ПОП} = 1$;

$\sum_i^{n-i} I_{Н}$ – сума номінальних струмів усіх споживачів, які живляться від збірки з найбільшим пусковим струмом та без номінального струму споживача, А;

$I_{П}$ – пусковий (піковий) струм найбільш потужного споживача, який приєднаний до СП, А.

Результати проведених розрахунків представлені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Дані вибраних автоматичних вимикачів. Підраховані струми силових пунктів [17]

Позначення силового пункту	I_{Σ} , А	$I_{уc.EM}$, А	Марка авт. вим.	$U_{НОМ}$ В	$I_{НОМ}$, А	$I_{уc.EM}$ А	$I_{уc.ТР}$ А
СП1	109.393	508.803	ВА88-33 3Р	380	125	1250	125
СП2	44.061	97.269	ВА88-33 3Р	380	50	500	50
СП3	66.395	168.133	ВА88-33 3Р	380	80	800	80
СП4	66.851	314.593	ВА88-33 3Р	380	80	800	80
СП5	34.945	150.941	ВА88-33 3Р	380	40	500	40
СП6	27.348	50.88	ВА88-33 3Р	380	32	500	32
СП7	26.613	97.952	ВА88-33 3Р	380	32	500	32

Для забезпечення комутації на стороні НН та ВН в колі трансформатора, та комутації в РПНН виконуємо розрахунок вимикачів. Підбираємо вимикачі, які відповідають умовам:

$$U_{Н.А} \geq U_{Н.EM}; \quad I_{Н.А} \geq I_{max}$$

Максимальний струм на стороні ВН $I_{max}^{ВН}$, А розраховуємо за формулою:

$$I_{max}^{ВН} = \frac{1.4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{ВН}} = \frac{1.4 * 250}{\sqrt{3} * 10} = 20.207 \text{ А}$$

де $U_{ВН}$ – номінальна напруга для сторони ВН трансформатора, кВ;

$S_{НОМ}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Визначаємо струм у колі для ввідних вимикачів на стороні НН $I_{max}^{НН}$, А за допомогою формули:

$$I_{max}^{НН} = \frac{1.4 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{НН}} = \frac{1.4 * 250}{\sqrt{3} * 0.4} = 531.77 \text{ А}$$

де $U_{НН}$ – номінальна напруга для сторони НН трансформатора, кВ.

Знаходимо струм у колі для секційного вимикача $I_{max}^{СВ}$, А за допомогою формули:

$$I_{max}^{CB} = \frac{0.7 * S_{НОМ}}{\sqrt{3} * U_{НН}} = \frac{0.7 * 250}{\sqrt{3} * 0.4} = 265.885 \text{ А}$$

Дані підібраних вимикачів навантаження відображено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Дані підібраних вимикачів навантаження у трансформаторному колі та РПНН [18]

Місце встановлення	$U_{НОМ}$, кВ	I_{max} , А	Марка вимикача	$U_{НОМ.В}$, кВ	$I_{НОМ.В}$, А	$I_{В.мах}$, кА
Сторона ВН	10	20.207	ВН-11У3	10	400	31.5
Сторона НН	0.4	531.77	ВА88-40	0.4	630	35
РПНН	0.4	265.885	ВА88-40	0.4	400	35

2.5 Розрахунок струмів КЗ (короткого замикання)

Розрахунок будемо виконувати для найбільш потужного та найвіддаленішого споживача. Збираємо розрахункову схему для визначення струмів КЗ. Схеми відображені на рис. 1-2.

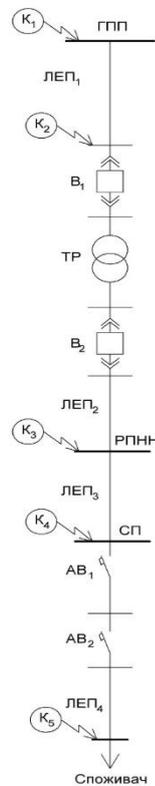


Рисунок 1 – Схема для визначення струмів КЗ в характерних точках

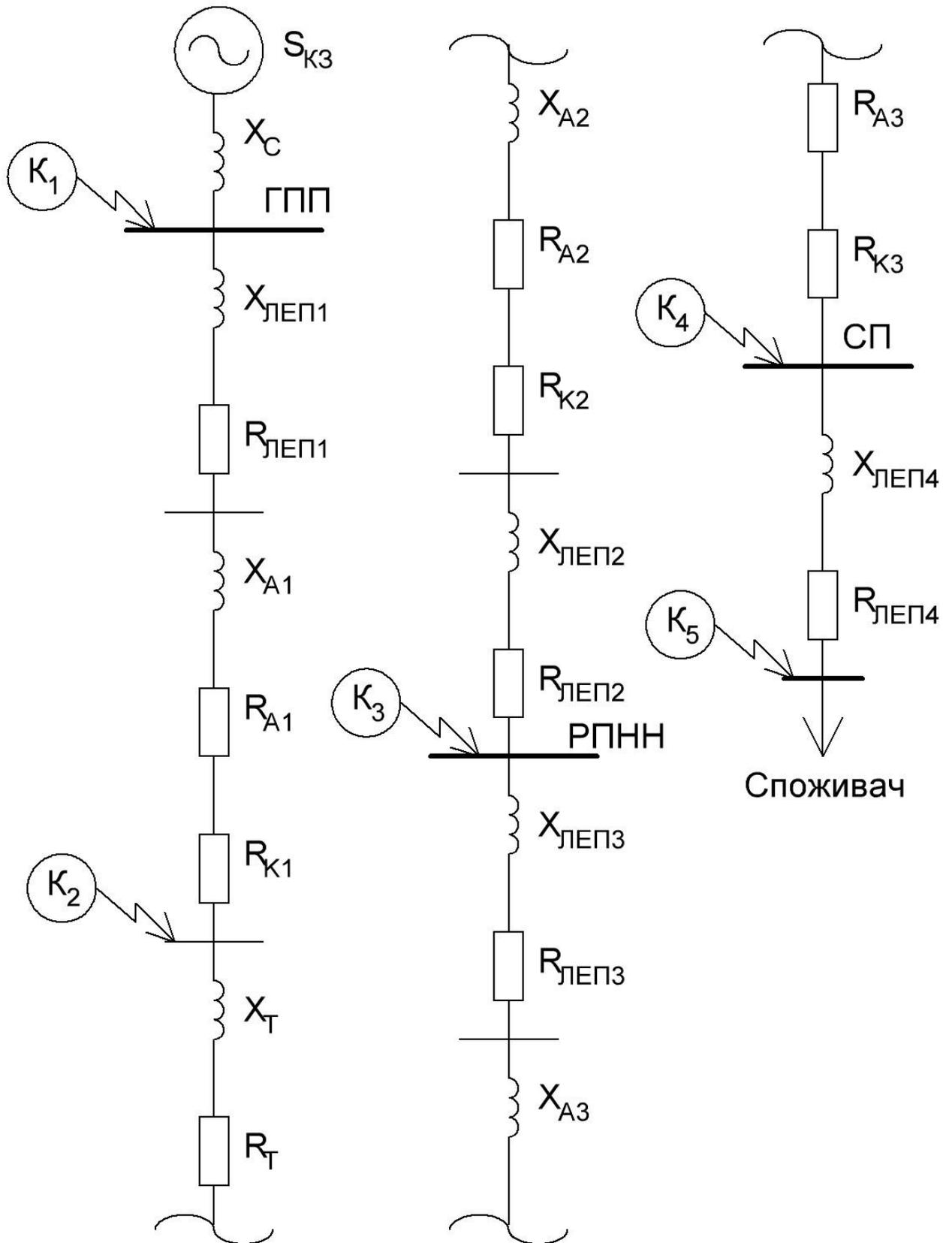


Рисунок 2 – Схема заміщення для визначення струмів КЗ

Визначаємо параметри елементів схеми відповідно до вихідних даних, що відображені в таблицях 2.12-2.14.

Таблиця 2.12 – Параметри трансформатора для визначення струмів КЗ [7]

Тип	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	U_K , %	$I_{ХХ}$, %	ΔP_K , кВт	$\Delta P_{ХХ}$, кВт	X_T , Ом	R_T , Ом
ТМГ-250/10-У1	10	0.4	4.5	0.45	3.7	1.58	2.813	0.145

Таблиця 2.13 – Внутрішні опори апаратів комутації для визначення струмів КЗ [17,18]

Місце встановлення	Марка	X_A , мОм	R_K , мОм	R_A , мОм
Коло ВН трансф.	ВН-11У3	4.5	1.3	5.5
Коло НН трансф.	ВА88-40	0.13	0.25	11.12
СП (ввідний автомат)	ВА88-33 3Р	1.733	0.917	2.033
СП (фідерний автомат)	ВА47-100 3Р	3.2	1.13	4

Таблиця 2.14 – Параметри кабельних ліній для визначення струмів КЗ [14]

	Марка кабелю	l , м	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км
ЛЕП ₁	АСБнлШнг 3х25	1000	1.24	0.099
ЛЕП ₂	2 ВБбШв 4х120	20	0.152	0.0602
ЛЕП ₃	ВВГ 5х16	110	1.16	0.0675
ЛЕП ₄	ВВГ 5х6	10	3.09	0.09

Реактивний опір системи X_C , Ом знаходимо за допомогою формули:

$$X_C = U_C^2 / S_{КЗ} = 10.5^2 / 200 = 0.551 \text{ Ом}$$

де $S_{КЗ}$ – потужність КЗ системи;

U_C – середня номінальна напруга в системі, кВ.

Активний опір $R_{ЛЕП}$, Ом кабельної лінії знаходимо за допомогою формули:

$$R_{ЛЕП} = r_0 * l$$

де l – довжина кабельної лінії, км;

r_0 – питомий опір по жилам кабельної лінії, Ом/км.

Реактивний опір $X_{ЛЕП}$, Ом кабельної лінії знаходимо за допомогою формули:

$$X_{ЛЕП} = x_0 * l$$

де x_0 – питомий опір по жилам кабельної лінії, Ом/км;

В наведених нижче розрахунках опір використовується у мОм. Результати проведених розрахунків представлені у таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Підраховані параметри кабельних ліній

	Марка кабелю	$R_{ЛЕП}$, мОм	$X_{ЛЕП}$, мОм
ЛЕП ₁	АСБнлШнг 3х25	1240	99
ЛЕП ₂	2 ВБбШв 4х120	1.52	0.602
ЛЕП ₃	ВВГ 5х16	127.6	7.425
ЛЕП ₄	ВВГ 5х6	30.9	0.9

Струм КЗ $I_{К1}$, кА для 1-ї характерної точки визначаємо за допомогою формули:

$$I_{К1} = S_{КЗ} / (\sqrt{3} * U_C)$$

Струм КЗ $I_{Кn}$, кА для всіх інших характерних точок визначаємо за допомогою формули:

$$I_{Кn} = U_{НОМ} / (\sqrt{3} * \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2})$$

де R_{Σ} – сумарний активний опір для характерної точки КЗ, мОм;

X_{Σ} – сумарний реактивний опір для характерної точки КЗ, мОм.

$U_{НОМ}$ – напруга номінальна для характерної точки КЗ, В;

Для знаходження опорів обмотки трансформатора для сторони НН, необхідно враховувати коефіцієнт трансформації, що визначається за допомогою формули:

$$K = U_{ВН} / U_{НН} = 10 / 0.4 = 25$$

де $U_{НН}$ – напруга для сторони НН трансформатора, кВ;

$U_{ВН}$ – напруга для сторони ВН трансформатора, кВ.

Ударний струм короткого замикання, кА визначається за допомогою формули:

$$i_{уд} = \sqrt{2} * K_y * I_{Kn}$$

де K_y – ударний коефіцієнт, $K_y = 1.61$.

Результати проведених розрахунків представлені у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Значення струму КЗ

Характерна точка	R_{Σ} , мОм	X_{Σ} , мОм	I_K , кА	$i_{уд}$, кА
K ₁	0	551.25	10.997	25.039
K ₂	1246.8	645.75	4.1	9.335
K ₃	15.116	6.28	14.109	32.124
K ₄	145.666	15.438	1.577	3.59
K ₅	181.696	19.538	1.264	2.877

2.6 Перевірка електрообладнання та струмопровідних частин на динамічну і термічну стійкість

Вимикачі навантаження та автоматичні вимикачі мають відповідати наступним умовам:

$$I_{B.НОМ} \geq I_K; I_{B.max} \geq i_{уд}$$

де $I_{B.max}$ – максимальна виключаюча здатність апарату, кА;

$I_{B.НОМ}$ – номінальна робоча виключаюча здатність апарату, кА.

Так, як потужність приєднання відносно потужності системи невелика, то напруга, струм та періодичні складові струму КЗ в перехідного режиму при КЗ не змінюються. Фактична тривалість дії струму при КЗ менша за одну секунди, отже приведений час дії струму короткого замикання $t_{ПР}$, с визначається за допомогою формули:

$$t_{ПР} = t_{ПРА} + t_{ПРП} = 0.1 + 0.05 = 0.15 \text{ с}$$

де $t_{ПРП}$ – наведений час дії складової струму (періодичної) КЗ, с.

$t_{ПРА}$ – приведений час дії складової струму (аперіодичної) КЗ, с;

Результати проведеній розрахунків представлені у таблиці 2.17.

Таблиця 2.17 – Результати проведеної перевірки комутуючої апаратури відносно електродинамічної стійкості [5,17]

Характерна точка	I_K , кА	$i_{уд}$, кА	Марка	$I_{B.НОМ}$, кА	$I_{B.max}$, кА
K ₂	4.1	9.335	ВН-11У3	31.5	80
K ₃	14.109	32.124	ВА88-40	35	35
K ₄	1.577	3.59	ВА88-33 3Р	17.5	35
K ₅	1.264	2.877	ВА47-100 3Р	10	10

Так, як в якості прикладу було проведено розрахунки для найбільш потужного та найвіддаленішого споживача, КА в представленому випадку задовольняють усі вимоги, отже можна зробити висновок, що і для інших споживачів з меншою потужністю вимоги відносно електродинамічної стійкості АВ також виконуються.

Силові трансформатори мають відповідати наступним умовам:

$$t_{ПР} \leq 900 / K^2$$

де K – кратність струму короткого замикання;

$t_{ПР}$ – тривалість (час) протікання струму короткого замикання по обмотках трансформатора, с.

$$K = I_K / I_{НОМ} = 14109 / 531.77 = 26.532$$

де I_K – струм КЗ точки (K₃), А;

$I_{НОМ}$ – номінальний струм обмотки трансформатора, яка живить точку короткого замикання (в нашому випадку точку K₃), А.

Умова: $t_{ПР} = 0.15 \leq 900 / K^2 = 1.279$ задовольняється, отже трансформатор дійсно витримає значення струму короткого замикання до моменту його відключення засобами захисту.

Перевіряємо кабелі на здатність видержати термічний імпульс короткого замикання у відповідності до умови:

$$S_{min} \leq S_{КАБ}$$

де $S_{КАБ}$ –переріз кабельної лінії (реальний), мм²;

S_{min} –термічно стійкий переріз кабеля (мінімальний), мм².

Термічний імпульс струму короткого замикання B_K , А²*с знаходимо за допомогою формули:

$$B_K = I_K^2 * t_{ПР}$$

де $t_{ПР}$ – час (тривалість) протікання струму короткого замикання по кабельній лінії, с;

I_K – струм КЗ, який протікає по кабельній лінії в момент замикання, А.

Термічно стійкий переріз (мінімальний) S_{min} , мм² знаходимо за допомогою формули:

$$S_{min} = \sqrt{B_K} / C$$

де C – коефіцієнт, який враховує матеріал з якого виготовлено жили кабелю.

Результати проведених розрахунків представлені у таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 – Результати проведеної перевірки кабельних ліній відносно термічної стійкості

	Марка кабелю	C	B_K , А ² *с	S_{min} , мм ²	$S_{КАБ}$, мм ²
ЛЕП ₁	АСБнлШнг 3х25	90	2521167.975	17.642	25
ЛЕП ₂	2 ВБШв 4х120	160	29858460.419	34.152	2х120
ЛЕП ₃	ВВГ 5х16	160	372839.727	3.816	16
ЛЕП ₄	ВВГ 5х6	160	239555.375	3.059	6

Усі вищенаведені кабелі задовольняють умови термічної стійкості струму короткого замикання.

2.7 Вибір трансформаторів струму і напруги

Для того, щоб увімкнути електровимірювальні пристрої та прилади релейного захисту необхідно встановити трансформатори напруги та струму. Перевірку трансформаторів відносно вторинного навантаження виконуємо враховуючи увімкнені тільки вимірювальні прилади так, як в даному проекті РЗ детально не роз-

робляється.

Зі сторони нижчої напруги в ланцюзі силового трансформатора встановлюється вольтметр, варметр, амперметр, на стороні 10 кВ – лічильники активної та реактивної енергії, вольтметр із перемикачем, який забезпечує вимірювання трьох міжфазових напруг та на секційному вимикачі 0,4 кВ встановлюється амперметр. Результати проведеного розрахунку вторинного навантаження представлені у таблиці 2.19.

Таблиця 2.19 – Вторинне навантаження трансформаторів струму

Прилад	Клас точності	Навантаження по фазах		
		А	В	С
Амперметр	1	0.5	0.5	0.5
Ватметр	1.5	0.5	-	0.5
Варметр	1.5	0.5	-	0.5
Лічильник активної енергії	1	2.5	-	2.5
Лічильник реактивної енергії	1.5	2.5	-	2.5
Сумарне навантаження струму в колі силового т-ра з боку НН		1.5	0.5	1.5
Сумарне навантаження струму в колі секц. вимикача на НН		0.5	0.5	0.5
Сумарне навантаження струму в колі силового т-ра на боці ВН		5.5	0.5	5.5

Для перевірки відносно вторинного навантаження знаходимо опір приладів $Z_{\text{прил}}$, Ом за допомогою формули:

$$Z_{\text{прил}} = \frac{S_{\text{прил}}}{I_{\text{ТС.втор}}^2}$$

де $I_{\text{ТС.втор}}$ – вторинний струм ТС, А;

$S_{\text{прил}}$ – потужність приладів по фазі, ВА.

Опір сполучних контактів $Z'_{\text{пр}}$, Ом може відповідати:

$$Z'_{\text{пр}} = Z_{\text{ном}} - Z_{\text{прил}} - Z_{\text{к}}$$

де $Z_{\text{к}}$ – опір контактів, ($Z_{\text{к}} = 0.1$) Ом;

$Z_{\text{ном}}$ – номінальний опір навантаження, ($Z_{\text{ном}} = 4$) Ом.

