

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ
КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення транспорту та інженерної механіки

Циклова комісія зварювальних технологій

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

на тему: Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
кронштейна вуличної опори

Виконав: студент II курсу, групи ПМ-422ск
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

Віталій СІРУК

Керівник

Ігор ГУМЕНЮК

Рецензент

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення	транспорту та інженерної механіки
Циклова комісія	зварювальних технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень	фаховий молодший бакалавр
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

СІРУКУ Віталію Олександровичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
кронштейна вуличної опори

Керівник роботи ГУМЕНЮК Ігор Всеволодович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від 20. 04. 2026 року № 4/9-200

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

Вихідні дані до роботи креслення виробу, базовий технологічний процес
виготовлення виробу

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу
(конструкції) та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу
(конструкції) і витрат матеріалів та електроенергії

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при
виготовленні виробу чи конструкції

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Страховий ризик і страховий випадок при загальнообов'язковому державному соціальному страхуванні

5.2 Розрахунок захисного заземлення

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення кронштейна вуличної опори – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення кронштейна вуличної опори – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення універсального зварювального обертача – 2.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Наталія ІГНАТОВА, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)
Охорона праці	Геннадій ГОРЯЧЕК, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	21.05.2026	
2	Технологічний розділ	25.05.2026	
3	Конструкторський розділ	03.06.2026	
4	Організаційно-економічний розділ	08.06.2026	
5	Охорона праці	11.06.2026	
6	Графічна частина	15.06.2026	
7	Перевірка на плагіат	19.06.2026	

Студент

(підпис)

Віталій СІРУК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор ГУМЕНЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення кронштейна вуличної опори є вдосконалення вже наявного заводського варіанту зі зміною способу зварювання, обладнання, матеріалів та інших виробничих операцій. В загальному технологія виготовлення конструкції представлена заготівельними, складальними, зварювальними, опоряджувальними, допоміжними та контрольними операціями. Виконання економічних розрахунків дозволяє оцінити можливість доцільності застосування даного технологічного процесу у виробництві. Дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці займають важливе місце у технологічних процесах виготовлення конструкцій, оскільки від цього безпосередньо залежить здоров'я працівників підприємства.

ANNOTATION

Welding processes have an important part in the manufacture technology of metal constructions. Complication of metal constructions can be of different levels. The feature of technological process are the improvement of factory process of street pole bracket manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	10
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	10
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	11
1.3.4 Вимоги до складання	12
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	19
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	24
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	26
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	28
2.6.1 Заготівельні операції	28
2.6.2 Складальні операції	29
2.6.3 Складально-зварювальні операції	30

					<i>КР.422.25.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Сірук				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення кронштейна вуличної опори Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Гуменюк						4	73
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	30
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	30
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	31
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	32
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	35
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	35
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	41
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	41
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	46
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	50
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	51
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	57
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	57
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	60
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	62
5.1	Страховий ризик і страховий випадок при загальнообов'язковому						
	державному соціальному страхуванні	.	.	.	.	.	62
5.2	Розрахунок захисного заземлення	.	.	.	.	.	64
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	70
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	71
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	73

ВСТУП

Зварювання є одним із найсучасніших і найефективніших методів створення нероз’ємних з’єднань, широко застосовуваним у промисловості та будівництві. Завдяки своїй універсальності та надійності, зварювальне виробництво постійно вдосконалюється, охоплюючи практично всі сфери народного господарства. Сьогодні ця галузь оснащена передовим обладнанням і високотехнологічними рішеннями, що забезпечують стабільну якість і високу продуктивність. За рівнем автоматизації процесів та масштабами виконуваних робіт зварювальне виробництво займає провідне місце у світі, демонструючи динамічний розвиток.

Головна мета зварювального виробництва полягає у виготовленні економічно доцільних зварних конструкцій, які за своїми геометричними параметрами, механічними та фізичними характеристиками повністю відповідають експлуатаційному призначенню та умовам роботи, для яких вони створюються.

Зварювання – це складний технологічний процес, особливо якщо врахувати різноманіття методів його виконання, кожен з яких базується на використанні різних фізичних явищ.

Розвиток зварювального виробництва, впровадження прогресивних способів зварювання підвищують вимоги щодо рівня підготовки зварників. Підвищення теоретичних знань і практичних навичок у роботі, засвоєння нових методів і прийомів зварювання при сучасному рівні виробництва є одним із основних завдань освоєння й впровадження у виробництво досягнень науки і техніки в галузі зварювання [1, с. 3, 4].

У сучасних умовах рівень механізації та автоматизації зварювального виробництва постійно зростає, що сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню організації виробничого процесу та зростанню технологічної культури на підприємствах.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Кронштейн для вуличної опори слугує для надійного кріплення та фіксації світильника, забезпечуючи його стабільне розміщення на опорі. Сучасні кронштейни представлені у різноманітних формах і конструкціях, що дозволяє враховувати естетичні вимоги до зовнішнього вигляду освітлювальної системи. Залежно від призначення, вони можуть бути встановлені для освітлення: парків і скверів, тротуарів та алей, прибудинкових територій, автомобільних доріг, промислових зон та інших об'єктів.

Кронштейн для вуличної опори (рис. 1.1) виготовляється з круглих сталевих труб діаметром 42 мм та 48 мм, з товщиною стінки 3 мм. Як матеріал використовується сталь звичайної якості марки Ст3сп. Габаритні розміри виробу становлять: ширина – 700 мм, довжина – 600 мм. Конструкція кронштейна є простою та технологічною, складається з двох основних елементів – стійки та поперечки.

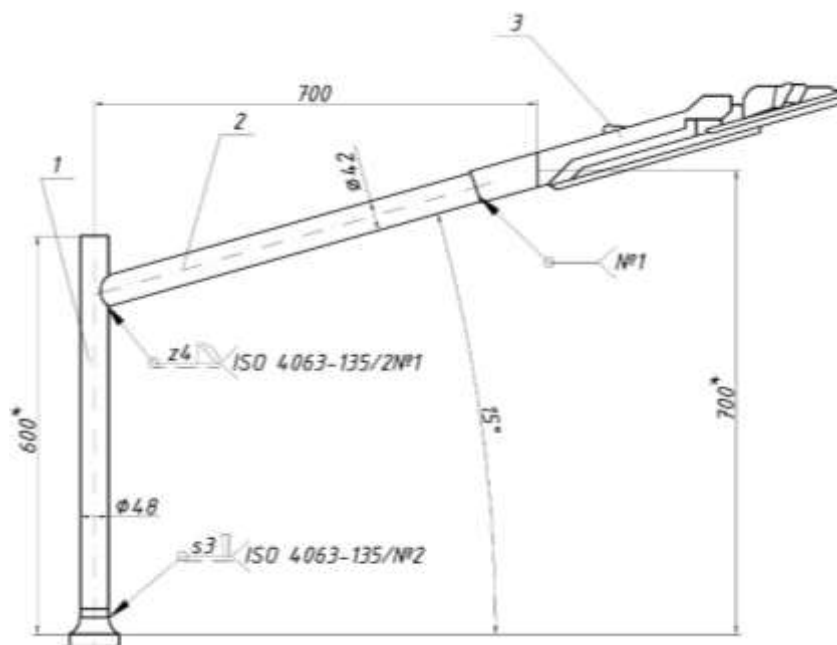


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд кронштейна для вуличної опори

1 – стійка; 2 – поперечка; 3 – світильник

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Під час виготовлення конструкції необхідно суворо дотримуватись таких технічних вимог:

а) підготовка кромek зварюваних деталей та їх складання повинні відповідати вимогам робочих креслень – як щодо чистоти поверхонь, так і точності геометричних параметрів;

б) усі зварювальні роботи мають виконуватись у закритому приміщенні, яке надійно захищає робочу зону від атмосферних впливів та інших чинників, що можуть негативно позначитися на якості зварювання;

в) усі з'єднання, підготовлені до зварювання, повинні бути представлені для перевірки та затвердження службою технічного контролю;

г) зварювальне обладнання повинно відповідати технічним характеристикам, зазначеним у його паспорті, та бути придатним до виконання відповідних робіт;

д) ручне дугове зварювання застосовується лише у випадках, коли використання інших, більш продуктивних методів зварювання є неможливим або технічно недоцільним.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення цієї конструкції застосовується маловуглецева конструкційна сталь марки Ст3сп, яка характеризується хорошими зварювальними властивостями. Вміст вуглецю в даному матеріалі не перевищує 0,25%, що забезпечує його пластичність і знижує ризик утворення тріщин при зварюванні. Хімічний склад сталі Ст3сп наведено в таблиці 1.1 [2].