Перетин жил F , мм² за довжини сполучного кабеля l , м знаходимо за допомогою формули:

$$F = \rho * \frac{l}{Z'_{\text{пр}}}$$

де ρ – питомий опір матеріалу з якого виготовлені жили сполучного кабелю, Ом*мм/м.

Відповідно до умови механічної міцності перетин сполучних проводів повинний бути не менше 4 мм² для алюмінієвих жил та не менше 2.5 мм² для мідних жил.

Опір сполучних контактів $Z_{\text{пр}}$, Ом знаходимо за допомогою формули:

$$Z_{\text{пр}} = \rho * \frac{l}{F}$$

Спільний опір струмового кола $Z_{\text{н}}$, Ом знаходимо за допомогою формули:

$$Z_{\text{н}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{прил}} + Z_{\text{к}}$$

Результати проведених розрахунків представлені у таблиці 2.20.

Таблиця 2.20 – Результати проведених розрахунків для вибору трансформаторів струму

Місце встановлення ТС	$I_{\text{ТС.втор}}$, А	$Z_{\text{прил}}$, Ом	$Z'_{\text{пр}}$, Ом	ρ , Ом*мм/м	l , м	F , мм ²	$Z_{\text{пр}}$, Ом	$Z_{\text{н}}$, Ом
В колі силового т-ра з боку НН	5	0.06	3.84	0.0283	10	4	0.0708	0.231
В колі секц. вимикача на НН	5	0.02	3.88	0.0283	10	4	0.0708	0.191

Продовження таблиці 2.20.

Місце встановлення ТС	$I_{ТС.втор}$, А	$Z_{прил}$, Ом	$Z'_{пр}$, Ом	ρ , Ом*мм/м	l , м	F , мм ²	$Z_{пр}$, Ом	Z_H , Ом
В колі силового т-ра на боці ВН	5	0.22	3.64	0.0283	10	4	0.0708	0.391

Дані вибраних трансформаторів струму представлені у таблиці 2.21.

Таблиця 2.21 – Параметри вибраних ТС [19]

Місце встановлення ТС	Марка ТС	Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
В колі силового т-ра з боку НН	ТНШЛ-0.66	$U_C \leq U_H$	0.4 кВ	0.66 кВ
		$I_{max} \leq I_{НОМ}$	531.77 А	А
		$i_{уд} \leq I_{СКВ}$	32.124 кА	-
		$B_K \leq I_T^2 t_r$	29.858 кА ² с	225 кА ² с
		$Z_H \leq Z_{H.НОМ}$	0.202 Ом	0.4 Ом
В колі секц. вимикача на НН	ТНШЛ-0.66	$U_C \leq U_H$	0.4 кВ	0.66 кВ
		$I_{max} \leq I_{НОМ}$	265.885 А	300 А
		$i_{уд} \leq I_{СКВ}$	32.124 кА	-
		$B_K \leq I_T^2 t_r$	29.858 кА ² с	56.25 кА ² с
		$Z_H \leq Z_{H.НОМ}$	0.162 Ом	0.4 Ом
В колі силового т-ра на боці ВН	ТОЛ-10	$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
		$I_{max} \leq I_{НОМ}$	20.207 А	40 А
		$i_{уд} \leq I_{СКВ}$	9.335 кА	12.8 кА
		$B_K \leq I_T^2 t_r$	2.521 кА ² с	9 кА ² с
		$Z_H \leq Z_{H.НОМ}$	0.362 Ом	0.4 Ом

В якості вимірювальних трансформаторів напруги застосовуємо: на стороні 0.4 кВ – НОЛ.12 ОМЗ; на стороні 10 кВ ЗНОЛ.06-10.

3. Охорона праці

3.1 При проведенні робіт на свердлильному верстаті.

3.1.1. «Загальні положення».

3.1.1.1. «Термін дії інструкції - 5 років».

3.1.1.2. «Роботи на свердлильних верстатах належать до робіт з підвищеною небезпекою» [15].

3.1.1.3. «До самостійної роботи на свердлильних верстатах допускаються особи, які досягли 18-ти річного віку, які пройшли медичний огляд навчені і атестовані з охорони праці та допущені розпорядженням по цеху до самостійної роботи.

3.1.1.4. «Періодична перевірка знань з питань охорони праці та атестація з електробезпеки проводиться 1 раз на рік, а медичний огляд 1 раз на 2 роки» [15].

3.1.1.5. «Новий працівник повинен пройти вступний інструктаж у класі вступного інструктажу із записом у журналі інструктажів» [15].

3.1.1.6. «Потім працівник проходить первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці у майстра з розписом інструктували та особи, яка інструктує в журналі інструктажів» [15].

3.1.1.7. «Після первинного інструктажу, працівник повинен пройти навчання під керівництвом досвідченого працівника безпечним методам ведення робіт.

3.1.1.8. «Повторний інструктаж працівників проводиться майстром один раз на місяць з 1-ого по 5-те число, із записом в журналі інструктажів» [15].

3.1.1.9. «Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками індивідуально або з групою працівників загальної спеціальності:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;

- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструменту, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що

впливають на охорону праці» [15];

- «при порушенні працівником нормативних актів про охорону праці, які можуть призвести до травми, аварії або до отруєння;

- на вимогу працівників органу державного нагляду за охороною праці або державної виконавчої влади в разі, якщо виявлено незнання працівником прийомів роботи або нормативних актів про охорону праці;

- при перерві в роботі більше 15 днів (хвороба, відпустка)» [15].

3.1.1.10. «Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників:

- при виконанні разових робіт, не пов'язаних з безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження, розвантаження, разові роботи за межами підприємства, цеху і т.п.);

- при ліквідації аварій або стихійного лиха;

- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск або розпорядження» [15].

3.1.2. «Вимоги безпеки перед початком роботи».

3.1.2.1. «До початку роботи необхідно упорядкувати свій спецодяг: застібнути куртку на всі гудзики, волосся прибрати під головний убір, одягнути захисні окуляри».

3.1.2.2. «Деталі, що підлягають обробці на свердлильному верстаті, необхідно укласти так, щоб вони не захаращували підхід до верстата та проходи ділянки».

3.1.2.3. «Оглянути верстат та переконатися у справності механізмів керування, заземлення, огорож, механізму подачі та пускових пристроїв, у наявності набору справного інструменту та кріпильних пристроїв» [15].

3.1.2.4. «Перевірити правильність роботи блокувальних пристроїв, справність системи мастила та системи охолодження, справність захисного екрану.

3.1.2.5. При виявленні будь-яких несправностей роботи не приступати, доповісти майстру» [15].

3.1.2.6. «Змастити верстат згідно з картою змащування. Прибрати непотріб-

ні для робіт предмети.

3.1.2.7. Перевірити роботу верстата на холостому ході, інструменти та пристрої повинні бути розкладені біля верстата так, щоб не заважали роботі та були зручні при їх використанні» [15].

3.1.3. «Вимоги безпеки під час виконання роботи».

3.1.3.1. «Усі деталі, що обробляються на верстаті (крім особливо важких), необхідно встановлювати у відповідні пристрої (лещата, кондуктори), які закріплюються на столі (плиті) свердлильного верстата. До столу верстата лещата необхідно кріпити болтами, розмір яких повинен відповідати розміру паза столу».

3.1.3.2. «Для установки на верстат важких кондукторів, пристроїв, деталей необхідно користуватися підйомними механізмами. Встановлення та зняття оброблюваних деталей під час роботи верстата допускаються лише за умови використання спеціальних позиційних пристроїв (поворотних столів та ін.), що забезпечують повну безпеку роботи» [15].

«Верстати повинні бути обладнані пристроями, що повертають шпиндель у вихідне положення після подачі. За відсутності зазначеної оснастки встановлення та зняття деталей повинні проводитися тільки після відключення та повної зупинки верстата».

3.1.3.3. «Для кріплення тонкого листового металу необхідно застосовувати спеціальні пристрої (гідравлічні, важільні тощо)» [15].

3.1.3.4. «У разі кріплення інструменту в шпинделі за допомогою клинів, гвинтів, планок та інших пристроїв ці елементи не повинні виступати за межі шпинделя. У разі неможливості виконання цієї вимоги поверхню зазначених елементів необхідно закривати захисним пристроєм.

3.1.3.5. Вставляти або виймати свердло або інший інструмент зі шпинделя верстата дозволяється тільки після повної зупинки шпинделя. Свердло зі шпинделя необхідно виймати спеціальним клином, який повинен залишатися в пазі шпинделя. Не рекомендується перемикає частоти обертання шпинделя та подачі на ходу» [15].

3.1.3.6. «Не дозволяється використовувати на верстатах інструмент із розби-

тими або спрацьованими конусами та хвостовиками» [15].

3.1.3.7. «Стружку із просвердлених отворів необхідно видаляти магнітами, металевими гачками тощо. - тільки після повної зупинки верстата та відведення інструменту. Забороняється прибирати зі верстата металеву стружку руками, здувати її тощо. Забирати можна тільки щіткою».

3.1.3.8. «Свердлими отвори у в'язких металах необхідно спіральними свердлами зі стружкодробильними каналами» [15].

3.1.3.9. «При свердлінні глибоких отворів періодично виводити свердло з отвору для видалення стружки».

3.1.3.10. «Для зняття інструменту зі верстата необхідно застосовувати спеціальні молотки та вибивання, виготовлені з матеріалу, від якого при ударі не відокремлюються частинки».

3.1.3.11. «Забороняється під час роботи верстата перевіряти рукою гостроту різальних кромek інструменту, глибину отвору та вихід свердла з отвору деталі, а також охолоджувати свердло мокрою ганчіркою» [15].

3.1.3.12. «Забороняється працювати на свердлильному верстаті у рукавицях або із забинтованими руками. Встановлювати та знімати великогабаритні деталі необхідно у рукавицях – тільки після зупинки верстата».

3.1.3.13. «Робота на свердлильному верстаті повинна бути припинена у разі:

- при заїданні свердла,
- при виявленні несправності верстата,
- при вимірі деталі,
- при встановленні, кріпленні або зміні інструменту» [15].

3.1.3.14. «При тимчасовому припиненні подачі електроенергії необхідно переключити в нейтральне положення передачу верстата і вивести свердло з деталі».

3.1.3.15. «Забороняється передавати або приймати через працюючий верстат будь-які предмети».

3.1.3.16. «Забороняється під час роботи підводити трубопровід емульсійного охолодження до інструменту або проводити його кріплення, а також переналаго-

дження верстата» [15].

3.1.3.17. «Рукоятки органів управління мають фіксатори, що не допускають мимовільних переміщень органів управління».

3.1.4. «Вимоги безпеки після закінчення роботи».

3.1.4.1. «Вимкнути верстат та електродвигун».

3.1.4.2. «Упорядкувати робоче місце: прибрати стружку зі верстата, відходи металу, інструмент, пристосування, очистити верстат від бруду, витерти і змастити частини верстата, що труться, акуратно скласти готові деталі та заготовки» [15].

3.1.4.3. «Забрати інструмент у відведені для цієї мети місця. Дотримуватись чистоти та порядку в шафі для інструменту».

3.1.4.4. «Після закінчення роботи повідомити майстра про всі несправності, виявлені під час роботи».

3.1.4.5. «Після закінчення роботи вимити руки з милом, прийняти душ. Спецодяг повісити в спеціальну шафу» [15].

3.2 При експлуатації ручного електроінструменту.

3.2.1. «Загальні положення».

3.2.1.1. «Роботи із застосуванням ручного електроінструменту належать до робіт із підвищеною небезпекою. Недотримання правил техніки безпеки під час виконання цих робіт може призвести до нещасного випадку» [16].

3.2.1.2. «Термін дії інструкції - 3 роки».

3.2.1.3. «До роботи з ручним електричним інструментом можуть бути допущені особи:

- які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, мають групу електробезпеки не нижче I і допущені розпорядженням по цеху до робіт з використанням ручного електроінструменту;

- пройшли навчання з питань охорони праці в обсязі не менше 30 годин, з подальшою перевіркою знань та стажування не менше 15 робочих змін під керівництвом досвідченого наставника; неелектротехнічні працівники мають I групу з електробезпеки повинні мати посвідчення на право виконання робіт з підвищеною

небезпекою із записом у ньому про допуск до виконання робіт із застосуванням конкретного електроінструменту. Електротехнічні працівники цеху, які мають за електробезпекою групу II та вище, допускаються до роботи з електроінструментом без запису в посвідченні на право виконувати спеціальні роботи» [16].

3.2.1.4. «Періодичний медичний огляд проводиться 1 раз на 2 роки. Працівники віком до 21 року мають проходити медогляд щороку».

3.2.1.5. «Новий працівник повинен пройти вступний інструктаж з питань охорони праці в класі вступного інструктажу із записом у журналі інструктажів».

3.2.1.6. «Потім робітник проходить первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці у майстра з розписом інструктованого та інструктуючого в журналі інструктажів» [16].

3.2.1.7. «Нові працівники після первинного інструктажу на робочому місці повинні пройти навчання з питань охорони праці в обсязі 30-годинної програми та стажування на робочому місці, що здійснюється під наглядом досвідченого працівника та під керівництвом майстра».

«Строк стажування – від 2 до 15 робочих змін».

3.2.1.8. «Після закінчення терміну навчання перед допуском до самостійної роботи працівник складає іспит комісії, призначеної наказом директора, з оформленням протоколу перевірки знань та видачею посвідчення на право самостійного виконання робіт» [16].

3.2.1.9. «Повторний інструктаж робітників проводиться майстром один раз на місяць з 1-го по 5-е число, із записом у журналі інструктажів».

3.2.1.10. «Позаплановий інструктаж проводиться із працівниками індивідуально або з групою працівників загальної спеціальності:

-при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів про охорону праці, а також за внесення змін та доповнень до них;

-при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації обладнання, приладів та інструменту, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці» [16];

-«при порушенні працівником нормативних актів про охорону праці, які можуть призвести або призвели до травми, аварії чи отруєння;

-на вимогу працівників органу державного нагляду за охороною праці або державної виконавчої влади у разі, якщо виявлено незнання працівником прийомів роботи або нормативних актів про охорону праці;

-при перерві в роботі понад 15 днів (хвороба, відпустка)» [16].

3.2.1.11. «Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників:

- при виконанні разових робіт, не пов'язаних з безпосередніми обов'язками за фахом (навантаження, розвантаження, разові роботи за межами підприємства, цеху і т.п.);

- при ліквідації аварій або стихійного лиха;

- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформляється наряд-допуск або розпорядження» [16].

3.2.1.12. «Новий працівник проходить інструктаж з електробезпеки з оформленням у журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці та отримує І групу з електробезпеки. Інструктаж з електробезпеки на групу І має проводити особу, відповідальну за електрогосподарство або, за його письмовим розпорядженням, особу з числа електротехнічних працівників із групою III».

3.2.1.14. «У той же день розпорядженням по підрозділу начальник цеху направляє знову прийнятого електромонтера на навчання на II групу з електробезпеки із зазначенням терміну навчання та стажування, та особи, відповідальної за навчання та стажування з електробезпеки» [16].

3.2.1.15. Після закінчення навчання та стажування працівник повинен пройти перевірку знань у кваліфікаційній комісії із присвоєнням групи з електробезпеки.

3.2.1.17. «Для присвоєння чергової групи з електробезпеки необхідно мати мінімальний стаж роботи в електроустановках із попередньою групою згідно з ПБЕЕП» [16].

3.2.1.19. «Особи, які перебувають у стадії хвороби, алкогольного чи нарко-

тичного сп'яніння, до роботи не допускаються».

3.2.1.20. «При роботах з ручним електроінструментом на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні землі (підлоги, покриття);
- недостатня освітленість робочих місць;
- фізичні навантаження» [16].

3.2.1.21. «На корпусі електроінструменту має бути зазначений інвентарний номер, а також дата чергової перевірки. Під час транспортування електроінструменту повинні бути вжиті запобіжні заходи, що виключають його пошкодження. Забороняється перевозити електроінструмент разом із металевими деталями та виробами».

3.2.1.22. «У процесі роботи з ручним електроінструментом необхідно користуватися такими засобами індивідуального захисту:

- костюм х/б;
- берет;
- черевики шкіряні;
- окуляри захисні;
- протишумні навушники;
- рукавиці брезентові (при роботі зі шліфувальною машиною);
- у приміщеннях з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом та особливо-небезпечних приміщеннях - діелектричні рукавички, а у приміщеннях із струмопровідними підлогами діелектричні калоші, килимки» [16].

3.2.2. «Вимоги безпеки перед початком роботи».

3.2.2.1. «Перед початком роботи потрібно надіти покладену за нормами спецодяг, застебнути або підв'язати рукави, волосся сховати під головний убір».

3.2.2.2. «Приготувати засоби індивідуального захисту, переконатися у їхній справності. Несправні засоби індивідуального захисту замінити» [16].

3.2.2.3. «Отримати у відповідальній особи електроінструмент.

У його присутності переконатися у повній справності та укомплектованості електроінструменту. Перевірити термін випробування періодичної перевірки опору ізоляції електроінструменту, вказаний на бирці, що закріплена на електроінструменті (1 раз на 6 місяців).

Після задовільної перевірки розписатися в журналі про отримання справного інструменту» [16].

3.2.2.4. «Безпосередньо перед початком роботи необхідно перевірити:

- відповідність напруги та частоти струму електричної мережі напрузі та частоті струму електродвигуна електроінструменту, зазначеним у паспортних даних;

- в якій позиції знаходиться вимикач мережі. Електроінструмент повинен приєднуватися та відключатися від мережі живлення лише у вимкненому положенні вимикача мережі;

- при відключеній від мережі машині перевірити надійність закріплення робочого виконавчого інструменту (свердла, абразивних шліфувальних, відрізних кіл);

- наявність захисного кожуха (у шліфувальної машини та штроборізу);

- справність редуктора, для чого шпindel (вал) електроінструменту необхідно кілька разів повернути від руки при відключеному двигуні, якщо редуктор справний, шпindel (вал) обертається легко, без заїдання;

- роботу на холостому ході протягом 1 хвилини» [16].

3.2.2.5. «У разі виконання роботи на висоті використовувати риштування, настили, ліси, що мають огорожувальні конструкції. Робота з електроінструмен-

том із приставних сходів не допускається».

3.2.3. «Вимоги безпеки під час виконання роботи».

3.2.3.1. «При експлуатації ручного електричного інструменту необхідно дбайливо поводитися з ним, не піддавати ударам, перевантаженням, впливу бруду та нафтопродуктів» [16].

3.2.3.2. «Забороняється натягувати, перекручувати та перегинати кабель, ставити на нього вантаж, а також допускати перетин кабелю живлення електроінструменту з тросами, кабелями та рукавами газозварювання».

«Не допускається безпосередній дотик кабелю з гарячими та олійними поверхнями».

3.2.3.3. «Забороняється працювати електроінструментом, не захищеним від дії крапель або бризок, що не має відзнак (крапля в трикутнику або дві краплі), в умовах дії крапель і бризок, а також на відкритих майданчиках під час снігопаду, дощу» [16].

«Працювати таким інструментом поза приміщеннями дозволяється лише за сухої погоди, а під час снігопаду та дощу - під навісом на сухій землі чи настилі».

3.2.3.4. «Забороняється під'єднувати електроінструмент до мережі шляхом навішування зачищених кінців проводів або їх скручування».

3.2.3.5. «Забороняється експлуатувати електроінструмент без захисного кожуха, який повинен бути встановлений таким чином, щоб захистити робітника від травми та інструмент від потрапляння продуктів обробки у вентиляційні отвори».

3.2.3.6. «Забороняється залишати без нагляду електроінструмент, приєднаний до електромережі, а також передавати його особам, які не мають права з ним працювати» [16].

3.2.3.7. «Забороняється допускати до зони проведення робіт сторонніх осіб».

3.2.3.8. «Забороняється працівникам, які працюють з електроінструментом, розбирати та ремонтувати інструмент, кабель, штепсельні з'єднання та інші частини самостійно, якщо ці роботи не входять до їхніх службових обов'язків» [16].

3.2.4. «Вимоги безпеки після закінчення роботи».

3.2.4.1. «Вимкнути електроінструмент від мережі живлення. Шнур живлення протерти сухою ганчіркою і згорнути в бухту» [16].

3.2.4.2. «Забрати робоче місце. Очистити електроінструмент від пилу та бруду щіткою. Не дозволяється чистити електроінструмент руками».

3.2.4.3. «Про виявлені при роботі несправності доповісти майстру. Здати електроінструмент особі, відповідальній за зберігання, а засоби індивідуального захисту - у відведене їм місце» [16].

3.2.4.4. «Зняти спецодяг, вимити руки з милом . Заходи особистої гігієни:

- не торкатися до обличчя і очам брудними руками;
- перед прийомом їжі і після закінчення праці ретельно вимити руки з милом, в разі потреби прийняти душ;
- зберігати і приймати їжу тільки в спеціально відведеному місці» [16].

3.3 При проведенні робіт на токарних верстатах

3.3.1. «Загальні положення».

3.3.1.1. «Ця інструкція діє спільно із загальною інструкцією з охорони праці.

3.3.1.2. Робота на токарному верстаті відноситься до робіт з підвищеною небезпекою і вимагає уважного ставлення до роботи» [17].

3.3.1.3. «Термін дії інструкції - 3 роки».

3.3.1.4. «До роботи на токарному верстаті допускаються особи, які досягли 18-річного віку, які пройшли медичний огляд, навчені і атестовані з питань охорони праці, які мають II кваліфікаційну групу з електробезпеки, і допущені розпорядженням по цеху до самостійної роботи» [17].

3.3.1.5. «Періодична перевірка знань з питань охорони праці проводиться 1 раз на рік, а медичний огляд 1 раз в 2 роки. Працівники у віці до 21 року повинні проходити медичний огляд щорічно».

3.3.1.6. «Новий повинен пройти вступний інструктаж в класі вступного інструктажу з записом в журналі інструктажів» [17].

3.3.1.7. «Потім працівник проходить первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці у майстра з розписом інструктували та особи, яка інструктує в

журналі інструктажів» [17].

3.3.1.8. «Знову прийняті працівники після первинного інструктажу на робочому місці повинні пройти навчання з питань охорони праці в обсязі 30- годинної програми та стажування на робочому місці, здійснювану під на-дотриманням досвідченого працівника і під керівництвом майстра».

«Термін стажування - від 2 до 15 робочих змін».

3.3.1.9. «Після закінчення терміну навчання перед допуском до самостійної роботи працівник здає іспит комісії, призначеної наказом директора, з оформленням протоколу перевірки знань і видачею посвідчення на право само-самостійності виконання робіт» [17].

3.3.1.10. «Повторний інструктаж робітників проводиться майстром один раз на місяць з 1-ого по 5-те число, із записом в журналі інструктажів».

3.3.2. «Вимоги безпеки перед початком роботи».

3.3.2.1. «Працівник зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, яка доручена майстром, на виконання якої він проінструктований і атестований, а також має допуск на її самостійне проведення. Забороняється - включати обладнання, на якому не отримано дозволу працювати.

3.3.2.2. Перед початком роботи привести в порядок спецодяг, застебнути рукава, прибрати волосся під головний убір. Звільнити проходи і не захарашувати їх.

3.3.2.3. Під ногами у робітника не повинно бути матеріалу (металу), заготовок, готових виробів, ганчірок і відходів виробництва»[17].

3.3.2.4. «Якщо на робочому місці підлога слизька (залитий маслом) - необхідно негайно прибрати».

3.3.2.5. «Перевірити справність інструменту і пристосувань, блокувань, заземлюючих пристроїв».

3.3.2.6. «Перевірити на холостому ходу верстата:

- справність органів управління (механізмів головного руху, подачі, пуску, зупинки верстата);

- справність системи змащення і охолодження (переконатися в тому, що

мастило і охолоджувальна рідина подаються безперебійно);

- чи немає заїдання або зайвої слабини в рухомих частинах верстата, особливо в шпинделі, в поздовжніх і поперечних санчатах супорта» [17].

3.3.2.7. «Щодня перед початком роботи потрібно перевірити за вказівником рівень масла в резервуарі і при необхідності долити».

3.3.2.8. «Затискні патрони токарних верстатів повинні мати огороження, легко відводяться для встановлення і зняття заготовки і не обмежують технологічні можливості верстата».

3.3.2.9. «Вкласти деталі в тару або стійку на підкладки, не захаращувати робоче місце».

3.3.3. «Вимоги безпеки під час виконання роботи».

3.3.3.1. «Забороняється під час виконання робіт на металообробних верстатах токарної групи:

- користуватися затискними патронами, в яких зношені робочі площини кулачків;

- працювати зі спрацьованими або забитими центрами;

- працювати з не обертається центром задньої бабки при швидкісному різанні;

- гальмувати обертання шпинделя натиском руки на частини верстата чи деталі;

- залишати в револьверної голівці інструмент, який не використовується для обробки цієї деталі;

- перебувати між деталлю і верстатом при установці деталі на верстат;

- притримувати руками кінець важкої деталі або заготовки, яка відрізається;

- класти деталі, інструмент та інші предмети на станину верстата і кришку передньої бабки;

- закладати і подавати рукою в шпиндель оброблюваний пруток при включеному верстаті» [17];

- «вимірювати оброблювану деталь скобою, калібром, масштабною лінійкою, штангенциркулем, мікрометром до повної зупинки верстата, відведення супорта і револьверної головки на безпечну відстань».

3.3.3.2. «Щоб уникнути травми через інструменту необхідно:

- включити спочатку обертання шпинделя, а потім подачу, при цьому оброблювану деталь слід привести в обертання до зіткнення її з різцем, врізання виробляти плавно без ударів;

- перед зупинкою верстата спочатку включити подачу, відвести ріжучий інструмент від деталі, а потім включити обертання шпинделя» [17].

3.3.3.3. «При обпилюванню, зачистці, шліфуванні оброблюваних деталей на верстаті:

- не доторкатися рукавами або одягом до оброблюваної деталі;

- не виробляти зазначених операцій з деталями, що мають виступаючі частини, пази і виїмки (пази і виїмки попередньо закладати дерев'яними пробками), не працювати з несправною блокуванням» [17].

3.3.3.4. «Планшайбу при надяганні на кінець шпинделя необхідно очищати від стружки і забруднень».

3.3.3.5. «Встановлювати важкі патрони і планшайби на верстат і знімати їх з верстата за допомогою підйомного пристрою і спеціально захоплюючого пристосування».

3.3.3.6. «При закріпленні деталі в кулачковому патроні або використанні планшайб, слід захоплювати деталь кулачками на можливо більшу величину. Не допускати, щоб після закріплення деталі кулачки виступали з центру або планшайби за межі їх зовнішнього діаметра. У разі якщо кулачки виступають, необхідно замінити патрон або встановити спеціальне огороження» [17].

3.3.3.7. «При установці (нагвинчуванні) патрона або планшайби на шпиндель підкладати під них на верстатах дерев'яні прокладки з виїмкою по формі патрона (планшайби)».

3.3.3.8. «Забороняється згвинчувати патрон (планшайбу) раптовим гальму-

ванням шпинделя» [17].

«Згвинчувати патрон (планшайбу) ударами кулачків об підставку допускається тільки в разі його ручного обертання, при цьому необхідно застосовувати підставки з довгими ручками».

3.3.3.9. «Допускається закріплювати в кулачковому патроні без підпору центром задньої бабки тільки короткі, завдовжки не більше двох діаметрів, зрівноважені деталі. В інших випадках для підпору необхідно використовувати задню балку.

3.3.3.10. Для обробки деталей, закріплених в центрах, застосовувати безпечний диск приводу або безпечні хомутики».

3.3.3.11. «При закріпленні деталі в центрах:

- перевірити, чи закріплена задня бабка;
- протерти і змастити центрові отвори після установки виробу;
- не застосовувати центр зі зношеними або забитими конусами;
- стежити за тим, щоб деталь спиралася на центр, надійно закріпити задню бабку і шпиндель» [17].

3.3.3.12. «Задній центр при виконанні робіт також необхідно періодично змащувати, а при обробці довгомірних деталей - перевіряти осьової затиск».

3.3.3.13. «Після закріплення деталі в патроні вийняти торцевий ключ».

3.3.3.14. «Прутковий матеріал, який подається для обробки на верстат, не повинен мати кривизни».

3.3.4. «Вимоги безпеки після закінчення роботи».

3.3.4.1. «Після закінчення роботи необхідно вимкнути джерело верстат».

3.3.4.2. «Прибрати верстат і навколо верстата».

3.3.4.3. «Прибрати інструмент у спеціальну шафу, деталі та заготовки скласти в спеціально відведене місце» [17].

3.3.4.4. «Змастити верстат».

3.3.4.5. «Вимити руки з милом, зняти спецодяг».

3.3.4.6. «Заходи особистої гігієни:

- не торкатися до обличчя і очам брудними руками;

- перед прийомом їжі і після закінчення роботи ретельно вимити руки з милом, по необхідності прийняти душ;
- зберігати і приймати їжу тільки в спеціально відведеному місці» [17].

3.4 Розрахунок грозозахисту та заземлення

Головними елементами захисної зони подвійного (багаторазового) стрижневого блискавковідводу є зовнішні області захисної зони (напівконусів з розмірами r_0 , h_0 , радіусом та висотою відповідно), які виконуються у відповідності з формулами для одиничних блискавковідводів.

Розміри внутрішніх зон знаходяться відповідно до параметрів h_c та h_0 , перший параметр – це мінімальна висоту зони на середині поміж блискавковідводів, а другий – це максимальна висота зони біля блискавковідводів. Проводимо розрахунок захисної зони, що складається з пари стрижневих блискавковідводів при висоті $h = 38$ м та надійності захисту $P = 0.999$. Вихідні дані для проведення розрахунків беремо із табл. 1.2.

Знаходимо висоту захисної зони ОБ h_{0n} , м за допомогою формули:

$$\begin{aligned} h_{0n} &= [(0.7 - 7.14 * 10^{-4} * (h_n - 30))] * h_n = \\ &= [(0.7 - 7.14 * 10^{-4} * (38 - 30))] * 38 = 26.383 \text{ м} \end{aligned}$$

де h_n – висота одиночного блискавковідводу, м.

Визначаємо радіус захисного конуса на рівні землі r_{0n} , м за допомогою формули:

$$\begin{aligned} r_{0n} &= [(0.6 - 1.43 * 10^{-3} * (h_n - 30))] * h_n = \\ &= [(0.6 - 1.43 * 10^{-3} * (38 - 30))] * 38 = 22.365 \text{ м} \end{aligned}$$

Захисну зону ОБ r_{xn} , м на заданій висоті визначаємо за допомогою даної формули:

$$r_{xn} = r_{0n} * (h_{0n} - h_x) / h_{0n} = 22.365 * (26.383 - 8) / 26.383 = 15.584 \text{ м}$$

де h_x – задана висота, відповідно до якої потрібно забезпечувати безпечний захист від блискавки, м.

Так, як для забезпечення захисту будівлі від ураження блискавкою викорис-

товується пара блискавковідводів, які мають однакову висоту, то і параметри захисту ОБ для них будуть однакові (схема розміщення блискавковідводів представлена на рисунку 3).

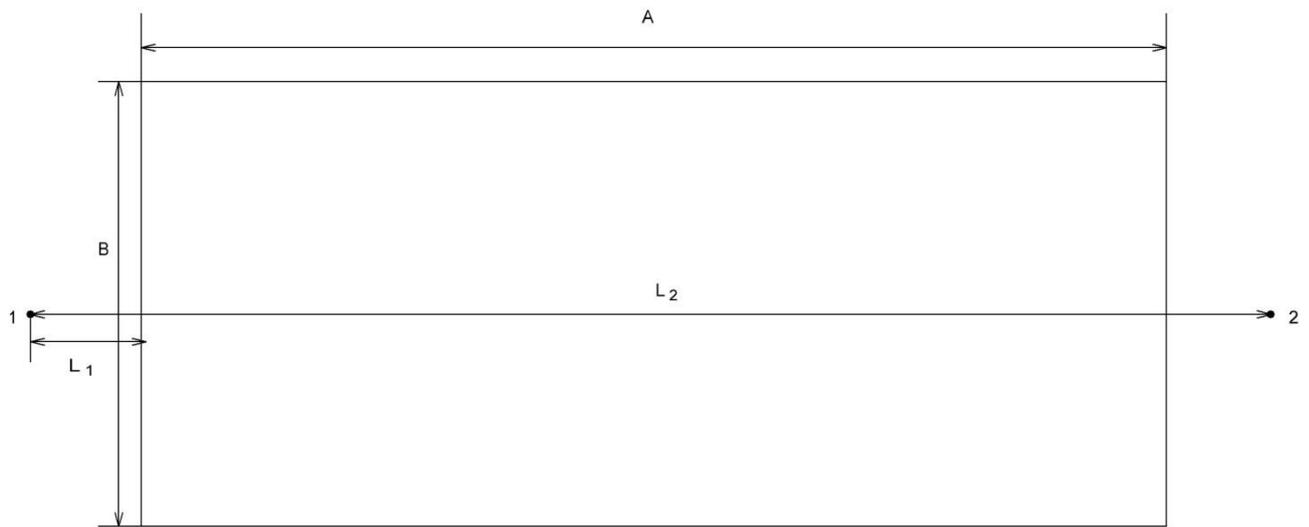


Рисунок 3 – Схема розміщення блискавковідводів

Знаходимо відстань поміж блискавковідводів L_2 , м за допомогою формули:

$$L_2 = A + L_1 * 2 = 48 + 3 * 2 = 54 \text{ м}$$

де A – довжина будівлі, м;

L_1 – відстань між будівлею та блискавковідводом по перпендикуляру, ($L_1 = 3$) м.

Визначаємо граничну відстань поміж двох блискавковідводів L_{max} , м за допомогою формули:

$$\begin{aligned} L_{max} &= [(4.25 - 3.57 * 10^{-3} * (h_n - 30))] * h_n = \\ &= [(4.25 - 3.57 * 10^{-3} * (38 - 30))] * 38 = 160.415 \text{ м} \end{aligned}$$

Розраховуємо середню відстань поміж двох блискавковідводів L_C , м за допомогою формули:

$$\begin{aligned} L_C &= [(2.25 - 0.01007 * (h_n - 30))] * h_n = \\ &= [(2.25 - 0.01007 * (38 - 30))] * 38 = 82.4 \text{ м} \end{aligned}$$

Знаходимо мінімальне значення висоти зони блискавкозахисту поміж двох стрижневими блискавковідводів h_C , м за допомогою формули:

$$h_c = h_{on} = 26.383 \text{ м}$$

Визначаємо значення ширини горизонтального перерізу необхідної захисної зони поміж двох блискавковідводів r_{cx} , м за допомогою формули:

$$r_{cx} = \frac{r_{on} * (h_c - h_x)}{h_c} = \frac{22.365 * (26.383 - 8)}{26.383} = 15.184 \text{ м}$$

так, як $L_2 < L_c$.

На рисунках 4 та 5 представлені перерізи захисної зони блискавковідводів.

Масштаб 1: 500 мм

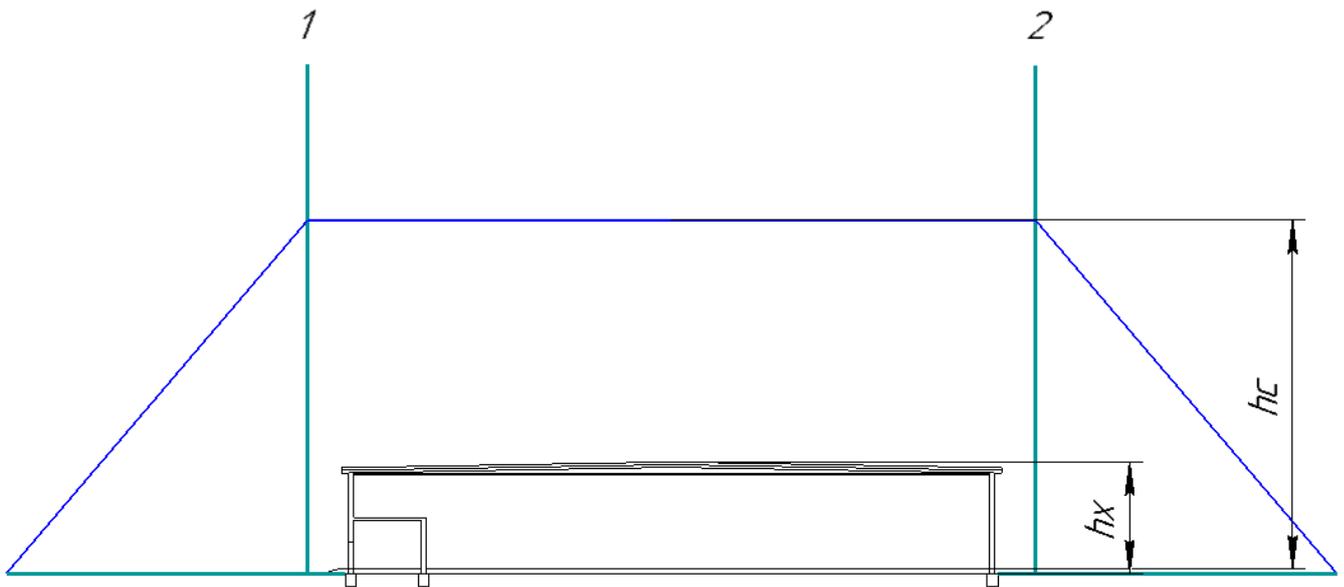


Рисунок 4 - Переріз захисної зони блискавковідводів (горизонтальний)

Масштаб 1:1000 мм

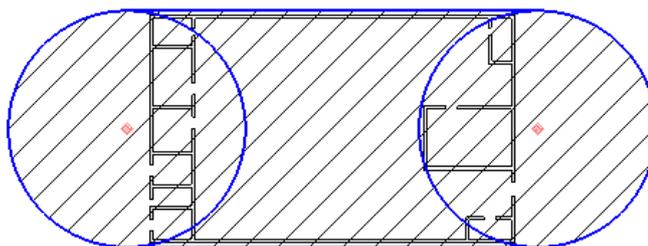


Рисунок 5 – Захисна зона блискавковідводів

У вигляді замкнутого контуру виконуємо заземлення, використовуючи вертикальні електроди, які з'єднуються сталлюю смугою.