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3сп, %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
не більше								
0,14- 0,22	0,40- 0,65	0,12- 0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Механічні властивості даної сталі для гарячекатаного прокату, приведені в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі Ст3сп

Границя текучості, σ_{02} , МПа	Границя міцності σ_B , МПа	Відносне видовження, δ_5
245	370-480	26

Зварюваність є однією з ключових технологічних характеристик сталей, що визначає здатність матеріалу утворювати якісне з'єднання при дотриманні заданої технології зварювання. Це з'єднання повинно відповідати всім вимогам, які висуваються до конструкції та умов її експлуатації. Технологічна зварюваність розглядається як ступінь відповідності властивостей зварного шва властивостям основного металу, зокрема за міцністю, пластичністю та інших експлуатаційних показників.

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{екв}$ [3, с.127]:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{10} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{15} + \frac{V}{14} + 5B, \quad (1.1)$$

де C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст хімічних елементів у сталі, %.

Отже:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

$$C_{екв} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,45 \text{ \%}.$$

Отже еквівалентний вміст вуглецю в сталі не перевищує 0,45%, матеріал характеризується хорошою зварюваністю. Це дозволяє застосовувати всі поширені методи зварювання без необхідності виконання додаткових технологічних операцій, таких як попереднє або супутнє підігрівання.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

В процесі виготовлення кронштейна для вуличної опори необхідно використовувати матеріали та напівфабрикати, що відповідають чинним стандартам і технічним умовам.

Підбір марки сталі для виготовлення зварної конструкції має здійснюватися з урахуванням її конструктивного класу та показників зварюваності матеріалу.

Напівфабрикати, що використовуються у виробництві, повинні не мати тріщин та інших дефектів, які можуть негативно вплинути на їх експлуатаційну надійність. Допустимі незначні пошкодження, що не виходять за межі встановлених від'ємних допусків, можуть бути усунуті шляхом шліфування або засвердлювання.

Матеріали та напівфабрикати, що використовуються у виробництві, повинні відповідати встановленим технічним вимогам, зокрема щодо механічних властивостей, хімічного складу та якості поверхні. Кожна партія продукції має супроводжуватись сертифікатами відповідності від підприємства-виробника.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.3.2 Вимоги до жорсткості, геометричності форми та розмірів

Несуча здатність та економічність зварної конструкції значною мірою залежать від точності підготовки деталей до зварювання, чистоти їх поверхонь і якості складання. Обробка кромek зварюваних елементів може здійснюватися будь-якими методами механічної обробки, за умови, що поверхня різу буде рівною, а висота нерівностей не перевищуватиме 0,5 мм.

Однією з основних вимог технічних умов при проектуванні конструкції є гарантування її достатньої жорсткості під час дії експлуатаційних навантажень.

Точність геометричних розмірів кронштейна вуличної опори, як правило, забезпечується безпосередньо після виконання зварювальних робіт, без потреби в додатковій механічній обробці. Допустимі відхилення форми, перекоси та зміщення окремих елементів, що можуть виникати внаслідок заготівельних, складальних або зварювальних операцій, чітко регламентуються технічними умовами на виготовлення конструкції.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварні з'єднання повинні забезпечувати необхідну міцність, витривалість та стійкість протягом усього терміну експлуатації конструкції, незалежно від характеру навантажень і умов робочого середовища. Особливу увагу слід приділяти відповідності міцності металу зварного шва міцності основного матеріалу.

Міцність зварного з'єднання значною мірою залежить від відсутності дефектів, таких як тріщини, непровари, крихкість металу в зоні термічного впливу та інші порушення структури. Саме тому при розробці технології зварювання необхідно приділяти особливу увагу вибору відповідних матеріалів, оптимальних способів і режимів зварювання, а також

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосуванню якісних зварювальних пристосувань, які забезпечують мінімізацію ризику виникнення дефектів.

При складанні конструкції необхідно забезпечити точне суміщення геометричних осей з'єднаних елементів у єдиній точці – центрі вузла. Крім того, слід передбачити зручне положення для накладання зварних швів, що з'єднують поперечки та стояки, аби забезпечити технологічність процесу зварювання.

1.3.4 Вимоги до складання

Перед початком складання всі деталі та заготовки проходять ретельну перевірку відповідно до робочих креслень. Контролюються такі параметри, як:

- габаритні розміри заготовок;
- якість обробки кромки;
- точність кутів зрізу;
- чистота поверхні.

Особливу увагу приділяють відповідності підготовки кромки і монтажних зазорів між складальними елементами вимогам чинних стандартів.

Процес складання конструкції має здійснюватися із застосуванням спеціальних складальних пристосувань або стендів.

Перед виконанням зварювальних робіт основний метал у зонах з'єднання повинен бути ретельно очищений від усіх видів забруднень, зокрема від іржі, мастил, волог, окалин та інших сторонніх речовин. Наявність таких забруднень може негативно вплинути на якість зварного шва, спричинити утворення тріщин, пористості, непроварів та інших дефектів.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час розробки технологічного процесу складання та зварювання слід прагнути до максимально можливого зменшення перерізу зварних швів і ширини зони термічного впливу, при цьому обов'язково зберігаючи високі

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

показники якості з'єднання. Крім того, досягнення необхідної якості зварного з'єднання можливе лише за умови забезпечення вільного доступу до місця зварювання.

У випадку наявності в зварному з'єднанні допустимих дефектів, які не потребують виправлення, їх загальна протяжність не повинна перевищувати 15% від загальної довжини зварного шва.

У конструкції категорично не допускається наявність дефектів, які можуть негативно вплинути на її міцність та експлуатаційну надійність.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

Для виготовлення кронштейна вуличної опори застосовується метод ручного дугового зварювання із використанням електродів, покритих спеціальним шаром. Зварювальні роботи виконуються за допомогою інверторного апарата DeWalt DXWDMMA200E, який забезпечує стабільний струм до 200 А. У процесі використовуються електроди діаметром 3 мм, які належать до класу, що гарантує достатню міцність шва та добру сумісність із конструкційною сталлю, з якої виготовляється кронштейн.

При виготовленні кронштейна використовують наступні параметри режиму зварювання, що наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Параметри режиму зварювання кронштейна вуличної опори

Параметри	Значення
Струм зварювання, А	110
Діаметр покритого електрода, мм	3,0
Товщина зварюваного металу, мм	3

Зварювання дедалі активніше застосовується у виробництві різноманітних конструкцій, завдяки своїй ефективності та універсальності. Проте, навіть при ретельно розробленій технології зварювального процесу, не завжди вдається повністю уникнути появи випадкових дефектів у зварних з'єднаннях.

Якість продукції – це комплекс її характеристик, які визначають здатність виробу виконувати задані функції та відповідати очікуванням споживача згідно з призначенням.

Зварні з'єднання обов'язково повинні проходити механічні випробування, метою яких є перевірка їх відповідності вимогам щодо міцності та пластичності, встановленим технічними умовами на виготовлення конструкції. До основних видів таких випробувань належать:

а) статичні випробування – включають перевірку на розтяг і згин, що дозволяє визначити межу міцності та рівень пластичності металу, з якого виконано з'єднання;

б) динамічні випробування – проводяться для оцінки ударної в'язкості.

Серед методів контролю якості зварних з'єднань найбільш поширеним є візуальний (зовнішній) огляд, який використовується для оцінки стану поверхні шва та виявлення видимих дефектів. У випадку виготовлення даного виробу зовнішній огляд є основним способом контролю.

У чинному технологічному процесі виготовлення кронштейна для вуличної опори наявні певні недоліки, що впливають на ефективність виробництва:

- застосування ручного дугового зварювання не забезпечує достатньої продуктивності праці, особливо при серійному виготовленні конструкцій;
- після зварювання необхідно виконувати механічне очищення швів, зокрема видалення шлаку та зачищення поверхні;
- існує потреба в модернізації технологічного обладнання.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Для усунення наявних недоліків у технологічному процесі виготовлення кронштейна вуличної опори доцільно впровадити наступні заходи:

- замість ручного дугового зварювання застосовувати напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів (аргону та вуглекислого газу);
- оснастити виробництво сучасним високопродуктивним слюсарним обладнанням;
- використовувати технологічні пристрої з можливістю швидкого притискання та зняття притискаючої сили, що не створюють перешкод для зварювання.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір оптимального способу зварювання для виготовлення даної конструкції здійснюється з урахуванням комплексу ключових факторів, які впливають на якість, ефективність і безпечність виробничого процесу. До основних критеріїв належать: технічні вимоги до зварних з'єднань, економічна доцільність, зварюваність обраного матеріалу, необхідний рівень продуктивності, можливість механізації або автоматизації процесу, умови безпеки та екологічної нешкідливості.

Під час виготовлення цієї конструкції виникають певні обмеження у виборі способу зварювання, що пов'язано з особливостями розташування зварних швів. Зокрема, шви мають різні просторові положення та обмежену довжину, що ускладнює доступ до місця зварювання і створює додаткові вимоги до зручності виконання робіт.

Ручне дугове зварювання вирізняється простотою обладнання та невисокими витратами на виробництво, що робить його доступним і економічно вигідним у багатьох випадках. Однак цей метод має суттєві обмеження, серед яких: низька продуктивність праці, шкідливі умови роботи, високі вимоги до кваліфікації зварника, відсутність автоматизації, висока ймовірність виникнення дефектів.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низку суттєвих переваг, які роблять його ефективним для сучасного виробництва: високий рівень автоматизації процесу, підвищена продуктивність праці, невеликі витрати на виготовлення, висока якість зварних з'єднань, відкритість дуги, універсальність положень зварювання, можливість зварювання металів різної товщини – від тонких листів (0,2–0,9 мм) до масивних деталей (10–20 мм). Однак цей метод має і певні недоліки, які слід враховувати: інтенсивне розбризкування електродного металу, потреба в джерелі постійного струму,

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

через відкриту дугу необхідно застосовувати засоби захисту від світлового та теплового випромінювання.

Газове зварювання має низку переваг, які роблять його привабливим для певних видів робіт. Зокрема, цей метод забезпечує: плавне нагрівання металу, незалежність від електричного живлення, простоту та економічність обладнання, можливість зварювання як чорних, так і кольорових металів та їх сплавів. Однак газове зварювання має і суттєві недоліки, які обмежують його використання: вибухонебезпечність, складність механізації та автоматизації процесу, чутливість до зовнішніх факторів, таких як протяги та низькі температури, обмеження по товщині матеріалу.

Для виготовлення кронштейна вуличної опори застосовується напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, що складається з суміші аргону (82%) та вуглекислого газу (18%).

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

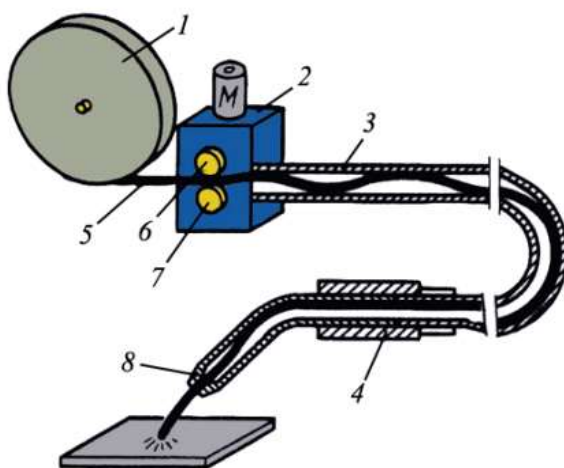


Рисунок 2.1 - Схема напіваавтоматичного зварювання у суміші захисних газів [1, с.163]

1 - котушка; 2 - механізм для подавання дроту; 3 - рукав; 4 -тримач; 5 - зварювальний дріт; 6 - коробка швидкостей ведучого та притискувального ролика; 7 – притискувальний ролик; 8 - наконечник; М - електродвигун

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Матеріалом для виготовлення кронштейна вуличної опори слугує конструкційна маловуглецева сталь марки СтЗсп.

Застосування захисних газових сумішей замість традиційного вуглекислого газу дає змогу значно підвищити швидкість зварювання без необхідності змінювати технологію чи обладнання. Це досягається завдяки стабільнішому горінню дуги, покращеному перенесенню металу в зварювальну ванну та рівномірному її заповненню, що позитивно впливає на якість і надійність зварного шва. Крім того, розширюється робочий діапазон регулювання режимів зварювання як за струмом, так і за напругою, що забезпечує гнучкість процесу. Наприклад, швидкість подачі дроту може зрости з 6–7 до 12–14 метрів за хвилину. У практичних умовах це дозволяє легко перейти до режиму струменевого перенесення металу, при якому формується рівномірний шов.

Отже, при виготовленні даної конструкції як захисне середовище використовується газова суміш, що складається з 82% аргону та 18% вуглекислого газу.

Згідно з технічними умовами ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання кронштейна використовується газоподібний аргон високої чистоти, з масовою часткою основного компонента – аргону – 99,998%.

Вуглекислий газ, що застосовується як захисне середовище при зварюванні, повинен відповідати вимогам державного стандарту ДСТУ 4817:2007. Згідно з цим нормативним документом, газ класифікується за сортами залежно від об'ємної частки діоксиду вуглецю та допустимого рівня домішок. Для виготовлення конструкції використовується вуглекислий газ вищого сорту, який характеризується високою чистотою – з максимально допустимим вмістом домішок не більше 0,2%.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювальний дріт, що використовується для виготовлення конструкції, має марку Св-08Г2С і належить до легованих матеріалів. Його хімічний склад наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [4, с.87]

Марка дроту	Вміст, %						
	С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,5-0,11	1,8-2,1	0,7-0,95	0,20	0,25	0,025	0,030

Для забезпечення стабільного процесу зварювання та отримання якісного зварного шва, дріт марки Св-08Г2С доцільно використовувати з обмідненою поверхнею.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Під час визначення режиму зварювання важливо забезпечити отримання швів заданих розмірів, форми та якості, що відповідають технічним вимогам до конструкції. З огляду на це, доцільно не просто обирати параметри зварювання, а здійснювати їх точний розрахунок, враховуючи тип з'єднання, товщину матеріалу та необхідну геометрію шва. У процесі виготовлення кронштейна вуличної опори застосовуються таврові та стикові з'єднання, тому для прикладу розрахунок режиму проводиться для кутового з'єднання з розміром катета 4 мм. Схематичне зображення з'єднання наведено на рисунку 2.2.

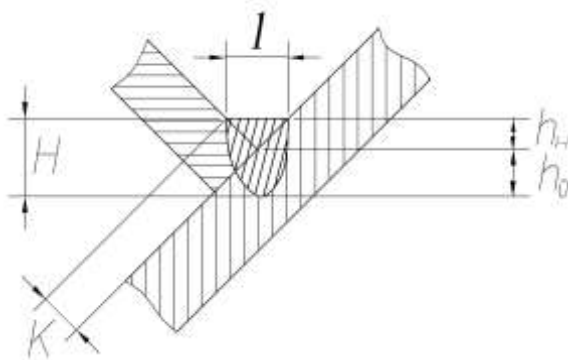


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

K - катет шва; H - висота шва; h_n - висота наплавленого металу; h_0 - глибина проплавлення основного металу; l - ширина шва

Згідно з вимогами державного стандарту, при зварюванні металу в середовищі захисних газів необхідно враховувати товщину з'єднуваних елементів. Для деталей товщиною понад 10 мм передбачено обов'язкове розроблення кромки, що включає зменшення кута розроблення до 40° , притуплення крайки до 1–2 мм та допуск на зазор у межах 0–5 мм. Для стикових з'єднань з товщиною від 1 мм до 10 мм стандарт рекомендує застосовувати однобічне зварювання без попереднього розроблення кромки.

При розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити одержання катету шва, відповідної величини.

Визначаємо площу наплавленого металу F_n за формулою [4, с.196]:

$$F_n = \frac{K^2}{2}, \quad (2.1)$$

де K – катет шва, $K=4$ мм,

$$F_n = \frac{4^2}{2} = \frac{16}{2} = 8 \quad \text{мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу h_n за формулою [4, с.197]:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_n = \sqrt{F_n}, \quad (2.2)$$

$$h_n = \sqrt{8} = 2,8284 \quad \text{мм.}$$

Визначаємо ширину шва l , за формулою [4, с.197]:

$$l = \sqrt{2K^2}, \quad (2.3)$$

$$l = \sqrt{2 \cdot 16} = 5,6568 \quad \text{мм.}$$

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [4, с.196]:

$$\psi_m = \frac{l}{H}. \quad (2.4)$$

Тоді:

$$H = \frac{l}{\psi_m}, \quad (2.5)$$

попередньо вибравши значення ψ_m , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], приймаємо $\psi_m=1,25$.

Отже:

$$H = \frac{5,6568}{1,25} = 4,5254 \quad \text{мм.}$$

Менше значення ψ_m відповідає великим струмам, відповідно великій продуктивності зварювання.

Визначаємо глибину проплавлення h_0 , за формулою [4, с.197]:

$$h_0 = H - h_n, \quad (2.6)$$

$$h_0 = 4,5254 - 2,8284 = 1,697 \quad \text{мм.}$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зварювання виробу із маловуглецевої сталі з катетом 4 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,2 мм.

Визначаємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою [4, с.192]:

$$I_{зв} = \frac{h_0}{K_a} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1.45$ [4, с.193].

$$I_{зв} = \frac{1,697}{1.45} \cdot 100 = 117,034 \quad I_{зв} \approx 120 \quad \text{А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 120 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [5,с.212]:

$$V_{n.д.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \rho}, \quad (2.8)$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=12$ Г/А×год [5, с.212];

ρ – густина електродного дроту, для сталі $\rho=7.8 \times 10^3$ кг/м³;

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу електрода, яка визначається за формулою:

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3.14159 \cdot 1.2^2}{4} = 1.1309 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{n.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 120}{1.1309 \cdot 10^{-6} \cdot 7.8 \cdot 10^3} = 163.2468 \quad \text{м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=165$ м/год.

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [4, с.194]:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$U_{\phi} = 20 + \frac{50 \cdot I_{36}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_{\phi} = 20 + \frac{50 \cdot 120}{1000 \cdot \sqrt{1.2}} \pm 1 = 25.4774 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо $U_{\phi} = 25 \text{ В.}$

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}, \quad (2.10)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 1,2 \text{ мм}$ – $A = 2 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{мм/год}$ [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{2 \cdot 10^3}{120} = 16.6 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{36} = 16 \text{ м/год.}$

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [4, с.193]:

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром $1,2 \text{ мм}$ $\gamma = 75 \dots 300 \text{ А/мм}^2$ [4, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{120}{110}} = 1.1802 \quad \text{мм,}$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d = 15 \text{ мм}$ [6, с.103].

Витрати захисного газу $Q_r = 9 \text{ л/хв}$ [6, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

П А Р А М Е Т Р			значення
назва	символ	одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	120
Напруга на дузі	U_d	В	25
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,2
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	16
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	165
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	9

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для виконання зварювальних робіт при виготовленні кронштейна вуличної опори застосовується зварювальний напівавтомат ПДГ-351 SELMA, який призначений для механізованого зварювання плавким електродним дротом у середовищі захисних газів.

Переваги зварювального напівавтомату ПДГ-351 SELMA [7]:

- незалежне плавне регулювання швидкості подачі дроту;
- ступеневе регулювання напруги на дузі;
- зубчате зчеплення притискного і подавального роликів;
- два режими роботи: зварювання коротких швів і зварювання електродуговими заклепками;
- наявність режиму заправлення дроту і налаштування витрати газу;
- наявність термозахисту від перенавантаження;
- наявність індикації перегріву;

- можливість роботи з єврокатушкою діаметром 300 мм;
- наявність площадки для встановлення балону з захисним газом;
- конструкція візка на поворотних колесах;
- два ступені індуктивності [7].

Технічні характеристики напівавтомата представлені у таблиці 2,3, а його загальний вигляд на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата ПДГ-351 SELMA [7]

Напруга мережі, В	380	Періодичність вмикання ПВ, %	70
Споживана потужність, кВА	17	Номінальна напруга на дузі, В	30
Номінальний зварювальний струм, А	315	Напруга холостого ходу, В	42
Число ступенів регулювання струму	20	Тип роз'єму пальника	євророз'єм
Межі регулювання зварювального струму, А	40-380	Клас захисту	Н
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,6	Маса, кг	114
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	70-960	Габаритні розміри, мм	830x450x905



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата ПДГ-351 SELMA [7]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Якість вихідних матеріалів – основного металу, зварювального дроту та захисного газу – повинна відповідати встановленим технічним вимогам, що регламентуються нормативною документацією та стандартами. Перед початком зварювальних робіт здійснюється перевірка відповідності сертифікатних даних матеріалів згідно з технологічним процесом. Після цього проводиться зовнішній огляд і контроль якості.

Перед початком зварювальних робіт необхідно здійснити ретельну перевірку технічного стану обладнання. У зварювальних машинах та апаратах контролюють справність регулюючих механізмів, наявність і функціональність вимірювальних приладів, а також якість, довжину та ізоляцію струмопідвідних провідників. Особливу увагу приділяють стану електричних контактів і струмопідвідних мундштуків. На установках для зварювання в середовищі захисних газів додатково перевіряють технічний стан газових редукторів, витратомірів, шлангів і пальників.

Контроль режиму зварювання здійснюється насамперед для забезпечення точного дотримання технологічних параметрів процесу – таких як сила струму, напруга та швидкість зварювання – у межах, визначених технічними умовами. Здійснюється контроль шляхом візуального спостереження за показниками на приладах, а також оцінкою зовнішнього вигляду зварного шва.

Якість окремих зварних швів додатково контролюється шляхом порівняння їх з еталонними зразками.

Зовнішній огляд є одним із найпростіших та найефективніших методів контролю якості зварних з'єднань. За його допомогою перевіряють стан готових швів, а також якість підготовки поверхонь перед зварюванням. Такий контроль дозволяє оперативно виявити видимі дефекти – без застосування складного обладнання.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Застосовуючи метод зовнішнього огляду, здійснюють перевірку наявності характерних дефектів зварного шва, таких як тріщини, підрізи, свищі, пропали, напливи та інші порушення цілісності або форми з'єднання. Окрім візуальної оцінки, геометричні параметри швів – зокрема ширину, висоту, катет і рівномірність – вимірюють за допомогою спеціальних шаблонів або точних вимірювальних інструментів.

З огляду на технологічні та конструктивні особливості, для контролю якості кронштейна вуличної опори застосовуються два основні методи: візуально-оптичний (зовнішнім оглядом), ультразвукова дефектоскопія (вибірково).

Ультразвуковий контроль кронштейна здійснюється за допомогою ехо-імпульсного методу, який базується на принципі відбивання ультразвукових хвиль від внутрішніх дефектів матеріалу. Ці дефекти мають інший акустичний опір порівняно з основним металом, що спричиняє зміну характеристик відбитої хвилі, яку фіксує приймальний пристрій. Метод називається імпульсним, оскільки озвучення об'єкта проводиться короткими переривчастими імпульсами. Ознакою наявності дефекту є поява ехо-сигналу на екрані приладу. Такий тип контролю застосовується для всіх основних видів зварних з'єднань – стикових, кутових, напусткових і таврових. Ехо-імпульсний метод дозволяє виявляти дефекти навіть у масивних елементах товщиною до 6000 мм і більше. При цьому дефекти площею від 0,7 мм² можуть бути виявлені на глибині до 100 мм. Контроль здійснюється при однобічному доступі до з'єднання, з використанням одного перетворювача, який виконує функції як випромінювання, так і приймання ультразвукових сигналів. Схема контролю зварного з'єднання представлена на рисунку 2.4.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

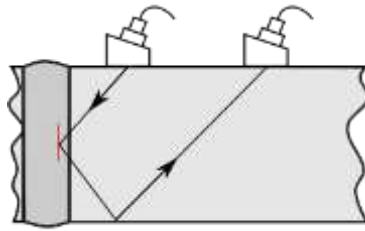


Рисунок 2.4 - Схема ультразвукового контролю зварного з'єднання

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Вдосконалений технологічний процес виготовлення конструкції має низку суттєвих переваг порівняно з базовим, які полягають у наступному:

- а) економічність режиму зварювання;
- б) підвищення продуктивності обладнання;
- в) перехід на напівавтоматичне зварювання в захисних газах.

Ці вдосконалення сприяють покращенню механічних характеристик зварного шва, зменшують кількість бризок розплавленого металу, знижують трудомісткість виробництва, підвищують продуктивність праці та забезпечують вагомий економічний ефект.

2.6.1 Заготівельні операції

Щоб отримати заготовки для виготовлення кронштейна, слід виконати низку підготовчих операцій, які забезпечують точність, якість і відповідність деталей конструктивним вимогам.

Розмічування заготовок здійснюється із застосуванням таких інструментів, як рулетка, металева лінійка, олівець, кернер та спеціальні шаблони. Використання цих засобів забезпечує точне перенесення розмірів і контурів деталей згідно з кресленнями. Завдяки шаблонам значно підвищується швидкість виконання операції, зменшується кількість помилок, а також скорочуються трудові витрати.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Різання трубчастих заготовок виконується за допомогою відрізної пилки марки Makita, зокрема моделі, яка відповідає технічним вимогам до обробки металу.

Очищення заготовок перед зварюванням є важливим етапом. Для видалення окалини, іржі, залишків мастила та інших забруднень застосовують кутову шліфувальну машину Sturm AG9527P Профі і ручну щітку Intertool BT-0009 (6-рядна).