Відповідно до ПУЕ опір ЗП, який застосовується для електрообладнання до та вище 1000 В сумісно, $R_{зп}$, Ом знаходимо за допомогою формули:

$$R_{3\Pi} = 125/I_3 = 125/10 = 12.5 \text{ Ом}$$

де I_3 – струм замикання на землю, А.

$R_{3\Pi}$ повинно бути не більше 10 Ом, відповідно до ПУЕ п. 1.7.95. Тому приймаємо: $R_{3\Pi} = 10 \text{ Ом}$.

Знаходимо розрахунковий опір для 1-го вертикально розміщеного електрода r_B , Ом за допомогою формули:

$$r_B = \rho_{\text{розр}} / (2\pi * l) * \left(\ln(2l/d) + 1/2 \ln \left(\frac{2p + \frac{l}{2}}{2p - \frac{l}{2}} \right) \right) = 115.876 \text{ Ом}$$

де $\rho_{\text{розр}} = \rho * K_{\text{СЕЗ.В}} = 510 \text{ Ом/м}$ – розрахунковий опір ґрунту;

$K_{\text{СЕЗ.Г}} = 4.8$, $K_{\text{СЕЗ.В}} = 1.7$ – сезонні коефіцієнти горизонтального та вертикального електродів у відповідності з кліматичною зоною;

l – довжина вертикально розміщеного електрода, ($l = 5$) м;

$$p = t + l/2 = 3.2 \text{ м};$$

t – глибина на якій знаходяться вертикальні заземлювачів відносно поверхні землі, ($t = 0.7$) м.

Визначаємо необхідну кількість вертикально розміщених електродів не враховуючи екранування $N'_{B.P}$, шт за допомогою формули:

$$N'_{B.P} = r_B / R_{3\Pi} = 115.876 / 10 = 11.588 \approx 12 \text{ шт}$$

Оскільки контурний заземлюючий пристрій знаходиться на відстані, яка є більшою за 1 м відносно краю будівлі, то довжина по периметру прокладання L_{Π} , м буде дорівнювати:

$$L_{\Pi} = (A + 2) * 2 + (B + 2) * 2 = 164 \text{ м}$$

де B – ширина будівлі, м;

A – довжина будівлі, м.

Визначаємо відстань між вертикально розміщеними електродами a , м за допомогою формули:

$$a = L_{\Pi} / N'_{B.P} = 164 / 12 = 13.667 \text{ м}$$

Знаходимо необхідну кількість вертикально розміщених електродів враховуючи екранування $N_{B.P}$, шт за допомогою формули:

$$N_{B.P} = N'_{B.P} / \eta_B = 12 / 0.731 = 16.409 \approx 17 \text{ шт}$$

де η_G , η_B – коефіцієнти використання горизонтального та вертикального електродів.

Потім відстань поміж електродами уточнюється враховуючи форму об'єкта. В кожному куті встановлюють по одному вертикально розміщеному електродові, а електроди, які лишилися – між ними. Розташовуємо елементи заземлюючих пристроїв на плані та знаходимо відстані між ними.

Для забезпечення рівномірного розподілу електродів безперечно приймаємо: $N_{B.P} = 18$ шт.

Розраховуємо відстань поміж електродами відносно довжині будівлі a_A , м за допомогою формули:

$$a_A = A + 2 / n_A - 1 = 48 + 2 / 7 - 1 = 8.333 \text{ м}$$

де n_A – кількість вертикально розміщених електродів відносно довжини будівлі, шт.

Знаходимо відстань поміж електродами відносно ширини будівлі a_B , м за допомогою формули:

$$a_B = B + 2 / n_B - 1 = 30 + 2 / 4 - 1 = 10.667 \text{ м}$$

де n_B – кількість вертикально розміщених електродів відносно ширини будівлі, шт.

Визначаємо уточнене значення опору горизонтально розміщеного заземлювача R_G , Ом за допомогою формули:

$$R_G = \frac{0.4}{L_{\Pi} * \eta_G} * \rho * K_{\text{СЕЗ.Г}} * \lg \frac{2 * L_{\Pi}^2}{b * t} = 66.714 \text{ Ом}$$

де b – ширина горизонтально розміщеної заземлюючої смуги, ($b = 0.04$) м.

Визначаємо уточнене значення опору вертикально розміщених електродів R_B , Ом за допомогою формули:

$$R_B = r_B / N_{B.P} * \eta_B = 115.876 / 18 * 0.6336 = 10.16 \text{ Ом}$$

Знаходимо фактичний опір заземлюючих пристроїв, Ом за допомогою формули:

$$R_{зп.ф} = R_B * R_{\Gamma} / R_B + R_{\Gamma} = 10.16 * 66.714 / 10.16 + 66.714 = 8.817 \text{ Ом}$$

$R_{зп.ф} = 8.817 \leq 10 \text{ Ом}$ – заземлення відповідає всім вимогам. Схема розташування пристроїв заземлення представлена на рис. 6.

Масштаб 1:500 мм

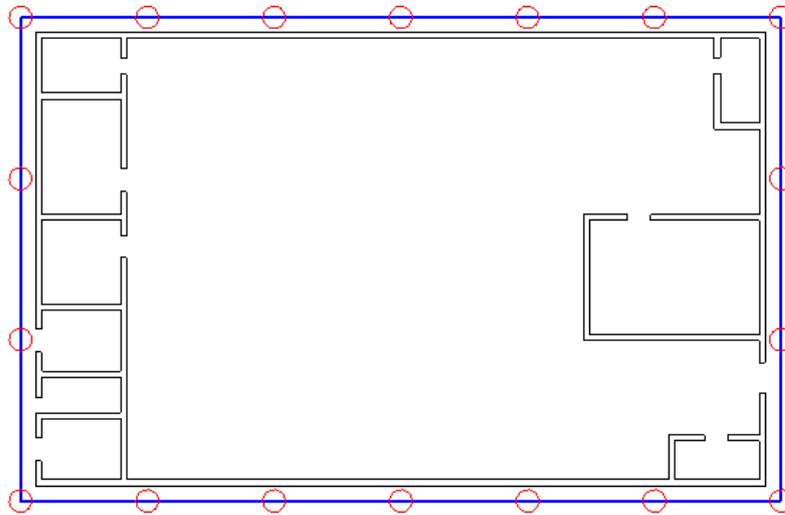


Рисунок 6 – Схема розташування заземлюючих пристроїв

3.5 Розрахунок освітлення приміщень промислового цеху програмними засобами DIALux

До місця де відбувається обробка металовиробів, ставляться вимоги відносно освітленості приміщень, згідно з розрядом зорових робіт. Інші приміщення, освітлюються відповідно до потреб персоналу та не суперечать встановленим нормам мінімально-необхідної освітленості згідно з законодавством. Оскільки форма приміщення цеху складна – тобто значно відрізняється від прямокутника, а також присутні перепади висоти то доречно застосовувати засоби DIALux для забезпечення більш точного розрахунку під час знаходження освітленості приміщень. Під час розрахунку висота робочої поверхні становить 0.85 м відносно рівня підлоги.

Отримані результати проведених розрахунків по кожній кімнаті, записані у відповідні таблиці.

Для забезпечення освітлення приміщень автоматизованого цеху застосовуємо світлодіодні світильники з ціллю економії електроенергії. Світильники, які використовуються в даному проекті виготовляються корпорацією «Ватра». Монтажна висота для основного приміщення автоматизованого цеху становить 7 м відносно рівня підлоги так, як світильники встановлюються на балках, та 3.6 м відносно рівня підлоги в інших приміщеннях.

Технічні характеристики світильників, які будуть використовуватися в даному проекті представлені у табл. 3.1. На рис. 7-8 зображено розповсюдження світлового потоку для використовуваних світильників відносно їх паспортів.

Результати проведеного моделювання освітленості приміщень представлені у таблицях 3.2 – 3.10, та проілюстровані на рис. 9 – 26.

Таблиця 3.1 – Характеристики використовуваних світильників

Найменування світильника	Φ_{CB} , Лм	P_{CB} , Вт
ДСП67В-60	8400	60
ДСП55У-15	1750	15

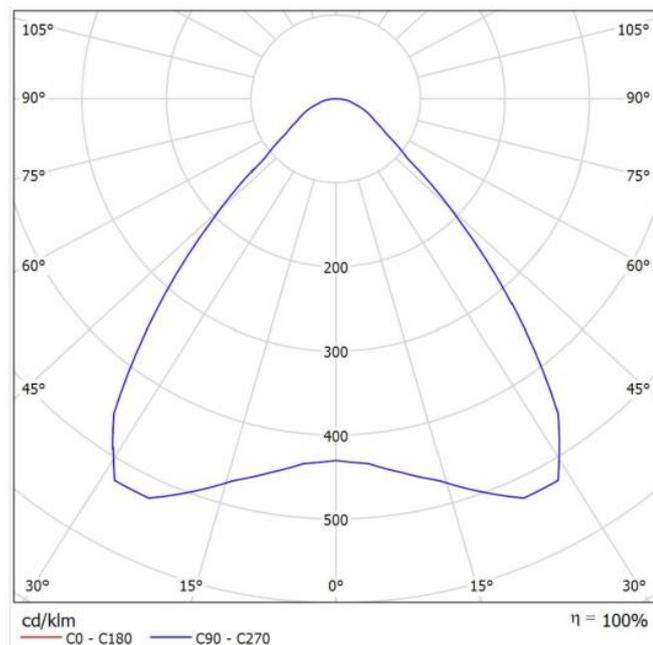


Рисунок 7 – Розповсюдження світлового потоку для світильника ДСП67В-60

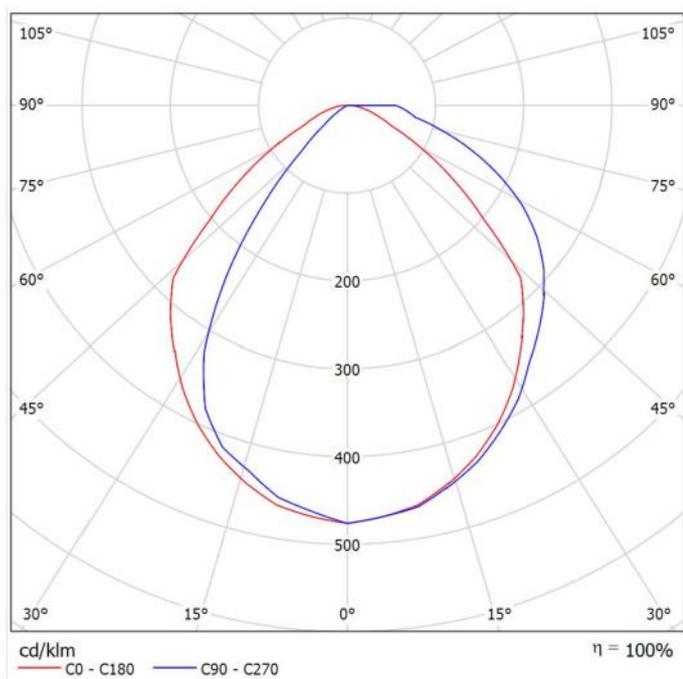


Рисунок 8 – Розповсюдження світлового потоку для світильника ДСП55У-15

Таблиця 3.2 – Світлотехнічні параметри виробничого приміщення автоматизованого цеху

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	401	95	503	0.238
Підлога	27	390	96	496	0.245
Стеля	27	83	25	113	0.301
Стіни	27	143	19	402	-

де E_{max} та E_{min} – максимальна та мінімальна освітленість поверхні, Лк;

ρ – коефіцієнт відбиття поверхні, %;

E_{CP} – середня освітленість поверхні, Лк.

Кількість світильників ДСП67В-60 у приміщенні – 74 шт.

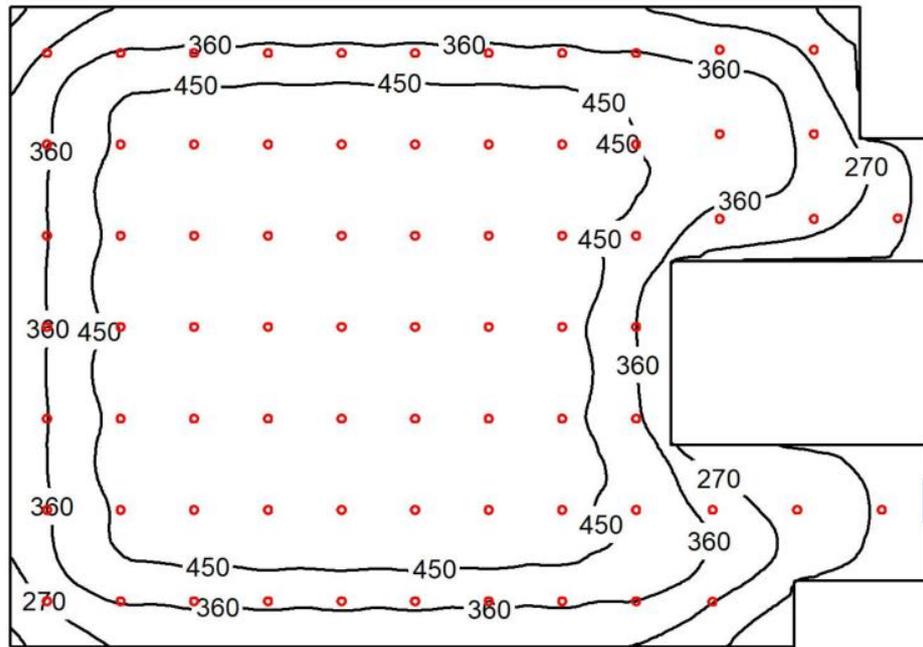


Рисунок 9 – Ізолінії освітлення виробничого приміщення цеху

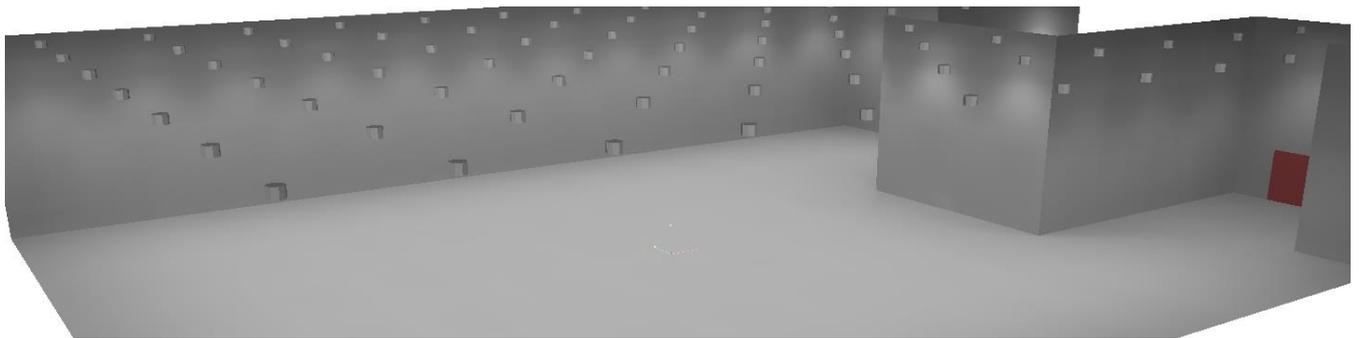


Рисунок 10 – 3D візуалізація освітлення виробничого приміщення цеху

Таблиця 3.3 – Світлотехнічні параметри складу штампів

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	80	13	146	0.165
Підлога	27	67	21	105	0.313
Стеля	27	11	5.46	16	0.49
Стіни	27	29	4.63	148	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 3 шт.

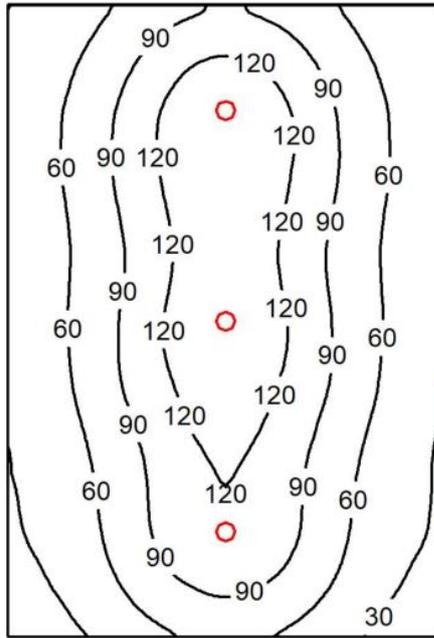


Рисунок 11 – Ізолінії освітлення складу штампів

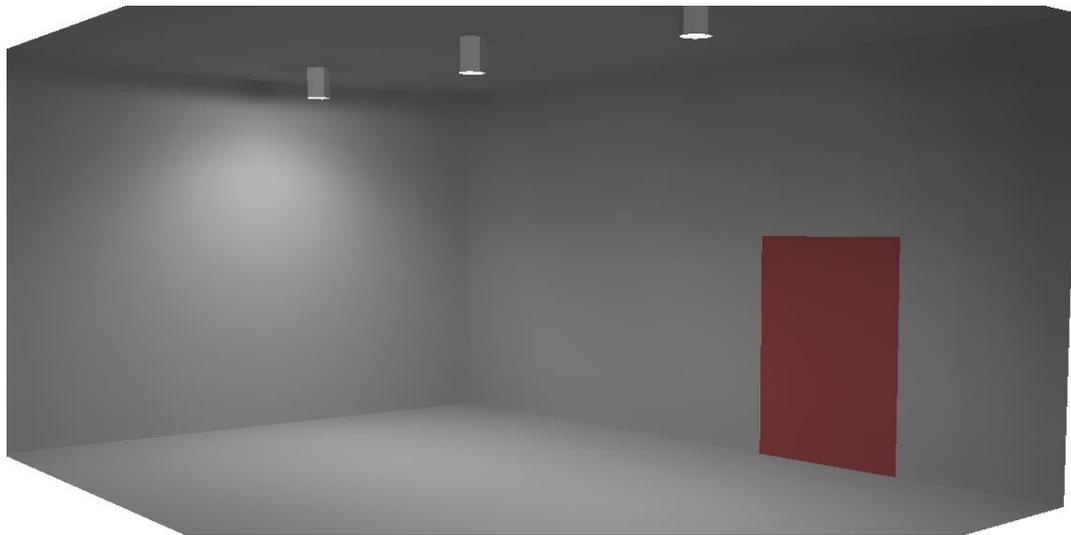


Рисунок 12 – 3D візуалізація освітлення складу штампів

Таблиця 3.4 – Світлотехнічні параметри кімнати майстра

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	169	67	231	0.396
Підлога	27	133	68	171	0.513
Стеля	78	23	13	31	0.545
Стіни	27	79	13	209	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 4 шт.

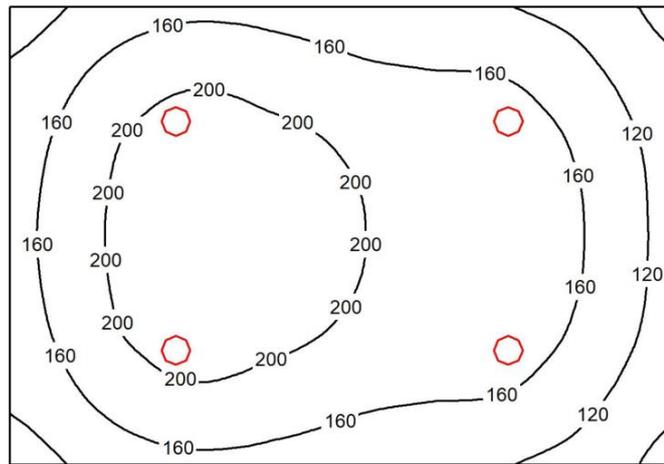


Рисунок 13 – Ізолінії освітлення кімнати майстра

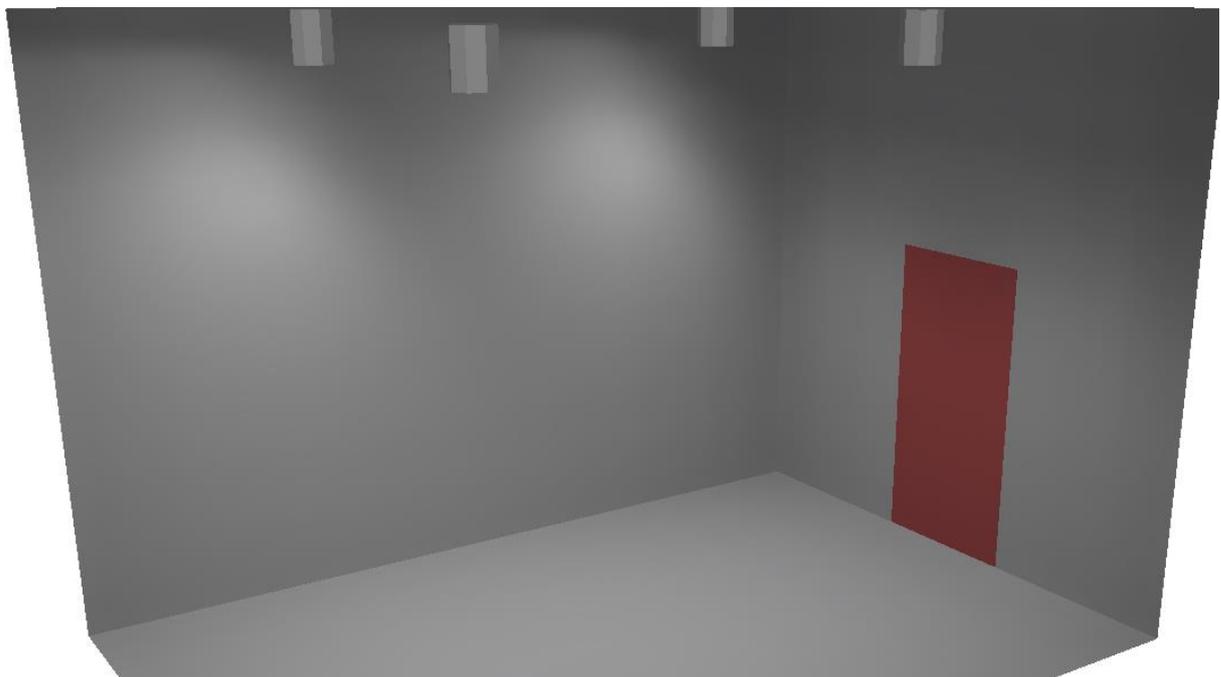


Рисунок 14 – 3D візуалізація освітлення кімнати майстра

Таблиця 3.5 – Світлотехнічні параметри агрегатної

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	241	84	343	0.347
Підлога	27	199	92	266	0.461
Стеля	27	35	18	43	0.529
Стіни	27	108	16	374	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 8 шт.

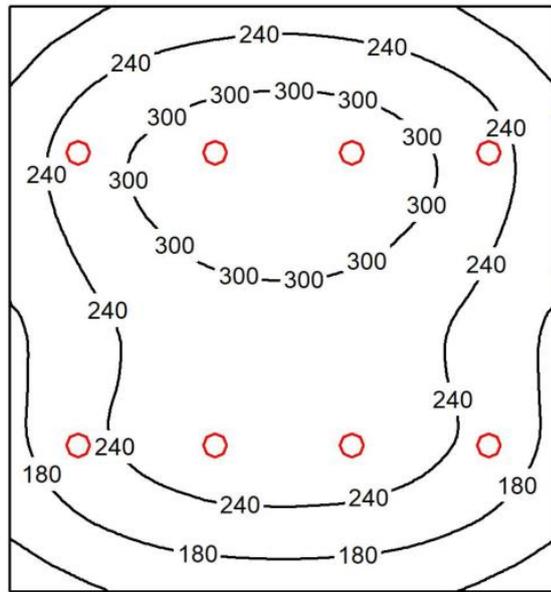


Рисунок 15 – Ізолінії освітлення агрегатної

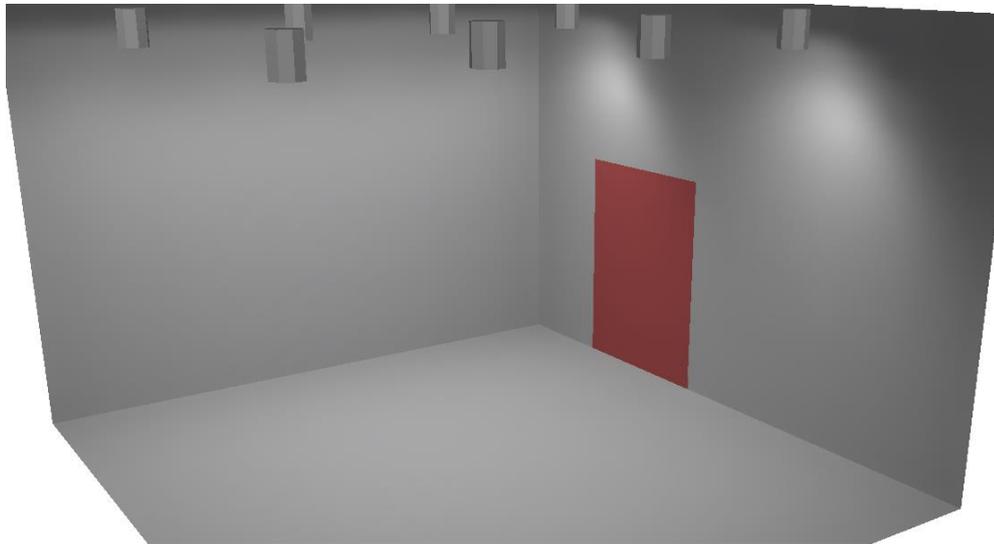


Рисунок 16 – 3D візуалізація освітлення агрегатної

Таблиця 3.6 – Світлотехнічні параметри камери трансформатора

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	85	22	140	0.264
Підлога	27	67	30	93	0.449
Стеля	27	10	5.72	15	0.553
Стіни	27	33	4.64	139	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 2 шт.

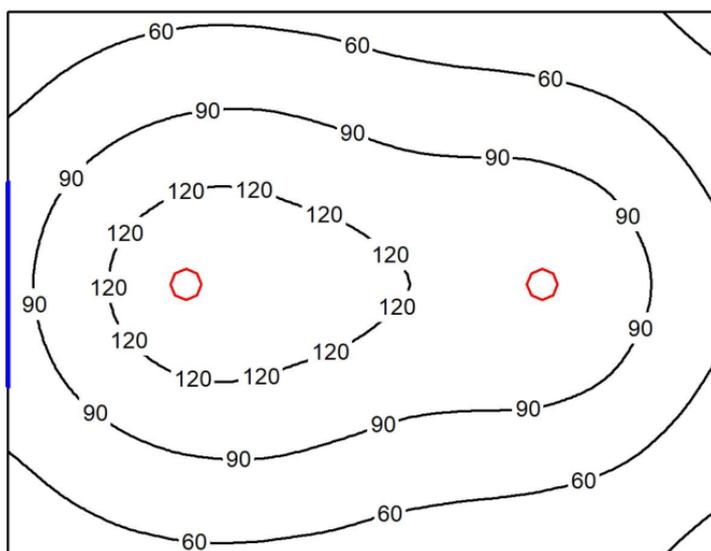


Рисунок 17 – Ізолінії освітлення камери трансформатора

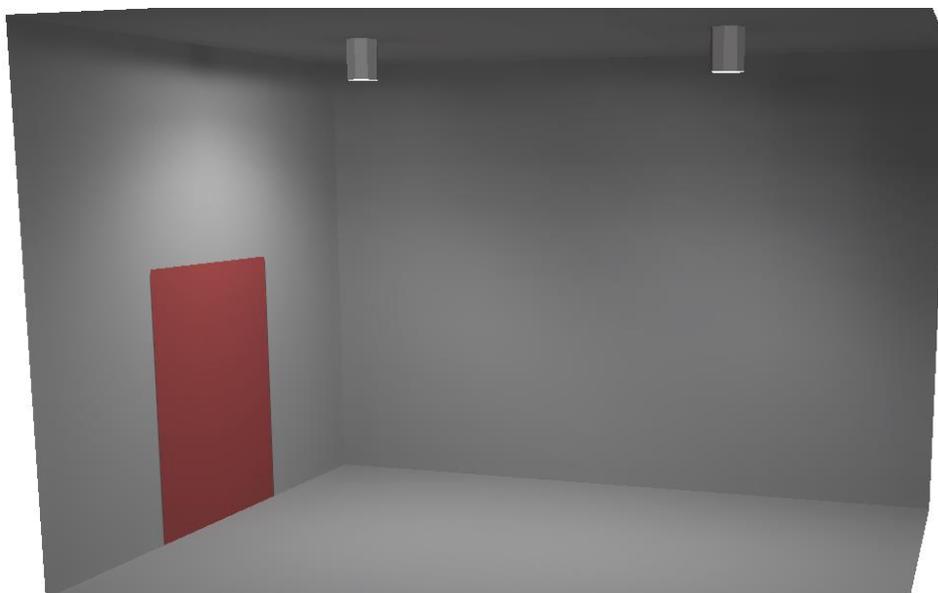


Рисунок 18 – 3D візуалізація освітлення камери трансформатора

Таблиця 3.7 – Світлотехнічні параметри електрощитової

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	155	68	208	0.442
Підлога	27	115	63	146	0.549
Стеля	27	20	10	29	0.513
Стіни	27	75	8.29	315	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 3 шт.

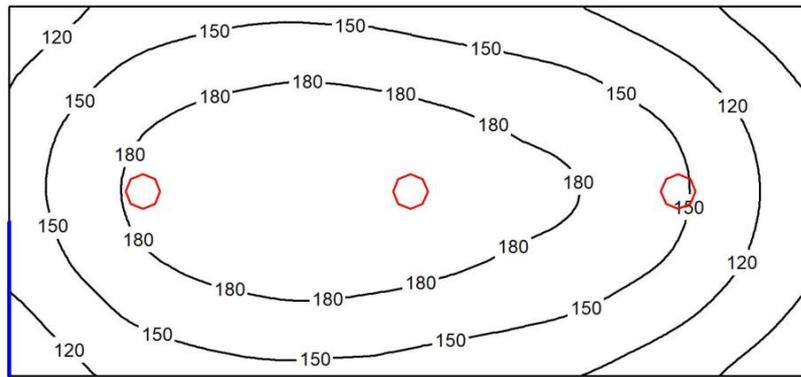


Рисунок 19 – Ізолінії освітлення електрощитової

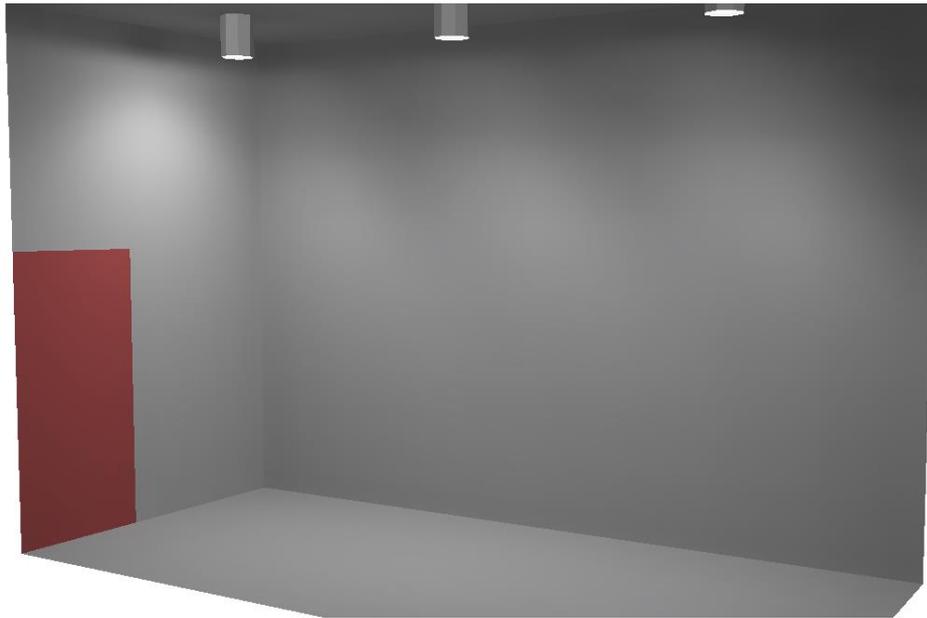


Рисунок 20 – 3D візуалізація освітлення електрощитової

Таблиця 3.8 – Світлотехнічні параметри інструментальної

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	98	37	140	0.372
Підлога	27	73	39	93	0.534
Стеля	27	12	6.18	16	0.519
Стіни	27	43	4.96	124	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 2 шт.

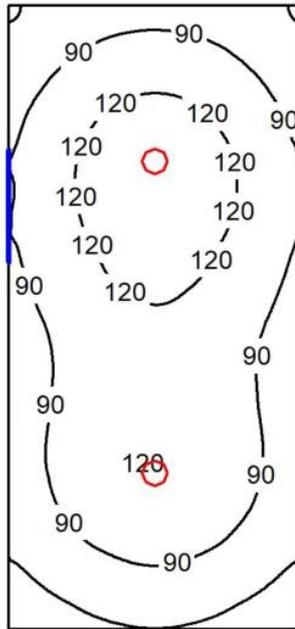


Рисунок 21 – Ізолінії освітлення інструментальної

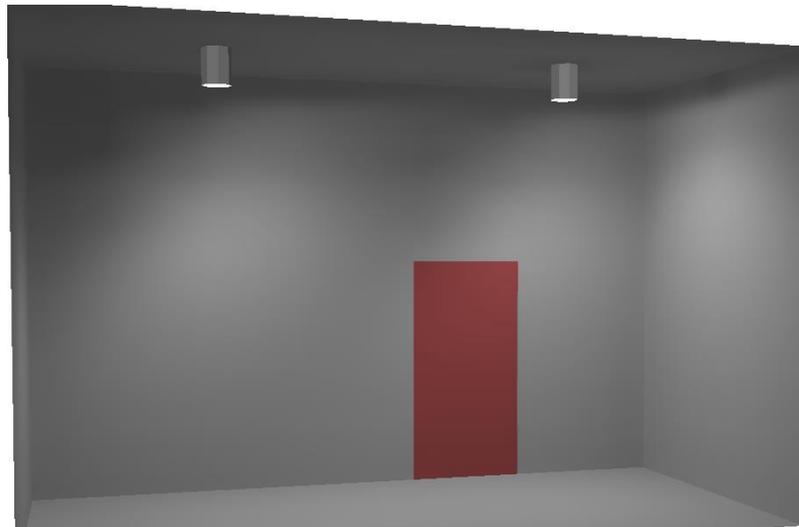


Рисунок 22 – 3D візуалізація освітлення інструментальної

Таблиця 3.9 – Світлотехнічні параметри голтовочної

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	251	82	318	0.329
Підлога	27	224	81	296	0.361
Стеля	27	44	21	56	0.474
Стіни	27	112	18	260	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 20 шт.