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання конструкції здійснюється візуальний контроль відповідності заготовок кресленням. Під час складання деталі розміщуються у взаємному положенні, яке відповідає їхньому остаточному положенню в готовому виробі. Щоб забезпечити жорсткість і міцність складальної конструкції, використовуються спеціальні пристосування, які фіксують елементи у потрібному положенні. Для складання та зварювання кронштейна вуличної опори застосовуються складально-зварювальні пристосування типу «універсальні обертачі», які дають змогу якісно виконувати складально-зварювальні операції.

Складання конструкції кронштейна здійснюється поетапно, з дотриманням технологічної послідовності:

- спочатку в складально-зварювальне пристосування встановлюються основні елементи кронштейна – стійка та поперечка;
- після позиціонування заготовки надійно закріплюються притискачами;
- виконується точкове з'єднання (прихоплення) деталей у місцях майбутніх швів.

Після завершення складання переходять до наступного етапу – зварювання, яке виконується згідно з технологічною картою.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.3 Складально-зварювальні операції

На основі розрахованих параметрів режиму зварювання здійснюється налагодження зварювального напівавтомата та газового обладнання, що є ключовим етапом перед початком робіт. У процесі налаштування:

- встановлюють силу зварювального струму;
- регулюють витрати захисного газу, що забезпечує належний захист зварювальної ванни;
- налаштовують швидкість подачі електродного дроту.

Під час складання конструкції, коли всі елементи виробу точно встановлені відповідно до проектного положення, виконують прихоплювання – точкове з'єднання деталей у місцях майбутніх зварних швів. Після завершення прихоплювання переходять до наступного етапу – повного зварювання виробу.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт проводиться зачищування швів та видалення металевих бризок з поверхні конструкції, що є важливою частиною опоряджувальних операцій. Цей етап забезпечує не лише естетичний вигляд виробу, а й підготовку до подальших технологічних процесів – фарбування, антикорозійного захисту тощо.

Для виконання цих операцій використовуються такі інструменти та засоби індивідуального захисту: захисні окуляри Truper Active Cipi (LEN-2000N), молоток слюсарний Tolsen 500 г (25123) і слюсарне зубило Juso 400 мм (P3060).

2.6.5 Допоміжні операції

Під час виготовлення кронштейна вуличної опори, окрім основних технологічних операцій, виконуються також допоміжні роботи, які

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

забезпечують організацію, безперервність і ефективність виробничого процесу. До них належать:

- налагоджувальні роботи, що включають підготовку та регулювання обладнання перед початком зварювання, різання або складання;
- перевантажувальні роботи, передбачають переміщення заготовок, деталей або готових виробів між робочими зонами. Здійснюються вручну або за допомогою механізованих засобів;
- підіймально-транспортні роботи, які включають підйом, транспортування та розміщення важких елементів конструкції. Використовуються крани, талі, візки або інші пристрої, що дозволяють безпечно і точно переміщати компоненти без пошкоджень.

Ці допоміжні процеси є невід'ємною частиною виробництва, оскільки вони сприяють злагодженій роботі всіх етапів, зменшують простої та підвищують загальну продуктивність.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції при виготовленні зварної конструкції охоплюють усі ключові етапи виробничого процесу, забезпечуючи відповідність технічним вимогам, стандартам якості та надійності виробу. До комплексу контрольних робіт входять:

- перевірка якості металу, труб, профілів та інших заготовок, що надходять на виробництво;
- перевірка електродів, дроту, захисного газу – їхнього складу, умов зберігання, терміну придатності та відповідності обраному способу зварювання;
- на кожному етапі – від розмічування до зачищення – здійснюється перевірка точності виконання, дотримання технологічних параметрів, правильності складання та режимів зварювання;

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- завершальний контроль включає візуальний, ультразвуковий або інші методи неруйнівного контролю швів, перевірку геометрії виробу, відповідності кресленням, а також маркування та оформлення документації.

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварної конструкції і витрат матеріалів та електроенергії

Нормування витрат зварювальних матеріалів є ключовим елементом планування та оптимізації зварювального виробництва. Його мета – визначити обґрунтовану кількість матеріалів, необхідних для виготовлення конструкції, а також забезпечити економне та раціональне використання ресурсів. Загальні вимоги та методи визначення витрат зварювальних матеріалів регламентуються ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [8].

При механізованому зварюванні плавким електродом у захисних газах нормуванню підлягають витрати електродного дроту та захисного газу.

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [8,с.6]:

$$Q_n = \alpha_n \cdot I_{зв} \cdot l_{ш}, \quad (2.12)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_n=15$ г/А·год;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=120$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=0,42$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 120 \cdot 0,42 \cdot 10^{-3} = 0,756 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [8,с.7]:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{el} = Q_p + Q_{nn}; \quad (2.13)$$

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

$$Q_p = Q_n \cdot K_p, \quad (2.14)$$

де K_p – коефіцієнт витрат зварювального дроту, $K_p=0,7$;

$$Q_p = 0,756 \cdot 0,7 = 0,53 \quad \text{кг},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

$$Q_{nn} = Q_n \cdot K_0, \quad (2.15)$$

де K_0 – коефіцієнт витрат зварювального дроту, $K_0=0,5$;

$$Q_{nn} = 0,756 \cdot 0,5 = 0,378 \quad \text{кг}.$$

Отже:

$$H_{el} = 0,53 + 0,378 = 0,9 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [8,с.10]:

$$H_z = Q_p \cdot K_z, \quad (2.16)$$

де K_z – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту, $K_z=0,85 \dots 0,9$;

$$H_z = 0,53 \cdot 0,9 = 0,477 \quad \text{л / хв.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

$$E = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot \eta_n \cdot K_n}, \quad (2.17)$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

де U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

K_n – коефіцієнт корисної дії джерела дуги, $K_n=0,75$;

$$E = \frac{25}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,469 \quad \text{кВт.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_d \cdot I_{зв} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.18)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,03$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 25 \cdot 120 \cdot 0,03}{0,9 \cdot 0,75} = 1,33 \quad \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Після виконання прихоплювання елементів конструкції, виріб встановлюється на зварювальні пристосування. У цьому положенні проводиться повне зварювання згідно з технологічними параметрами, визначеними для даного типу з'єднання.

Вибір і розроблення пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Конструювання нового пристосування або модернізація вже існуючого здійснюються на основі таких ключових факторів:

1) Під час розробки зварних конструкцій важливо ретельно вивчити креслення та технічні умови, що регламентують вимоги до виробу. Часто при конструюванні недостатньо враховується технологічність виробу, що може ускладнити подальше виготовлення. Тому при розробці технологічного процесу, а також при виборі або створенні зварювального пристосування, виникає потреба в аналізі технологічності конструкції.

2) Розробка технологічного процесу виготовлення виробу є важливим етапом підготовки виробництва. Для забезпечення раціонального складання та зварювання конструкції, технологічний процес повинен бути детально опрацьований – як мінімум на рівні маршрутної схеми або розгорнутого технологічного опису. Особливу увагу слід приділити вивченню цього процесу конструктором пристосування, оскільки саме він відповідає за адаптацію конструкції до умов виробництва.

3) аналіз виробничої програми виготовлення виробу передбачає оцінку обсягів випуску, типу виробництва та особливостей технологічного процесу. У межах цього аналізу розглядається складність конструкції пристосування, а

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також визначається необхідність і доцільність його оснащення засобами механізації або автоматизації.

Отже, тип пристосування обирається з урахуванням низки ключових факторів, серед яких: застосовуваний спосіб зварювання та метод складання, конструктивні особливості виробу, матеріал деталей і їхній поперечний переріз, вимоги до точності складання та якості зварних з'єднань та заданий рівень продуктивності виробництва.

При організації виробничого процесу важливо враховувати необхідність максимального зниження трудомісткості складальних та допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості готової продукції, а також покращення умов праці для робітників. У серійному та масовому виробництві перевага надається механізованим високошвидкісним пристосуванням, які функціонують за рахунок енергії стисненого повітря, рідини або електроенергії, а не фізичних зусиль працівника. У таких умовах роль людини зводиться до керування механізмами, а також завантаження та вивантаження виробів, особливо у випадках, коли повна механізація або автоматизація процесу є технічно складною або економічно недоцільною.

Вибір конкретного типу пристосування з-поміж доступних варіантів здійснюється шляхом техніко-економічного аналізу. При цьому перевага надається тому рішенню, яке є найбільш доцільним з технічної точки зору та економічно вигідним для умов виробництва.

Складально-зварювальне обладнання класифікується на універсальне, спеціальне та спеціалізоване, залежно від його призначення та сфери застосування.

Універсальне обладнання використовується для обробки широкого спектра виробів і є доцільним у дрібносерійному або одиничному виробництві, де потрібна гнучкість і адаптивність.

Спеціальне обладнання розробляється для виготовлення одного або кількох конкретних виробів. Воно забезпечує високу продуктивність і якість,

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тому найчастіше застосовується в умовах масового або великосерійного виробництва.

Спеціалізоване обладнання призначене для обмеженої групи виробів, що мають схожі конструктивні ознаки. Його використовують переважно в серійному виробництві.

Складальне обладнання класифікується за функціональним призначенням на такі основні групи: установки, стенди, кондуктори і переносні складальні пристрої.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні рішення пристосувань, що застосовуються у процесі виготовлення кронштейна вуличної опори, забезпечують чітку послідовність виконання складально-зварювальних операцій. Деталі виробу монтуються в пристосування, орієнтуються за допомогою упорів і фіксаторів, після чого надійно фіксуються притискними елементами.

Опори у складально-зварювальних пристосуваннях поділяються на основні та допоміжні. Основні опори відповідають за точне просторове розташування деталі та зазвичай закріплюються безпосередньо в корпусі пристосування. Їхнє головне завдання – забезпечити правильне базування елемента конструкції. Найпоширенішим типом основних опор є штирі, які фіксують деталь у заданому положенні. Для великих деталей з обробленими базовими поверхнями часто використовують опорні пластини, що забезпечують рівномірну підтримку та стабільність. Допоміжні опори, навпаки, не впливають на точність базування. Їхнє призначення – запобігти перекиданню або нестійкому положенню деталі, особливо при складній геометрії або асиметрії. У деяких випадках застосовуються регульовані гвинтові опори, які можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних опор.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Упори в пристосуваннях призначені для фіксації деталей по їхніх бічних поверхнях. Для розміщення деталей по контуру застосовуються планки, ребра та інші елементи. Залежно від конструктивного рішення, упори можуть бути: постійними, знімними, відвідними та відкидними. Базова поверхня упорів може бути рельєфною, сферичною або плоскою, залежно від форми та типу деталі.

Доцільно, щоб упори одночасно виконували функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовуються у випадках, коли конструкція виробу ускладнює його зняття після прихоплювання або завершення зварювальних робіт. Вони дозволяють звільнити деталь без порушення її положення або пошкодження. Для забезпечення надійної фіксації, довжина робочої частини упорів повинна становити не менше подвійної товщини стінки деталі.

Під час конструювання базових поверхонь пристосувань з метою забезпечення точного розташування деталей у просторі застосовуються постійні упори. Вони одночасно виконують функцію опорної бази. Такі упори закріплюються на корпусі складально-зварювального пристосування за допомогою гвинтових з'єднань або методом зварювання. Крім того, у конструкції можуть використовуватись регульовані упори.

Щоб забезпечити високу якість зварних конструкцій, необхідно здійснити точне складання деталей виробу. Це передбачає їх правильне взаємне розташування та надійне закріплення перед виконанням зварювальних операцій.

Складання зварного виробу є багатоступеневим процесом, що включає низку послідовних операцій. На першому етапі здійснюється подача деталей, з яких формується виріб або зварний вузол, безпосередньо до місця складання. Далі ці елементи встановлюються у складальному пристосуванні відповідно до заданого проектного положення. У цьому положенні деталі надійно фіксуються, після чого виконується зварювання. Подача та розміщення деталей у необхідному положенні здійснюється за допомогою універсального

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

або спеціалізованого транспортного обладнання, залежно від типу виробництва та габаритів виробу. Точність орієнтації деталей забезпечується установчими елементами пристосування або взаємодією з суміжними деталями, що входять до складу вузла. Для закріплення використовуються затискні механізми.

У конструкції розроблених пристосувань застосовуються пневматичні притискачі, різноманітні типи упорів та призми. Таким чином, головна функція складального обладнання у зварювальному виробництві полягає у точній фіксації та закріпленні зварюваних елементів.

Притискачі та затискачі у складально-зварювальних пристосуваннях повинні відповідати низці важливих вимог:

- забезпечувати точне прикладання притискного зусилля у правильному напрямку для надійної фіксації деталей відносно базових поверхонь;
- гарантувати стабільне утримання деталей протягом усього процесу складання та зварювання;
- мати високу швидкодію;
- забезпечувати зручність встановлення деталей у пристосування, комфорт при виконанні зварювальних робіт, а також легке зняття виробу після завершення зварювання;
- мати доступну конструкцію, яка дозволяє легко приводити їх у дію вручну (у випадку ручних пристосувань);
- відповідати вимогам безпеки, виключаючи ризики для працівників під час експлуатації.

Притискачі, що використовуються у складально-зварювальних пристосуваннях, можуть бути ручними або механізованими. Механізовані притискачі забезпечують вищу силу притискання, сприяють зниженню трудомісткості складальних операцій, підвищують рівень механізації та значно покращують умови праці для робітників.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш широко використовуваними у складально-зварювальних пристосуваннях є притискачі з пневматичним приводом. Їх популярність пояснюється низкою переваг, серед яких:

- доступність, оскільки більшість підприємств мають розгалужену систему стисненого повітря;
- простота конструкції, що полегшує обслуговування та знижує вартість виготовлення;
- висока надійність у роботі;
- зручність керування.

Для виконання складання та зварювання кронштейна вуличної опори застосовуються універсальні складально-зварювальні пристосування типу обертачів.

Універсальні зварювальні обертачі – це сучасне автоматизоване обладнання, призначене для значного спрощення процесу з'єднання металевих елементів. З розвитком промислового виробництва зварювальні обертачі стали одним із найпоширеніших типів обладнання.

Універсальні зварювальні обертачі (маніпулятори) характеризуються максимальною кількістю ступенів вільності, що дозволяє їм ефективно виконувати широкий спектр зварювальних операцій. Крім зварювання, обертачі можуть використовуватись для виконання інших технологічних операцій, таких як зачищення, контроль, нанесення покриттів тощо.

Виготовлення кронштейна здійснюється із застосуванням універсальних зварювальних обертачів, що забезпечують ефективне позиціонування виробу та зручний доступ до місць зварювання.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 - Характеристика кронштейна вуличної опори

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	600x700	600x700
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3сп	кг	6,2	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,3	
захисний газ (суміш – Ar 82% +CO ₂ 18%)	кг	0,5	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	0,16	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3сп	грн	35,32	35,26
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	144,21	138,75
захисний газ (суміш – Ar 82% +CO ₂ 18%)	грн	37,5	37
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	0,6	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення кронштейна вуличної опори

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка кернер олівець	193 149 155 41	III	$\frac{4,5}{4,3}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Відрізна пила Makita 2414	10400	2			III	$\frac{4,6}{4,5}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Sturm AG9527P Профі	9440	2,2	щітка Intertool BT-0006	30	III	$\frac{4,3}{3,4}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-зварювальний кондуктор	711000		молоток зубило	210 238	IV	$\frac{5,7}{4,9}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зв. напівавтомат ПДГ-351 SELMA	79500	17 (кВА)			IV	$\frac{4,7}{4,4}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Sturm AG9527P Профі	9440	2,2	диск зачисний 3М Silver 51750 180x7,0x22,2 молоток	31 210	III	$\frac{4,4}{3,5}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвуковий дефектоскоп TFD800 PLUS	74500		лупа Economix, 50 мм 3х	45	VI	3,0
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Електроталь 2т	56000	4			III	1,9

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 31,2;

по проекту 28,0;

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,9;
по проекту 1,9.

Загальна штучна норма часу: по заводу 33,1;
по проекту 29,9.

Для виготовлення кронштейна вуличної опори застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [9, с.8]:

$$\Phi_{yc} = D_{роб} \cdot S \cdot g \cdot (1 - K_p), \quad (4.1)$$

де $D_{роб}$ ~ кількість робочих днів в році, $D_{роб} = 253$ дні;

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

K_p - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,05) \approx 1903 \text{ год.}$$

Потреба в устаткуванні (робочих місцях) розраховується по кожній операції технологічного процесу або по сумі трудомісткості операцій, що виконуються на однотипному устаткуванні.

Розрахунок проводять за формулою [9, с.9]:

$$n = \frac{T_{шт} \cdot B_{пр}}{\Phi_{yc} \cdot K_{вн}}, \quad (4.2)$$

де $T_{шт}$ - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 4.2);

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання, $K_{вн} = 5,1$.