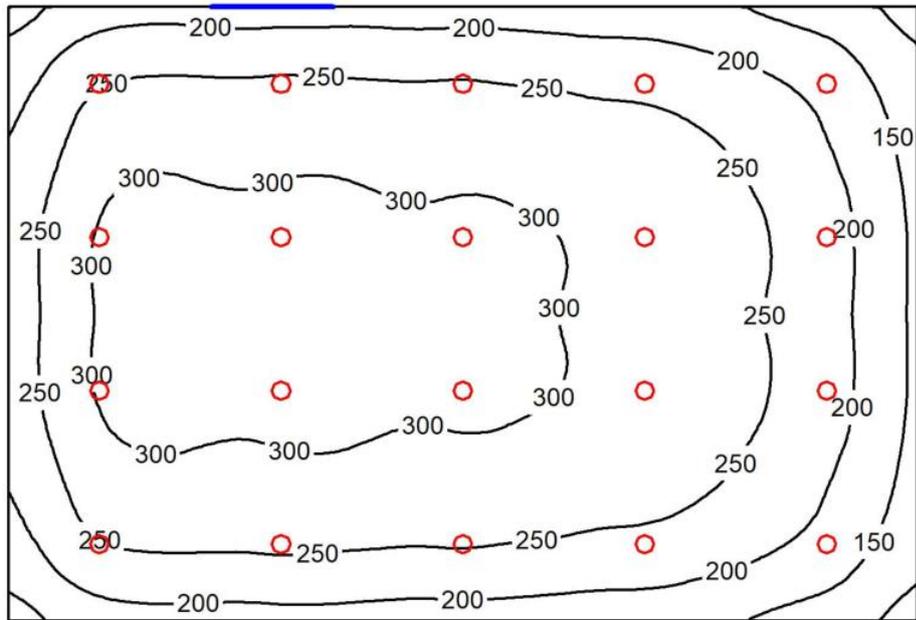


Рисунок 23 – Ізолінії освітлення голтовочної

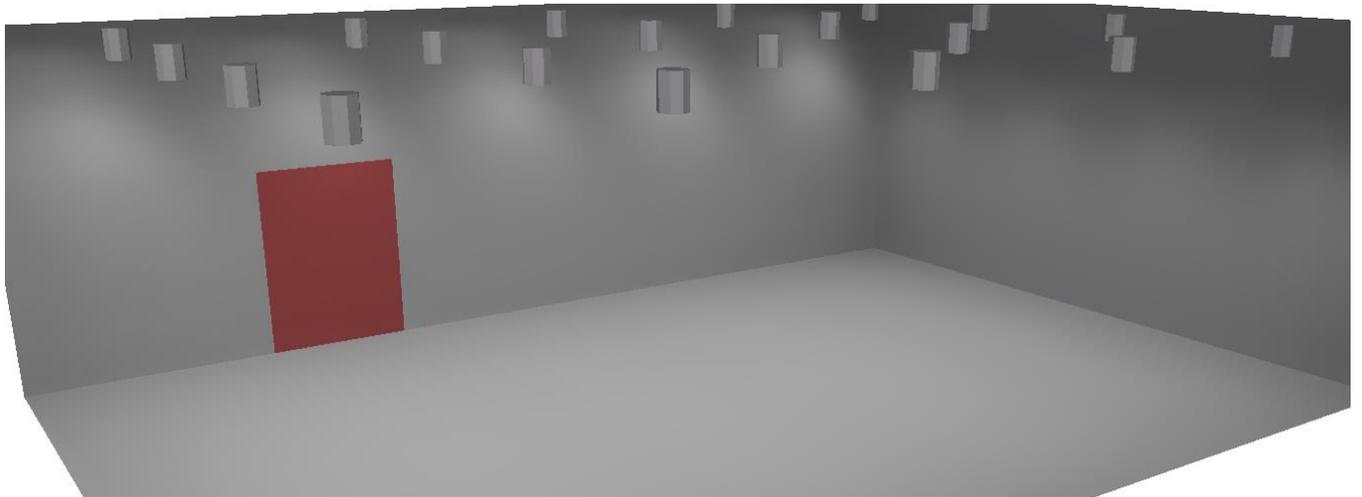


Рисунок 24 – 3D візуалізація освітлення голтовочної

Таблиця 3.10 – Світлотехнічні параметри вентиляційної

Поверхня	ρ , %	E_{CP} , Лк	E_{min} , Лк	E_{max} , Лк	E_{min}/E_{CP}
Робоча поверхня	-	98	36	140	0.371
Підлога	27	73	39	93	0.537
Стеля	27	12	6.1	16	0.515
Стіни	27	43	4.89	124	-

Кількість світильників ДСП55У-15 у приміщенні – 2 шт.

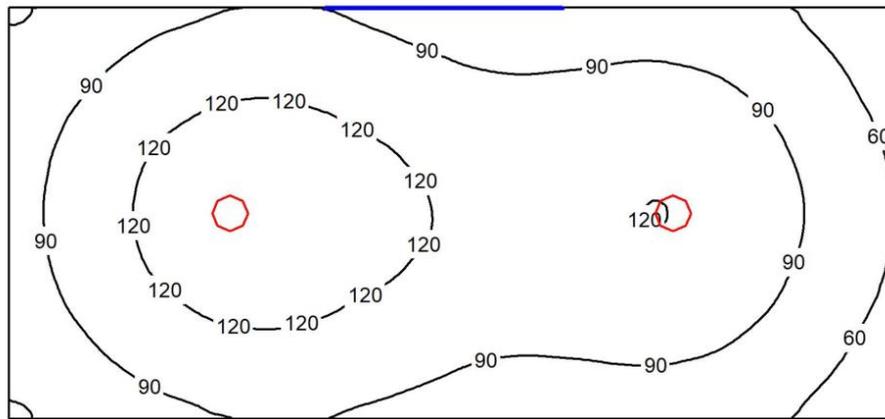


Рисунок 25 – Ізолінії освітлення вентиляційної

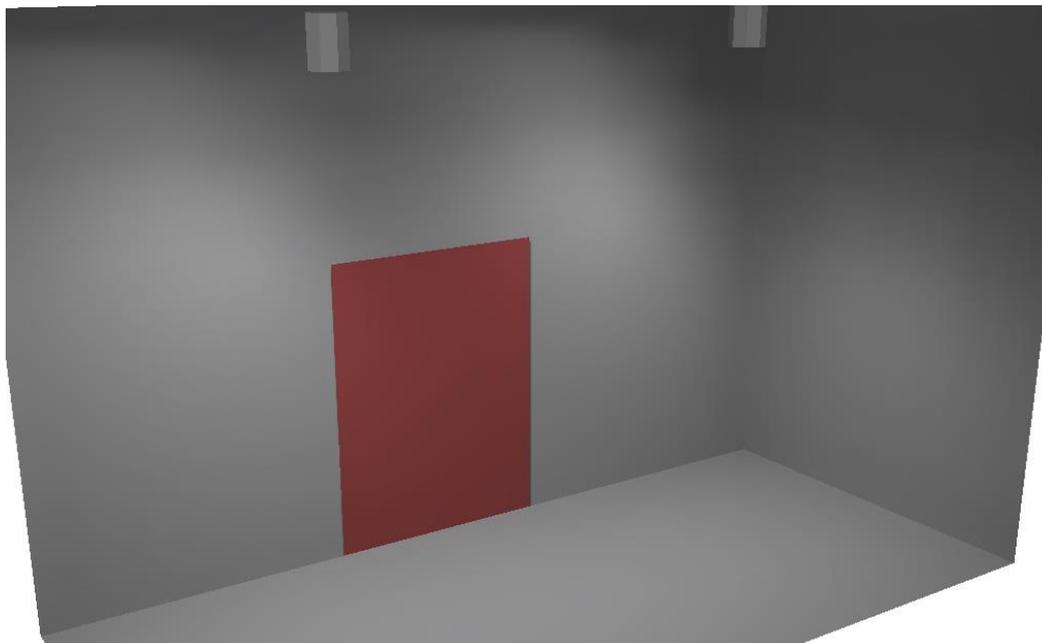


Рисунок 26 – 3D візуалізація освітлення вентиляційної

4. Економічна частина

У даному розділі проводяться розрахунки кошторисних витрат на експлуатацію і ремонт електроустаткування автоматизованого цеху. Вихідні дані для проведення розрахунків представлені у таблицях 4.1-4.3.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для проведення розрахунків технічного обслуговування і ремонту електрообладнання (ППР базового підприємства)[13]

Найменування показників	Цифрові дані						
Назва електрообладнання	Електродвигуни потужністю, кВт						Трансформатори
	0.8	1.6-3	3.1-5.5	5.6-10	10.1-17	17.1-22	
Кількість електрообладнання, N	2	19	18	3	2	2	2
Ремонтний цикл, Ц (год)	51840	51840	51840	51840	51840	51840	86400
Міжремонтний період, Ц _п (год)	4320	4320	4320	4320	4320	4320	8640
Трудомісткість ремонту в люд-год:							
-капітального, m_k	11	13	15	20	27	32	190
-поточного, m_n	2	3	3	4	6	7	40
Час простою в ремонті, в годинах:							
-у капітальному, t_k	24	24	24	72	72	72	168
-у поточному, t_n	3	3	3	8	8	8	21

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для проведення розрахунку фонду оплати праці для ремонтного персоналу цеху (вихідні дані базового підприємства)

Найменування показників	Цифрові дані
<p>Режим роботи:</p> <p>-ремонтного персоналу цеху</p> <p>-чергового персоналу цеху</p>	<p>-5-денний робочий тиждень, 2 зміни,</p> <p>$T_3 = 8 \text{ год}$</p> <p>-безперервний 3-х змінний</p>
<p>Система оплати праці:</p> <p>-ремонтного персоналу</p> <p>-чергового персоналу</p>	<p>погодинно-преміальна</p> <p>погодинно-преміальна</p>
<p>Тарифні ставки , $T_{C_{год}}$, грн:</p> <p>- $T_{C_{5р}}$</p> <p>- $T_{C_{6р}}$</p>	<p>33.87</p> <p>37.19</p>
<p>Розмір преміювання, P_p %</p>	<p>20</p>
<p>Розмір відрахувань на соц. потреби,</p> <p>$V_{c.п}$, %</p>	<p>22</p>
<p>Планові невиходи на роботу, дн.:</p> <p>-відпустка (Відп)</p> <p>-державні обов'язки (ДО)</p> <p>-хвороби (ХВ)</p> <p>-пільгові години (Пільг)</p>	<p>24</p> <p>1</p> <p>6</p> <p>-</p>
<p>Шкідливість, $D_{шк}$, %</p>	<p>10</p>
<p>Вислуга років, $V_{рок}$, %</p>	<p>2</p>
<p>Річне преміювання, $P_{р1ч}$, %</p>	<p>10</p>

Таблиця 4.3 – Вихідні дані для розрахунку витрат відносно основних фондів підприємства (вихідні дані базового підприємства)

Найменування показників	Цифрові дані						
Назва електрообладнання	Електродвигуни потужністю, кВт						Трансформатори
	0.8	1.6-3	3.1-5.5	5.6-10	10.1-17	17.1-22	
Оптові ціни на електрообладнання, Ц ₀ , грн	20000	185697	328586	27000	10000	285000	75000
Витрати на монтаж, В _М , %	24						
Транспортно-заготівельні витрати, З _{ТР-З} , %, до оптової ціни	2.6						
Норми амортизації на електрообладнання, Н _А , %	10						

4.1 Організація технічного обслуговування і ремонту електроустаткування

4.1.1 Визначення структури ремонтного циклу

Структура ремонтного циклу визначається встановленими нормами.

Міжремонтний період – проміжок часу поміж двома суміжними ремонтами.

Ремонтний цикл – проміжок часу роботи поміж двома капітальними ремонтами.

Структурою ремонтного циклу – є перемишування ремонтів у відповідній послідовності поміж двома капітальними ремонтами.

Ремонтний цикл та його структура безпосередньо залежать від експлуатаційних умов електрообладнання. У період ремонтного циклу проводиться один або декілька поточних ремонтів. Результати проведених розрахунків записуємо до таблиці 4.4

Кіл-ть поточних ремонтів a_n , знаходимо за допомогою формули:

$$a_n = \frac{\text{Ц}}{\text{Ц}_{\text{п}}} - 1$$

де $\text{Ц}_{\text{п}}$ – тривалість міжремонтного періоду в міс;

1 – кіл-ть капітальних ремонтів у даному ремонтному циклі;

Ц – тривалість ремонтного циклу, міс.

Кіл-ть поточних ремонтів $a_{n.\text{гр}}$ для відповідної групи споживачів, знаходимо за допомогою формули:

$$a_{n.\text{гр}} = a_n * N$$

де N – кіл-ть споживачів у групі, в шт;

Таблиця 4.4 – Результати проведених розрахунків

Найменування обладнання		Кількість, N , шт	Тривалість, міс		Кількість поточних ремонтів	
			ремонтного циклу	міжремонтного періоду	на одиницю, a_n	на всю кількість, $a_{n.\text{гр}}$
Електродвигуни	0.8	2	72	6	11	22
	1.6-3	19	72	6	11	209
	3.1-5.5	18	72	6	11	198
	5.6-10	3	72	6	11	33
	10.1-17	2	72	6	11	22
	17.1-22	2	72	6	11	22
Трансформатори		2	120	12	9	18

На рис. 27-28 зображено структуру ремонтного циклу автоматизованого цеху.

роки \ Міс	Міс											
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1-ий						П						П
2-ий						П						П
3-ий						П						П
4-ий						П						П
5-ий						П						П
6-ий						П						К

Рисунок 27 – Структура ремонтного циклу агрегатів опалення, електродвигунів та вентиляційних агрегатів, де П – поточний ремонт, а К – капітальний ремонт

роки \ Міс	Міс											
	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
1-ий												П
2-ий												П
3-ий												П
4-ий												П
5-ий												П
6-ий												П
7-ий												П
8-ий												П
9-ий												П
10-ий												К

Рисунок 28 – Структура ремонтного циклу трансформаторів

4.1.2 Визначення середньорічної трудомісткості ремонтних робіт

Відповідно до складеної структури ремонтного циклу електрообладнання і вибраними із системи планово попереджувального ремонту нормам розраховується трудомісткості робіт під час різних видів ремонтів. Визначається трудомісткість робіт і середньорічна трудомісткість, відповідно тієї трудомісткості, відносно якої виконується розрахунок по чисельності ремонтного персоналу.

Затрати праці, які визначаються у людино-годинах для виконання відповідного обсягу робіт або виготовлення одиниці продукту називаються трудомісткістю робіт. Результати проведених розрахунків записуємо до таблиці 4.5.

При капітальному ремонті повну трудомісткість ремонтних робіт в ремонтному циклі для представленого виду електричного обладнання з урахуванням кількості даного обладнання T_p^k , людино-година, знаходимо за допомогою формули:

$$T_p^k = m_k * a_k * N$$

де a_k – к-ть капітальних ремонтів в ремонтному циклі, шт;

N – к-ть одиниць відповідного виду електрообладнання, шт;

m_k – норма трудомісткості ремонтних робіт під час капітального ремонту для відповідного виду обладнання, людино-година.

Загальна ТРР під час поточного ремонту, $T_p^п$, людино-година, для відповідного виду обладнання та з урахуванням кількості знаходиться за допомогою формули:

$$T_p^п = m_n * a_n * N$$

де m_n – норма ТРР при капітальному ремонті відносно даного виду обладнання, людино-година.

Загальна ТРР у ремонтному циклі, $T_p^{заг}$, людино-година:

$$T_p^{заг} = T_p^k + T_p^п$$

Середньорічна ТРР, $T_p^{ср.річн.}$, людино-година, знаходиться за допомогою формули:

$$T_p^{ср.річн.} = (T_p^{заг} * 12) / Ц$$

де Ц – ремонтний цикл у місяцях;

12 – кіл-ть місяців в році.

Таблиця 4.5 – Середньорічна ТРР електрообладнання

Найменування та тип електрообладнання	Кількість одиниць електрообладнання	Капітальний ремонт			Поточний ремонт			Загальна трудомісткість у ремонтному циклі, люд-год	Тривалість ремонтного циклу, міс	Середньорічна трудомісткість усього виду електрообладнання, люд-год	
		Кількість ремонтів	Норма трудомісткості, люд-год	Загальна трудомісткість ремонтів, люд-год	Кількість ремонтів	Норма трудомісткості, люд-год	Загальна трудомісткість ремонтів, люд-год				
Електродвигуни	0.8	2	1	11	22	11	2	44	66	72	11
	1.6-3	19	1	13	247	11	3	627	874	72	145.67
	3.1-5.5	18	1	15	270	11	3	594	864	72	144
	5.6-10	3	1	20	60	11	4	132	192	72	32
	10.1-17	2	1	27	54	11	6	132	186	72	31
	17.1-22	2	1	32	64	11	7	154	218	72	36.33
Тр-ри	2	1	190	380	9	40	720	1100	120	110	
Всього:	46	-	-	717	66	-	1683	2400	-	400	

Трудомісткість технічного обслуговування T_p^{TO} , людино-година, становить 10% відносно трудомісткості поточного ремонту:

$$T_p^{TO} = (T_p^P * 10\%) / (100\%) = (1683 * 10\%) / (100\%) = 168.3 \text{ людино – година}$$

4.1.3 Визначення тривалості (часу) простою електроустановки під час ремонту

Для того, щоб визначити ефективний фонд часу роботи електрообладнання та витрати електроенергії за весь рік, потрібно знати час котрий електрообладнання

знаходилося в ремонті протягом року (час простою).

Під час розрахунку часу простою електричного обладнання в ремонті застосовуються 3 системи ППР та враховується трудомісткості ремонтних робіт відносно електрообладнання. Результати проведених розрахунку представлено в таблиці 4.6.

Сумарний час простою під час капітального ремонту $T_{\text{пр}}^{\text{к}}$, год, розраховуємо за допомогою формули:

$$T_{\text{пр}}^{\text{к}} = t_k * N * a_k$$

де t_k – норма простою обладнання під час капітального ремонту для відповідного виду електричного обладнання, год.

Сумарний час простою під час поточного ремонту в ремонтному циклі, $T_{\text{пр}}^{\text{п}}$, год., розраховуємо за допомогою формули:

$$T_{\text{пр}}^{\text{п}} = t_n * N * a_n$$

де t_n – норма простою електрообладнання у поточному ремонті для відповідного виду електричного обладнання, , год.

Сумарна затрата часу на простій при ремонті у ремонтному циклі, $T_{\text{пр}}^{\text{заг}}$, год., визначається з наступного виразу:

$$T_{\text{пр}}^{\text{заг}} = T_{\text{пр}}^{\text{к}} + T_{\text{пр}}^{\text{п}}$$

Середньорічний простій електричного обладнання в ремонті, $T_{\text{пр}}^{\text{ср.річн}}$, год., визначаємо за допомогою формули:

$$T_{\text{пр}}^{\text{ср.річн}} = (T_{\text{пр}}^{\text{заг}} * 12) / \text{Ц}$$

де Ц – ремонтний період у місяцях;

12 – кіл-ть місяців в році.