$B_{пр}$ - програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 6100 \text{ шт.}$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні кронштейна вуличної опори:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,83 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,3 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,7 \approx 3_{шт}.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,6 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,89 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,83 \approx 3_{шт}.$$

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,3 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,7 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,14 \approx 2_{шт}.$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,7 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 3,58 \approx 4_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,9 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 3,08 \approx 3_{шт}.$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,7 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,92 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,77 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,77 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,2 \approx 2_{шт}.$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість робочих місць для контролю якості виробу (за двома варіантами):

$$n = \frac{3,0 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 1,89 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [9, с.13]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 6100 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

$N_{кр}$ - кількість кранових операцій на один i -тий об'єкт;

$t_{кр}$ - тривалість одної операції, год;

Φ_n - номінальний річний фонд часу, год., приймається для однозмінної роботи рівним 2100 год;

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{6100 \cdot 1 \cdot 0,3}{2100 \cdot 0,7} = 1,24 \approx 1 \text{шт.}$$

Приймаємо одну електроталь для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [9, с.13]:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_1^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \quad (4.4)$$

де r_{oi} - кількість основних працівників i -тої професії, чол;

$\sum_1^y T_{um} i$ - штучна норма часу по i -тим операціям, год;

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 6100$ шт;

Φ_{ef} - ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається 1850 год;

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 5,1 \dots 5,2$;

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,5}{1850 \cdot 5,1} = 2,9 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,3}{1850 \cdot 5,1} = 2,78 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,6}{1850 \cdot 5,1} = 2,97 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,5}{1850 \cdot 5,1} = 2,9 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,3}{1850 \cdot 5,1} = 2,78 \approx 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 3,4}{1850 \cdot 5,1} = 2,2 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 5,7}{1850 \cdot 5,1} = 3,69 \approx 4 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,9}{1850 \cdot 5,1} = 3,17 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,7}{1850 \cdot 5,1} = 3,04 \approx 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,4}{1850 \cdot 5,1} = 2,84 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 4,4}{1850 \cdot 5,1} = 2,84 \approx 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 3,5}{1850 \cdot 5,1} = 2,26 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{6100 \cdot 3,0}{1850 \cdot 5,1} = 1,94 \approx 2 \text{чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 1$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	3	3	III	III
різальники	3	3	III	III
очищувальники	3	2	III	III
складальники	4	3	III	III
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	III	III

Продовження таблиці 4.3

Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер ділянки	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	29	26	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн			
					на один виріб		на програму	
З/П	Сталь Ст3сп	кг	35,32	35,26	218,98	218,61	1335802,4	1333533,2
З/П	Зв. дріт Св- 08Г2С	кг	144,21	138,75	43,26	41,63	263904,3	253912,5
З/П	Захисна суміш – Аг 82% +CO ₂ 18%	кг	37	37,5	18,75	18,5	114375	112850
Р- ом					281	278,74	1714081,7	1700295,7

В- нт	Транспортно-заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	% ц. куп.	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
З/П	5	1,77	1,76	10,95	10,93	66790,12	66676,66	0,6	0,6	3660	3660
З/П	5	7,21	6,94	2,16	2,08	13195,22	12695,63				
З/П	5	1,88	1,85	0,94	0,93	5718,75	5642,5				
Р-ом		10,85	10,55	14,05	13,94	85704,09	85014,79	0,6	0,6	3660	3660

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, с.16]:

$$Z_{oo} = \sum_{i=1}^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

де y - кількість технологічних операцій;

C_{pi} - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для відрядної оплати праці, грн.

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [9, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, с.16]:

$$З_{до} = З_{ос} (Д_1 + Д_2), \quad (4.6)$$

де $Д_1$ - доплата за шкідливість, грн, $Д_1 = 12...24 \%$, приймаємо $Д_1 = 20 \%$; $Д_2$ - інші доплати, грн, $Д_2 = 15...20 \%$, приймаємо $Д_2 = 15 \%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [9, с.17]:

$$З_{по} = З_{ос} \cdot P, \quad (4.7)$$

де P - розмір премій та надбавок, грн, $P = 40 \%$.

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (4.5), (4.6) та (4.7) множаться на кількість виробів (B).

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 2,6 \cdot 53,5 \cdot 4,5 = 625,95 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 625,95 \cdot (0,2 + 0,15) = 219,08 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 625,95 \cdot 0,4 = 250,38 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 2,6 \cdot 53,5 \cdot 4,3 = 598,13 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 598,13 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,35 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 598,13 \cdot 0,4 = 239,25 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 2,5 \cdot 54 \cdot 4,6 = 621 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 621 \cdot (0,2 + 0,15) = 217,35 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 621 \cdot 0,4 = 248,4 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 2,5 \cdot 54 \cdot 4,5 = 607,5 \text{ грн};$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$З_{до} = 607,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 212,63 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 607,5 \cdot 0,4 = 243 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3,3 \cdot 54 \cdot 4,3 = 766,26 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 766,26 \cdot (0,2 + 0,15) = 268,19 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 766,26 \cdot 0,4 = 306,5 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3,3 \cdot 54 \cdot 3,4 = 605,88 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 605,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 212,06 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 605,88 \cdot 0,4 = 242,35 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,4 \cdot 58,5 \cdot 5,7 = 800,28 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 800,28 \cdot (0,2 + 0,15) = 280,1 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 800,28 \cdot 0,4 = 320,11 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,4 \cdot 58,5 \cdot 4,9 = 687,96 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 687,96 \cdot (0,2 + 0,15) = 240,79 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 687,96 \cdot 0,4 = 275,18 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,9 \cdot 59,5 \cdot 4,7 = 810,99 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 810,99 \cdot (0,2 + 0,15) = 283,85 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 810,99 \cdot 0,4 = 324,39 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,9 \cdot 59,5 \cdot 4,4 = 759,22 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 759,22 \cdot (0,2 + 0,15) = 265,73 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 759,22 \cdot 0,4 = 303,69 \text{ грн.}$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{зо}} = 3,2 \cdot 53,5 \cdot 4,4 = 753,28 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 753,28 \cdot (0,2 + 0,15) = 263,65 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 753,28 \cdot 0,4 = 301,31 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{зо}} = 3,2 \cdot 53,5 \cdot 3,5 = 599,2 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 599,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,72 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 599,2 \cdot 0,4 = 239,68 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{зо}} = 3,7 \cdot 58,5 \cdot 3,0 = 649,35 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 649,35 \cdot (0,2 + 0,15) = 227,27 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 649,35 \cdot 0,4 = 259,74 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{зо}} = 6,3 \cdot 56 \cdot 1,9 = 670,32 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 670,32 \cdot (0,2 + 0,15) = 234,61 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 670,32 \cdot 0,4 = 268,13 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [9, с.16]:

$$З_{\text{од}} = r_{\text{д}} \cdot C_{\text{р}} \cdot \Phi_{\text{эф}}, \quad (4.8)$$

де $З_{\text{од}}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{\text{д}}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

$C_{\text{р}}$ - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

Додаткова заробітна плата ($З_{\text{од}}$) та премії і надбавки ($З_{\text{нд}}$) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 4.6, 4.7).

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 2 \cdot 62,25 \cdot 1850 = 230325 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 230325 \cdot 0,35 = 80613,75 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 230325 \cdot 0,4 = 92130 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 62,25 \cdot 1850 = 230325 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 230325 \cdot 0,35 = 80613,75 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 230325 \cdot 0,4 = 92130 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 62,25 \cdot 1850 = 115162,5 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 115162,5 \cdot 0,35 = 40306,875 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 115162,5 \cdot 0,4 = 46065 \text{ грн.}$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою[9, с.17]:

$$З_{он} = r_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (4.9)$$

де $З_{он}$ - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

Додаткова заробітна плата ($З_{он}$) та премії і надбавки ($З_{nn}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 14300 \cdot 12 = 171600 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 171600 \cdot 0,35 = 60060 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 171600 \cdot 0,4 = 68640 \text{ грн.}$$

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 13823 \cdot 12 = 165876 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 165876 \cdot 0,35 = 58056,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 165876 \cdot 0,4 = 66350,4 \text{ грн}.$$

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	475096,05	453980,67	166283,62	158893,24	190038,42	181592,27
різальники	471339	461092,5	164968,65	161382,38	188535,6	184437
очищувальники	581591,34	306575,28	203556,97	107301,35	232636,54	122630,11
складальники	809883,36	522161,64	283459,18	182756,57	323953,34	208864,66
зварювальники	615537,62	576247,98	215438,17	201686,79	246215,05	230499,19
зачищувальники	571739,52	303195,2	200108,83	106118,32	228695,81	121278,08
контролери	328571,1		114999,89		131428,44	
транспортувальники	169590,96		59356,84		67836,38	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	230325		80613,75		92130	
ремонтники	230325		80613,75		92130	
електрики	115162,5		40306,88		46065	
ІТР	171600		60060		68640	
МОП	165876		58056,6		66350,4	
Разом	4936637,45	4034703,83	1727823,11	1412146,34	2842279,05	2481505,61