Таблиця 4.6 – Середньорічний простій електричного обладнання в ремонті

Найменування та тип електрообладнання	Кількість одиниць електрообладнання	Капітальний ремонт			Поточний ремонт			Затрати часу на простій під час ремонту в ремонтному циклі, год	Тривалість ремонтного циклу, міс	Середньорічний простій в ремонті, год	
		Кількість ремонтів	Норма простою у ремонті, год	Загальні затрати часу на ремонт, год	Кількість ремонтів	Норма простою у ремонті, год	Загальні затрати часу на ремонт, год				
Електродвигуни	0.8	2	1	24	48	11	3	66	114	72	19
	1.6-3	19	1	24	456	11	3	627	1083	72	180.5
	3.1-5.5	18	1	24	432	11	3	594	1026	72	171
	5.6-10	3	1	72	216	11	8	264	480	72	80
	10.1-17	2	1	72	144	11	8	176	320	72	53.33
	17.1-22	2	1	72	144	11	8	176	320	72	53.33
Тр-ри	2	1	168	336	9	21	378	714	120	71.4	
Всього:	48	-	-	1776	75	-	2281	4057	-	628.5	6

4.1.4 Річний графік ППР електроустаткування

Обслуговування та ремонт електрообладнання відбувається у відповідності до раніше розробленого графіка ППР. В даному графіку встановлюються конкретні строки проведення тих чи інших видів ремонтних робіт та їх почерговість.

Для того, щоб побудувати графік ППР на запланований рік потрібно знати місяць і рік вводу в експлуатацію електрообладнання, також потрібно враховувати структуру ремонтного циклу для даного електрообладнання.

Знаходимо кількість капітальних ремонтів для усього електрообладнання Π_K , шт, у загальному періоді за допомогою формули:

$$\Pi_K = \frac{8640 * N * a_k * K}{\text{Ц}}$$

де 8640 – календарний фонд часу, год;

a_k – кіл-ть капітальних ремонтів в ремонтному періоді для одиниці електрообладнання;

N – кіл-ть типового електрообладнання;

Ц – тривалість ремонтного періоду, год.;

K – коефіцієнт використання обладнання відносно календарного часу, рівним 1.

Визначаємо кількість поточних ремонтів відносно планового року для всього типу обладнання $\Pi_{\text{П}}$, шт, за допомогою формули:

$$\Pi_{\text{П}} = \frac{8640 * N * a_n * K}{\text{Ц}}$$

де a_k – кіл-ть поточних ремонтів в ремонтному періоді для одиниці електрообладнання.

Детальний розрахунок трудомісткості поточного і капітального ремонтів, часу простою в період проведення ремонтних робіт відносно кожної одиниці електрообладнання не проводиться. Отримані дані в процесі розрахунку округлюємо до найближчого можливого цілого числа, що відмінне від нуля. Результати проведених розрахунків записуємо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Результати проведених розрахунків ремонтів відносно графіка

ППР

Найменування та тип		Кількість обладнання	Кількість ремонтів за рік	
			П _к , шт	П _п , шт
Електродвигуни	1	2	1	4
	1.6-3	19	3	35
	3.1-5.5	18	3	33
	5.5-10	3	1	6
	10.1-17	2	1	4
	17.1-22	2	1	4
Трансформатори		2	1	3

4.2 Розрахунок чисельності чергового і ремонтного персоналу

Під час визначення кількості робітників необхідно розрізняти списковий та явочний склад.

Явочна чисельність - кількість працівників, що мають з'явитися на робочому місці у відповідний день, також сюди включаються ті особи, що знаходяться у відрядженнях. Дана чисельність є мінімальною - необхідною для забезпечення нормального виробничого процесу та виконання змінного завдання [20].

Облікова чисельність працівників – це кіл-ть всіх постійних, сезонних та тимчасових працівників, яких було прийнято на роботу на один та більше днів і незалежно від того знаходяться вони на робочому місці чи перебувають у відпустках, на лікарняному або у відрядженнях.

Необхідними даними для розрахунку чисельності чергового та ремонтного персоналу є баланс робочого часу за рік та трудомісткість ремонтних робіт.

4.2.1 Баланс робочого часу за рік

Для розрахунку чисельності чергового та ремонтного персоналу потрібно знати кіл-ть днів у році, відповідних ремонтних робіт, які виконує один середньос-

писковий робітник.

Для цього необхідно скласти баланс робочого часу за рік.

Графік змінності – дає інформацію відносно послідовність виходу до праці та порядок переходу працівників від зміни в зміну також дає інформацію про чередування днів праці та вихідних.

Баланс робочого часу – дає інформацію відносно необхідної кількості днів та годин, які зобов'язаний відпрацювати один робітник протягом планового року.

В балансі існує: номінальний час ($T_{НОМ}$), ефективний час ($T_{ЕФ}$), календарний час ($T_{К}$).

Номінальний ФРЧ – це максимальне значення можливого фонду робочого часу, яке може відпрацювати один працівник протягом року.

Номінальний ФРЧ, $T_{НОМ}$, дн., визначається за допомогою формули:

$$T_{НОМ.пер} = T_{К} - (B + Cв)$$

$$T_{НОМ.безпер} = T_{К} - B$$

де $Cв$ – кіл-ть святкових днів;

$T_{К}$ – календарний фонд часу, дн;

B – кіл-ть вихідних днів в році.

Календарний ФРЧ дає інформацію щодо кількості днів в календарному році.

Ефективний ФРЧ для безперервного та перервного режимів роботи $T_{ЕФ}$, дн. визначається за допомогою формули:

$$T_{ЕФ} = T_{НОМ} - (Відп + ХВ + ДО + Пільг)$$

де $ХВ$ – втрати часу через хвороби; дн;

Відп – додаткові і чергові відпустки, дн;

Пільг – пільгові години для підлітків, дн;

ДО – час виділений на виконання громадських та державних обов'язків.

Коефіцієнт невиходів – дає інформацію на скільки облікова чисельність більша за явочну, визначається за допомогою формули:

$$K_{НЕВ} = T_{НОМ} / T_{ЕФ}$$

Результати проведених розрахунків записуємо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Баланс робочого часу для робітника

Назва фондів часу	Буквене позначення	Дні	
		Для ремонтного персоналу	Для чергового персоналу
Календарний фонд	T _К	365	365
Вихідні дні	В	104	91
Святкові дні	Св	10	-
Номінальний фонд	T _{НОМ}	251	274
Невиходи на роботу:			
- відпустка	Відп	24	24
- хвороба	ХВ	6	6
- державні обов'язки	ДО	1	1
- пільгові	Пільг	-	-
Ефективний фонд робочого часу (в днях)	T _{ЕФ}	220	243
Тривалість зміни	T _{ЗМ}	8	8
Ефективний фонд робочого часу (в годинах)	T _{ЕФ}	1760	1944
Коефіцієнт невиходів	K _{НЕВ}	1.14	1.13

4.2.2 Визначення чисельності ремонтного персоналу

Розрахунок чисельності ремонтного персоналу виконується відповідно до ГРР для електроустаткування цеху Ч_{ОБЛ}, чол, за допомогою даної формули:

$$Ч_{\text{ОБЛ}} = \frac{T_{\text{р}}^{\text{ср.річн.}}}{T_{\text{ЕФ}} * K_{\text{НОРМ}}} = \frac{400}{1768 * 1.1} = 0.21 \text{ чол}$$

де T_р^{ср.річн.} – середньорічна ГРР, людино-година;

$K_{НОРМ}$ – коефіцієнт виконання норм (поставленого завдання на зміну),
 $K_{НОРМ}=1-1.2;$

Приймаємо: 1 особа на зміну.

Так як загальна ТРР складається з трудомісткості верстатних, слюсарних та інших робіт, то весь персонал буде поділятися за спеціальностями, а саме на верстатних робітників та електрослюсарів.

Облікова чисельність верстатників $Ч_{ОБЛ}^{вер}$, чол, визначається за допомогою даної формули:

$$Ч_{ОБЛ}^{вер} = \frac{T_p^{ср.річн.} * 10\%}{T_{ЕФ} * K_{НОРМ} * 100\%} = \frac{400 * 10\%}{1760 * 1.1 * 100\%} = 0.02 \text{ чол}$$

де 10% – відсоток верстатних робіт від загального обсягу ремонтних робіт.

Обираємо: 0 чол, оскільки верстатні роботи будуть виконуватися електрослюсарем за сумісництвом.

Знаходимо облікову чисельність електрослюсарів $Ч_{ОБЛ}^{сл.}$, чол, за допомогою даної формули:

$$Ч_{ОБЛ}^{сл.} = \frac{T_p^{ср.річн.} * (80\% + 10\%)}{T_{ЕФ} * K_{НОРМ} * 100\%} = \frac{400 * (80\% + 10\%)}{1760 * 1.1 * 100\%} = 0.19 \text{ чол}$$

де 80% – відсоток слюсарних робіт від загального обсягу реемонтних робіт.

Приймаємо: 1 особа на зміну.

Після проведених розрахунків чисельності необхідних ремонтних робітників та враховуючи кваліфікацію електрослюсарів створюється відповідна бригада, приймаємо:

- 1 електрослюсар 6 розряду на зміну так, як дві зміни то разом 2 слюсаря.

4.2.3 Визначення чисельності чергового персоналу

Розрахунок кількості чергового персоналу відповідного цеху проводиться відштовхуючись від трудомісткості технічного обслуговування електричного устаткування $Ч_{ОБЛ}$, чол, за допомогою формули:

$$Ч_{\text{ОБЛ}} = \frac{T_p^{\text{ТО}}}{T_{\text{ЕФ}} * K_{\text{НОРМ}}} = \frac{163.8}{1944 * 1.1} = 0.08 \text{ чол}$$

де $T_p^{\text{ТО}}$ – трудомісткість технічного обслуговування, людино-година.

Приймаємо: 1 особа на зміну.

Ефективний фонд часу потрібно обирати ґрунтуючись на баланс робочого часу та враховуючи режим роботи. Якщо за якихось умов кількість чергового персоналу не відповідатиме чисельності працівників відповідно до облікового режиму роботи БП та правилам ТБ, то кількість робітників приймається такою, що зможе обслуговувати електрообладнання сусіднього цеху.

Склад чергових працівників:

- 1 електрослюсар 5 розряд на зміну, відповідно до норм - 3 слюсаря.

4.3 Визначення капітальних витрат на електроустаткування цеху

Загальна сума витрат на електрообладнання під час капітального ремонту складається з витрат на придбання електроустаткування, його поставку та монтаж. Також потрібно враховувати матеріали, які необхідно для експлуатацію і монтажу устаткування (кабель, провід).

Ціна монтажних робіт V_M , грн, становить 24% від оптової ціни устаткування, визначаємо вартість (ціну) за допомогою формули:

$$V_M = \frac{C_0 * 24\%}{100\%}$$

де C_0 – оптова вартість одиниці устаткування, грн.

Транспортно - заготівельні витрати на доставку електроустаткування, які становлять 2,6% від оптової ціни, визначаємо за допомогою формули:

$$Z_{\text{тр-заг}} = \frac{C_0 * 2.6\%}{100\%}$$

Кошторисна вартість одиниці електроустаткування K_B , грн, визначаємо за допомогою формули:

$$K_B = C_0 + V_M + Z_{\text{тр-заг}}$$

Загальна кошторисна вартість устаткування $K'_{\text{ЗАГ}}$, грн, знаходимо за допо-

могою формули:

$$K'_{\text{ЗАГ}} = K_{\text{В}} * N$$

де N – кіл-ть електроустановки, шт./м.

Результати проведених розрахунків записуємо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Результати проведених розрахунків капітальних витрат для електрообладнання

Назва і тип електроустановки	Кількість, шт, м	Кошторисна вартість одиниці устаткування, грн				Всього $K_{\text{В}}$	Загальна вартість даного виду устаткування, грн, $K'_{\text{ЗАГ}}$	
		Оптові ціни, Ц ₀	Вартість монтажних робіт, $V_{\text{М}}$	Транспортивно заготовельні витрати, $Z_{\text{тр-заг}}$	24%			2.6%
Електродвигуни	0.8	2	20000	4800	520	25320	50640	
	1.6-3	19	185697	44567.28	4828.12	235092.4	4466755.6	
	3.1-5.5	18	328586	78860.64	8543.24	415989.8	7487817.84	
	5.5-10	3	27000	6480	702	34182	102546	
	10.1-17	2	10000	2400	260	12660	25320	
	17.1-22	2	285000	68400	7410	360810	721620	
Тр-ри	2	75000	18000	1950	94950	189900		
Всього:	48	-	-	-	-	13044599.44		
Кабелі:								
ВВГ 3x1.5	1000	22.74	5.46	0.59	28.79	28790		
ВВГ 5x1.5	10	36.36	8.73	0.95	46.04	460.4		
ВВГ 5x2,5	645	56.95	13.67	1.48	72.1	46504.5		

Продовження таблиці 4.9

Назва і тип електроустаткування	Кількість, шт, м	Кошторисна вартість одиниці устаткування, грн				Загальна вартість даного виду устаткування, грн, К'ЗАГ
		Оптові ціни, Ц ₀	Вартість монтажних робіт, В _М	Транспортивно заготовельні витрати, З _{тр-заг}	Всього К _В	
ВВГ 5х6	20	133.17	31.96	3.46	168.59	3371.8
ВВГ 5х10	105	204.9	49.18	5.33	259.41	27238.05
ВВГ 5х16	210	329.25	79.02	8.56	416.83	87534.3
ВВГ 5х25	20	518.98	124.56	13.49	657.03	13140.6
ВВГ 3х2.5	170	35.24	8.46	0.92	44.62	7585.4
ВВГ 3х10	20	126.52	30.36	3.29	160.17	3203.4
ВББШв 4х120	40	1261.19	302.69	32.79	1596.67	63866.8
АСБнлШнг 3х25	2000	166.39	39.93	4.33	210.65	421300
Всього:	3240	-	-	-	-	674205.25
<u>Вимикачі:</u>						
ВН-11У3	2	4680	1123.2	121.68	5924.88	11849.76
ВА88-40	4	7766	1863.84	201.92	9831.76	39327.04
ВА88-32 3Р	7	1119	268.56	29.09	1416.65	9916.55
ВА47-100 3Р	40	597	143.28	15.52	755.8	30232
ВА47-100 2Р	6	438	105.12	11.39	554.51	3327.06

Продовження таблиці 4.9

Назва і тип електроустаткування	Кількість, шт, м	Кошторисна вартість одиниці устаткування, грн				Загальна вартість даного виду устаткування, грн, К'ЗАГ
		Оптові ціни, Ц ₀	Вартість монтажних робіт, В _М	Транспортно заготовельні витрати, З _{тр-заг}	Всього К _В	
Всього:	59	-	-	-	-	94652.41
Контактори: ПКМ-09412	2	157	37.68	4.08	198.76	397.52
Всього:	2	-	-	-	-	397.52
КРМ 0.4-32.4-3.2 УЗ-У1	2	31150	7476	809.9	39435.9	78871.8
Всього капітальних витрат:	-	-	-	-	-	13892726.42

4.4 Визначення поточних витрат на електроустаткування цеху

Поточні витрати задля утримання електрообладнання формуються з заробітної плати чергового і ремонтного персоналу та амортизаційних відрахувань з електрообладнання.

4.4.1 Визначення суми амортизаційних відрахувань за рік на електроустаткування цеху

Амортизація являються – процес поступового переносу вартості основних засобів виробництва по частинам в залежності від міри їх морального старіння чи

матеріального зносу на собівартість продукції, яка випускається [21].

Нормою амортизації є річний (встановлений) відсоток відшкодувань зношеної частини основного фонду.

Метою амортизації є накопичення коштів, яке забезпечує оновлення основних фондів.

Розміри амортизаційних відрахувань A , грн, визначаємо за допомогою формули:

$$A = \frac{K'_{\text{ЗАГ}} * N_A \%}{100\%}$$

де N_A – норма амортизації, %.

Розміри амортизаційні відрахування на кабелі, провід, захисну та комутаційну апаратуру і деякі види труб не підраховуються. Результати проведених розрахунків записуємо в таблицю 4.10.

Таблиця 4.10 – Річна сума амортизаційних відрахувань

Назва електроустановки	Кошторисна вартість, грн	Норма амортизації, %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн	
Електродвигуни	0.8	50640	10	5064
	1.6-3	4466755.6	10	446675.56
	3.1-5.5	7487817.84	10	748781.78
	5.5-10	102546	10	10254.6
	10.1-17	25320	10	2532
	17.1-22	721620	10	72162
Трансформатори	189900	10	18990	
Конденсаторні батареї	12710	10	1271	
Всього:	13057309.44	-	1305730.94	

4.4.2 Визначення річного ФОП (фонду оплати праці) чергового та ремонтного персоналу

Фонд оплати праці (ФОП) – це сума грошових нарахувань, які виплачуються працівникам відносно планового періоду. ФОП визначається окремо для чергового та ремонтного персоналу, якщо вони мають різні режими роботи.

ФОП для робітників формується з декількох фондів, а саме: основної оплати ($\Phi_{\text{ОСН}}$), додаткової оплати ($\Phi_{\text{ДОД}}$), компенсаційних та інших виплати ($V_{\text{К.та ІН.}}$):

$$\Phi_{\text{ОП}} = \Phi_{\text{ОСН}} + \Phi_{\text{ДОД}} + V_{\text{К.та ІН.}}$$

Фондом основної ЗП ($\Phi_{\text{ОСН}}$) є заробітна плата, що нараховується за зроблену роботу у відповідності з розцінками та тарифними ставками.

$$\Phi_{\text{ОСН}} = \Phi_{\text{ТАР}}$$

де $\Phi_{\text{ТАР}}$ – тарифний фонд, грн.

Розраховуємо тарифний фонд $\Phi_{\text{ТАР}}$, грн, за допомогою формули:

$$\Phi_{\text{ТАР}} = T_{\text{СГОД}} * T_{\text{ЕФ}} * Ч_{\text{ОБЛ}}$$

де $T_{\text{ЕФ}}$ – ефективний фонд одного робітника, год;

$T_{\text{СГОД}}$ – тарифна ставка за годину праці, грн.

Фонд додаткової оплати праці ($\Phi_{\text{ДОД}}$) складається з:

- а) оплата відпусток (щорічних та додаткових);
- б) доплати та надбавки до посадових окладів і тарифних ставок, що передбачені чинним законодавством:

- за поєднання професій;

- бригадирам з числа працівників, які не звільняються від основної праці;

- в) оплата праці у святкові і вихідні дні, та за наднормовий час;

- г) доплата за виконання роботи в шкідливих, особливо шкідливих та у важких умовах праці, вечірній час.

- д) «оплата праці робітників, який залучений до виконання ДО, якщо дані державні обов'язки виконуються у робочий час згідно із законодавства» [21];

Визначаємо додатковий ФОП $\Phi_{\text{ДОД}}$, грн, за допомогою формули:

$$\Phi_{\text{ДОД}} = D_{\text{НІЧ}} + V_{\text{ДО}} + D_{\text{ВЕЧ}} + V_{\text{ВІДП}} + D_{\text{СВ}} + D_{\text{ШК}} + V_{\text{ПІЛ}} + V_{\text{РОК}} + D_{\text{БР}}$$

де $D_{\text{НІЧ}}$ – доплата за виконання роботи у нічний час, грн;

$V_{\text{ДО}}$ – оплата праці робітникові, який залучений до виконання ДО, грн;

$D_{\text{ВЕЧ}}$ – доплата за виконання праці у вечірній час, грн;

$V_{\text{ВІДП}}$ – оплата відпусток (щорічних та додаткових), грн;

$D_{\text{СВ}}$ – доплата за виконання роботи в святкові дні, грн;

$D_{\text{ШК}}$ – доплата за виконання роботи в шкідливих та важких умовах грн;

$V_{\text{ПІЛ}}$ – оплата пільгових годин для підлітків, грн;

$V_{\text{РОК}}$ – виплати за вислугу (кіл-ть) років, грн;

$D_{\text{БР}}$ – доплата за виконання обов'язків бригадира, грн.

Нічною зміною вважається зміна у якій не менше 50% робочого часу становить нічний час.

«Нічним часом є проміжок часу від 22.00 та до 6.00 годин ранку» [21].

Вечірньою зміною є зміна, що починається перед нічною зміною безвідносно до часу її початку і закінчення.

Знаходимо доплату за виконання роботи у нічний час $D_{\text{НІЧ}}$, грн, за допомогою формули:

$$D_{\text{НІЧ}} = 1/3 * \Phi_{\text{ТАР}} * 40\%/100\%$$

де 40% – доплата до тарифної ставки за виконання роботи у нічний час;

$1/3$ – доля (кіл-ть) нічних годин при трьохзмінній роботі.

Знаходимо доплату за виконання роботи у вечірній час $D_{\text{ВЕЧ}}$, грн, за допомогою формули:

$$D_{\text{ВЕЧ}} = 1/3 * \Phi_{\text{ТАР}} * 20\%/100\%$$

де 20% – доплата до тарифної ставки за виконання роботи у вечірній час;

$1/3$ – доля (кіл-ть) вечірніх годин при трьохзмінній роботі.

Знаходимо суму оплати відпусток $V_{\text{ВІДП}}$, грн, за допомогою формули:

$$V_{\text{ВІДП}} = Z_{\text{СР.ДН.}} * \text{Відп} * Ч_{\text{ОБЛ}}$$

де $Z_{\text{СР.ДН.}}$ – середня зарплата постійних працівників за день, грн;

$Ч_{\text{ОБЛ}}$ – облікова кіл-ть працівників, чол;

Відп – кіл-ть відпускних днів, дн.

Оскільки праця робітників у святкові дні $D_{\text{СВ}}$, грн, становить $2 \times 100\%$ від тарифної ставки (тобто двійний розмір), то доплата за виконання роботи у святкові дні визначається за допомогою формули:

$$D_{\text{СВ}} = T_{\text{СГОД}} * T_{\text{ЗМ}} * C_{\text{В}} * Ч_{\text{ЯВ}}$$

де $T_{\text{ЗМ}}$ – тривалість робочої зміни, год;

$T_{\text{СГОД}}$ – тарифна ставка за годину, грн;

$Ч_{\text{ЯВ}}$ – явочна кіл-ть працівників, чол;

$C_{\text{В}}$ – кіл-ть святкових днів у періоді, дн.

Визначаємо середню зарплата за день $Z_{\text{СР.ДН.}}$, грн, за допомогою формули:

$$Z_{\text{СР.ДН.}} = (\Phi_{\text{ТАР}} + D_{\text{ВЕЧ}} + D_{\text{НІЧ}} + D_{\text{СВ}} + D_{\text{ШК}}) / (Ч_{\text{ОБЛ}} * T_{\text{ЕФ}})$$

де $T_{\text{ЕФ}}$ – ефективний фонд праці 1-го середньооблікового працівника, дн.

Знаходимо суму доплату за виконання роботи в шкідливих умовах $D_{\text{ШК}}$, грн, за допомогою формули:

$$D_{\text{ШК}} = \Phi_{\text{ТАР}} * \%D_{\text{ШК}} / 100\%$$

де $\%D_{\text{ШК}}$ – доплата до тарифної ставки за виконання роботи в шкідливих умовах визначається у відсотках.

Визначаємо суму доплати підліткам за час, що не був відпрацьований, але який підлягає оплаті $V_{\text{ПІЛ}}$, грн, за допомогою формули:

$$V_{\text{ПІЛ}} = Z_{\text{СР.ДН.}} * \text{Пільг} * Ч_{\text{ОБЛ}}$$

де Пільг – кіл-ть пільгових днів, дн.

Знаходимо суму оплати праці робітникам, які залучаються до виконання ДО $V_{\text{ДО}}$, грн, за допомогою формули:

$$V_{\text{ДО}} = Z_{\text{СР.ДН.}} * \text{ДО} * Ч_{\text{ОБЛ}}$$

де ДО – кіл-ть днів виконання ДО (державних обов'язків), дн.

Знаходимо виплату за вислугу років $V_{\text{РОК}}$, грн, за допомогою формули:

$$V_{\text{РОК}} = (\%V_{\text{РОК}} * \Phi_{\text{ТАР}}) / 100\%$$

де $\%V_{\text{РОК}}$ – відсоток виплати за вислугу, %.

Визначаємо премія Пр, грн, за допомогою формули:

$$\text{Пр} = (\%Пр * (\Phi_{\text{ТАР}} + D_{\text{ВЕЧ}} + D_{\text{НІЧ}} + D_{\text{ШК}})) / 100\%$$

де $\%Пр$ – відсоток преміювання, %.

До компенсаційних та додаткових витрат відносяться:

- а) одноразова нагорода;
- б) сума накопичень за підсумками роботи за весь рік ($\text{Пр}_{\text{РІК}}$).

$$V_{\text{К. і ДОД.}} = \text{Пр}_{\text{РІК}}$$

де $\text{Пр}_{\text{РІК}}$ – премія за підсумками роботи за весь рік, грн.

Визначаємо розміри виплат у вигляді премії за весь рік $\text{Пр}_{\text{РІЧ}}$, грн, за допомогою формули:

$$\text{Пр}_{\text{РІЧ}} = (\%\text{Пр}_{\text{РІЧ}} * \Phi_{\text{ОСН}}) / 100\%$$

де $\%\text{Пр}_{\text{РІЧ}}$ – річне преміювання, %.

Знаходимо значення середньої місячної заробітної плати працівників $Z_{\text{СР.МІС.}}$, грн, за допомогою формули:

$$Z_{\text{СР.МІС.}} = \Phi_{\text{ОП}} / (Ч_{\text{ОБЛ}} * 12)$$

Також необхідно знайти кіл-ть відрахувань на єдиний соціальні внесок $V_{\text{СОЦ.В.}}$, грн, які на сьогоднішній день становлять 22% до ФОП:

$$V_{\text{СОЦ.В.}} = (\%V_{\text{СОЦ.П.}} * (\Phi_{\text{ТАР}} + \Phi_{\text{ДОД}})) / 100\%$$

де $\%V_{\text{СОЦ.П.}}$ – відрахування на соціальний внесок, %.

Результати проведених розрахунків записуємо в таблицю 4.11.

Таблиця 4.11- Результати проведених розрахунків ФОП

Показник	Оплата праці персоналу цеху, грн	
	Ремонтного	Чергового
Тарифний фонд, $\Phi_{ТАР}$	130908.8	197529.84
Доплата за роботу у вечірній час, $D_{ВЕЧ}$	0	13168.66
Доплата за роботу у нічний час, $D_{НІЧ}$	0	26337.31
Оплата за роботу у святкові дні, $D_{СВ}$	0	8128.8
Оплата відпусток, $V_{ВІДП}$	15708.96	26164.8
Середньоденна зарплата, $Z_{СР.ДН.}$	327.27	363.4
Оплата за час виконання ДО, $V_{ДО}$	654.54	1090.2
Сума пільгових доплат, $V_{ПІЛ}$	0	0
Доплата за роботу в шкідливих умовах, $D_{ШК}$	13090.88	19752.98
Премія, $Пр$	28799.94	51357.76
Вислуга років, $V_{РОК}$	2618.18	3950.6
Фонд додаткової оплати праці, $\Phi_{ДОД}$	60872.5	149951.11
Річне преміювання, $Пр_{РІЧ}$	13090.88	19752.98
Середньомісячна оплата, $Z_{СР.МІС.}$	8536.34	10200.94
Відрахування на соціальні потреби, $V_{СОЦ.П.}$	42191.89	76445.81
Фонд оплати праці, $\Phi_{ОП}$	204872.2	367233.93

4.4.3 Кошторис витрат на експлуатацію та утримання електроустаткування цеху

Собівартість продукції - це витрати підприємства, що виражаються у грошовій формі на виробництво і реалізацію власної продукції[21]. Собівартість продукції є комплексним економічним показником, котрий включає витрати на спожиті (використані) засоби виробництва, на матеріалізовану працю (необхідне устаткування), також на витрати живої праці та на заробітну плату робітникам підприємства.

Грошові витрати на утримання та експлуатацію обладнання є однією з головних статей калькуляції собівартості випущеної продукції автоматизованим цехом. Для визначення витрат на утримання, експлуатацію та ремонт обладнання складається кошторис витрат де відображаються усі можливі витрати. Результати проведених розрахунків відображено в таблиці 4.12.

Таблиця 4.12 – Кошторис затрат на утримання та експлуатацію обладнання

Назва витрат	Сума, грн
Амортизаційне відрахування	1305730.94
Експлуатація устаткування	277854.53
Основна заробітна плата ремонтного і чергового персоналу	328438.64
Відрахування на соціальні потреби	118637.7
Ремонт електроустаткування	555709.06
Знос малоцінних і швидко зношуваних інструментів і приладів	69463.63
Інші витрати	138927.26
Додаткова зарплата ремонтного і чергового персоналу	210823.61
Всього:	3005585.37

Примітка до таблиці 4.12:

1. Амортизаційні витрати беруться з таблиці 4.10;
2. Затрати на експлуатацію обладнання становлять приблизно 2% від капітальних витрат.
3. Значення соціальних відрахувань та основної заробітної плати беруться з таблиці 4.11.
4. Затрати на ремонт електрообладнання становлять в середньому 4% від капітальних затрат на електрообладнання.
5. Зношення малоцінних та швидкозношуваних приладів і інструментів становить 0.5% від капітальних витрат на електрообладнання.

6. Інші витрати приймаються як 1% від капітальних витрат на електроустановлення.

4.5 Техніко-економічні дані електрослужби автоматизованого цеху

Відповідно до проведених розрахунків складемо таблицю техніко-економічних даних електроустановлення цеху.

Таблиця 4.13 – Техніко - економічні дані електричної служби цеху

Показники	Одиниці вимірювання	Цифрові дані
Капітальні затрати	грн.	13892726.42
Річна сума амортизаційних відрахувань	грн.	1305730.94
Чисельність ремонтної бригади: - 6 ^{го} розряду	чол.	2
Чисельність чергових електрослюсарів: - 5 ^{го} розряду	чол.	3
Річний фонд плати праці	грн	572106.11
Середньомісячна заробітна плата 1-го робітника: - ремонтного	грн	8536.34
- чергового	грн	10200.94
Витрати по утриманню та експлуатації електрообладнання	грн	3005585.37
Загальна трудомісткість ремонтних робіт	люд.-год.	400

Загальні висновки

У магістерській роботі приділено увагу розгляду питань стосовно електрозабезпечення автоматизованого цеху. Взявши за основу перелік електрообладнання і його технічні характеристики, а також категорії з електрозабезпечення цеху та вимоги до технологічного процесу були виконані наступні розрахунки. По перше, було приділено увагу розрахуванню навантаження споживачів, беручи до уваги режими роботи та коефіцієнт використання. Відповідно до даних розрахунків було виконано рівномірне розподілення навантаження для приєднання споживачів до сімох СП марки ПР11. Згідно з отриманими раніше розрахунками, для забезпечення необхідного значення коефіцієнта потужності, який має становити 0.93 [3] було обрано компенсуючий пристрій.

В результаті проведеного аналізу режимів роботи електроспоживачів цеху для їхнього електрозабезпечення було вибрано два трансформатори ТМГ-250/10 та устаткування електричної частини для підстанції цеху: комутуючі апарати, силові шафи тощо. Відповідно було здійснено перевірку трансформаторів на термічну дію струмів короткого замикання (КЗ) та функціонування в наслідок аварійного режиму. У випадку якщо один із трансформаторів вийде з ладу або потребуватиме ремонту, ТМГ-250/10 забезпечить надійне електропостачання усіх споживачів даного цеху в штатному режимі.

Задля вибору живлячих кабелів, а також захисної апаратури споживачів та СП були розраховані: пікові струми, які утворюються в наслідок вмикання електричних установок, номінальні струми, мінімально необхідні струми обладнання електромагнітного та теплового розчіплювачів АВ (автоматичних вимикачів), довготривалі струми силових пунктів беручи до уваги коефіцієнти використання споживачів. На відповідному кресленні в цеху наведений план розміщення електрообладнання та силових кабелів.

На основі даних вибраних кабельних ліній, захисної і комутуючої апаратури та даних про потужність КЗ (короткого замикання) системи, мною було проведено розрахунок режиму КЗ, а також було виконано перевірку на здатність струмопро-

відних ліній та захисної апаратури витримувати термічну та електродинамічну дію струмів короткого замикання.

Розрахували та обрали трансформатори струму і трансформатори напруги, задля живлення релейного захисту та контрольної апаратури підстанції, які в свою чергу задовольняють критеріям за номінальною напругою а також доступним вторинним навантаженням.

У розділі «Охорона праці» вказані головні внутрішні інструкції для працюючого персоналу автоматизованого цеху, відповідно до чинного законодавства України.

Згідно до вимог ПУЕ та відповідно до габаритних розмірів будівлі, яка потребує захисту були розраховані засоби заземлення та блискавкозахисту.

Освітлення було розраховане з використанням програми DIALux, яка забезпечила високу точністю отриманих результатів. У даному проекті в якості освітлювальних пристроїв застосували світлодіодні світильники фірми «Ватра».

У відповідному пункті «Економічна частина» розроблено кошторис витрат направлених на експлуатацію, а також ремонт електрообладнання цеху. Відповідно було проведено розрахунок капітальні витрати для утримання електроустаткування та його ремонт, взявши за основу розрахунки необхідної кількості поточних і капітальних ремонтів із системи ППР. Трудомісткість робіт було розраховано на основі необхідної кількості поточних та капітальних ремонтів так, як це є основою для формування мінімально необхідної кількості ремонтного та чергового персоналу. Задля можливості забезпечення заміни відпрацьованого обладнання були проведені розрахунки амортизаційних відрахувань. Відповідно для оплати праці працівникам було розраховано основну і додаткову оплату роботи, а саме: за шкідливість, роботу у нічний та вечірній час, а також працю у святкові дні, розмір фонду оплати праці становить 572106.11 гривень.

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., перероблене і доповнене (станом на 21.07.2017). – Міненерговугілля України, 2017.
2. С.М. Сегеда «Електричні мережі та системи» – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 540 с.
3. П.О. Василега Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2019. – 521 с.
4. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2007. – 280 с.
5. Осташевський М.О. Електричні машини і трансформатори: Навчальний посібник. – Харків: ФОП Панов А.М., 2017. – 452 с.
6. Гаряжа В.М., Карюк А.О. «Електрична частина станцій та підстанцій» конспект лекцій. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. – 149 с.
7. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.
8. «Тольяттинский трансформатор. Номенклатурный каталог» – Тольятти, 2016.
9. В.Е. Гапон «Методичний посібник з виконання курсових проектів студентам всіх форм навчання за спеціальністю 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустановок підприємств і цивільних споруд», Шостка, 2011. – 91 с.
10. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IE C 62305:2006, NEQ). – Київ : Мінрегіонбуд України , 2008.
11. А.В. Кабышев. «Молниезащита электроустановок систем электроснабжения» Учебное пособие – Издательство ТПУ, Томск. 2006 – 124 с.
12. Богиня Д.П., Грішнова О.А. Основи економіки праці: Навч. посіб. / Богиня Д.П., Грішнова О.А. – К.: Знання-Прес, 2000. – 313 с.
13. Осінова Л.В. Основи підприємства: навч.пос. / Л.В. Осінова, Г.М. Силяєва. – К.: Ельга, 2004. – 528 с.

14. Белова М.А. Управління виробничою інфраструктурою: підручник / М.А. Белова. – К.: КНЕУ, 2005. – 207 с.
15. <https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye> – Кабельная поисковая система, кабели силовые.
16. <https://www.sop.com.ua/article/676-nstruktsya-z-ohoroni-prats-pd-chas-robt-na-sverdliilnomu-verstat> - Інструкція з охорони праці на свердлильному верстаті.
17. <https://www.sop.com.ua/article/676-nstruktsya-z-ohoroni-prats-pd-chas-robt-z-electroinstrumentom> - Інструкція з охорони праці під час робіт з електроінструментом
18. <https://www.sop.com.ua/article/676-nstruktsya-z-ohoroni-prats-pd-chas-robt-na-tokarnomu-verstat> - Інструкція з охорони праці на токарному верстаті.
19. <http://khomovelectro.ru/catalog> – Хомов Электро компенсація реактивной мощности, каталог продукции.
20. <https://slavenergo.ru> – СлавЭнерго, каталог продукции.
21. <http://iek.ua/products/catalog/> – ІЕК, каталог продукции.
22. <http://atrans.in.ua/vyiklyuchatel-nagruzki-vn-vnr-vna-10630-101000/c34> – АЕС, вимикачі навантаження силові.
23. <http://www.cztt.ru/products.html> – Свердловский завод трансформаторов тока, каталог продукции.
24. Гаєвська Л.М. Економіка підприємства: Навчальни посібник для практичних занять та самостійної роботи, 2001. – 145 с.
25. <http://www.libfree.com> – Економіка праці та соціально-трудова відносини - Грішнова О.А. Бібліотека українських підручників.