4.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	3	П
Основні матеріали:	281	278,74
сталь СтЗсп	218,98	218,61
зв. дріт Св-08Г2С	43,26	41,63
захисна суміш (Ag 82% +CO ₂ 18%)	18,75	18,5
Поворотні відходи	0,6	
Паливо та енергія на технологічні цілі	4,80	4,72
Основна заробітна плата основних робітників	659,57	511,71
Додаткова заробітна плата основних робітників	230,85	179,1
Премії та надбавки основних робітників	263,83	204,68
Відрахування на соціальне страхування	16,16	12,54
Відрахування на медичне страхування	28,86	22,39
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	254,87	254,87
Цехові (дільничні) витрати	149,38	149,38
Всього цехова собівартість	1888,72	1617,53

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	10400	10400	520	520
очишувальне	3	2	9440	9440	472	472
складальне	4	3	711000	711000	35550	35550
зварювальне	3	3	79500	79500	3975	3975
зачишувальне	3	2	9440	9440	472	472
контрольне	2	2	74500	74500	3725	3725
транспортне	2	2	56000	56000	2800	2800
Інструмент и: молоток	7	5	210	210	10,5	10,5
зубило	4	3	238	238	11,9	11,9
диск зачисний	6	4	31	31	1,55	1,55
щітка			30	30	1,5	1,5
рулетка	3	3	193	193	9,65	9,65
кернер	3	3	155	155	7,75	7,75
лінійка	3	3	149	149	7,45	7,45
олівець	3	3	41	41	2,05	2,05
лупа	2	2	45	45	2,25	2,25
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	4725000	4725000	5	236250	236250
Устаткування:					
різальне	31720	31720	8	2537,6	2537,6
очишувальне	28792	19352	8	2303,36	1548,16
складальне	2879550	2168550	7	201568,5	151798,5
зварювальне	242475	242475	6,5	15760,875	15760,875
зачишувальне	28792	19352	8	2303,36	1548,16
контрольне	152725	152725	6	9163,5	9163,5
транспортне	58800	58800	7	4116	4116
Інструменти:			16		
молоток	1480,5	1060,5		236,88	169,68
зубило	963,9	725,9		154,22	116,14
диск зачисний	187,55	125,55		30,01	20,09
щітка	181,5	121,5		29,04	19,44
рулетка	588,65	588,65		94,18	94,18
кернер	472,75	472,75		75,64	75,64
лінійка	454,45	454,45		72,71	72,71
олівець	125,05	125,05		20,01	20,01
лупа	92,25	92,25		14,76	14,76
Разом	8152400,6	7421740,6		474730,65	423325,45

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [9,с.26]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{nn} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (4.10)$$

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=4719,88$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=4078,48$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=1888,72$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=1617,53$ грн/шт);

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($E_n=0,15$).

$$E_{\phi} = ((4719,88 + 0,15 \cdot 1888,72) - (4078,48 + 0,15 \cdot 1617,53)) \cdot 6100 = 4160678,85 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [9,с.27]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{ocz} - \Phi_{ocn}}{E_{yp}}, \quad (4.11)$$

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=19198835$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=16865341$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [9,с.26]:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{yp} = B \cdot (C_{nz} - C_{mn}), \quad (4.12)$$

$$E_{yp} = 6100 \cdot (4719,88 - 4078,48) = 3912540 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{19198835 - 16865341}{3912540} = 0,6 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	6100	6100
Кількість технологічного устаткування	шт	11	10
Собівартість товарної продукції	грн	4719,88	4078,48
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	29	26
- основних робітників	чол	22	19
Фондомісткість продукції	грн/шт	1888,72	1617,53
Умовна річна економія	грн	-	3912540
Річний економічний ефект	грн	-	4160678,85
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,6
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	23003,66	21981,28
- різальники	грн	22821,75	22325,63
- очищувальники	грн	28160,06	22266,09
- складальники	грн	29410,29	25282,53
- зварювальники	грн	29803,7	27901,34
- зачищувальники	грн	27683,04	22020,6
- контролери	грн	23863,61	23863,61
- транспортувальники	грн	24634,26	24634,26

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Страховий ризик і страховий випадок при загальнообов'язковому державному соціальному страхуванні

Страховий ризик – обставини, внаслідок яких може статися страховий випадок [10,11].

Страховим випадком є нещасний випадок на виробництві або професійне захворювання, що спричинили застрахованому професійно зумовлену фізичну чи психічну травму за обставин, з настанням яких виникає право застрахованої особи на отримання матеріального забезпечення або соціальних послуг [10,11].

У законодавстві відсутнє визначення поняття «професійний ризик виробництва», правильність тлумачення якого безпосередньо впливає на проведення справедливої тарифної політики Фонду і визначення розміру страхового внеску [11].

Професійне захворювання є страховим випадком у разі його встановлення чи виявлення як в період перебування особи в трудових відносинах, так і тоді, коли потерпілий не перебував у трудових відносинах з підприємством, на якому він захворів.

Нещасний випадок або професійне захворювання, яке сталося внаслідок порушення нормативних актів про охорону праці застрахованим, також є страховим випадком.

Порушення правил охорони праці застрахованим, яке спричинило нещасний випадок або професійне захворювання, не звільняє страховика від виконання зобов'язань перед потерпілим.

Факт нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання розслідується в порядку, затвердженому Кабінетом Міністрів України, відповідно до Закону України «Про охорону праці» [11].

Підставою для оплати потерпілому витрат на медичну допомогу,

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

проведення медичної, професійної та соціальної реабілітації, а також страхових виплат є акт розслідування нещасного випадку або акт розслідування професійного захворювання (отруєння) за встановленими формами.

Нещасний випадок – це обмежена в часі подія або раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактору чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов’язків, внаслідок яких заподіяно шкоду здоров’ю або настала смерть.

До професійного захворювання належить захворювання, що виникло внаслідок професійної діяльності застрахованого та зумовлюється виключно або переважно впливом шкідливих речовин і певних видів робіт та інших факторів, пов’язаних з роботою. Професійне захворювання як причина інвалідності встановлюється МСЕК на підставі списку професійних захворювань і відповідно до висновку спеціалізованої медичної установи про наявність професійного захворювання. Список професійних захворювань та інструкцію з його застосування затверджено МОЗ, Міністерством соціального захисту населення і Міністерством праці України 2 лютого 1995 року.

Професійними захворюваннями є захворювання [11]: що виникають під впливом хімічних факторів; промислових аерозолів; викликані дією фізичних факторів; пов’язані з фізичним перевантаженням та перенапруженням окремих органів і систем; викликані дією біологічних факторів; алергічні захворювання; злоякісні новоутворення (професійний рак).

В окремих випадках Фонд соціального страхування від нещасних випадків може визнати страховим випадком захворювання, не внесені до переліку професійних захворювань, якщо на момент прийняття рішення медична наука має нові відомості, які дають підстави вважати це захворювання є професійним.

За правовим значенням для пенсійного забезпечення професійне захворювання не відрізняється від трудового каліцтва [10].

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таким чином, державне соціальне страхування відіграє важливу роль на підприємствах всіх типів, тому що воно дозволяє отримати певного роду матеріальну допомогу чи компенсацію у разі одержання травми працівником або в гіршому випадку його професійного захворювання чи нещасного випадку, що може закінчитися летально.

5.2 Розрахунок захисного заземлення

Мета розрахунку заземлення – визначити кількість електродів заземлювача і заземлювальних провідників, їхніх розмірів і схеми розміщення в землі, при яких опір заземлюючого пристрою розтіканню струму або напруга дотику замиканні фази на заземлені частини електроустановок не перевищують допустимих значень [12, с.256].

Вихідні дані:

1. Захищуваний об'єкт - обладнання діляниці.
2. Захищуваний об'єкт - стаціонарний.
3. Напруга мережі - 380 В.
4. Виконання мережі - з глухо заземленою нейтраллю.
5. Тип заземлювального пристрою - вертикальний .
6. Розміри вертикальних заземлювачів: довжина $l_e = 1,5$ м; діаметр $d = 0,03$ м, кутник 40х40х3. Відношення відстані між трубами до їх довжини $\frac{L_b}{l_b} = 1$.
7. Розміри горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки): $L_e = L_{з.с.}$ – згідно з розрахунком, м; ширина стрічки $b_c = 0,04$ м.
8. Глибина закладання вертикальних заземлювачів $h_e = 0,5$ м, горизонтальних $h_z = 0,5$ м.
9. Ґрунт – супісок, склад однорідний, вологість мала, агресивність нормальна.
10. Кліматична зона – II.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Визначаємо характеристику навколишнього середовища в механічному цеху: за пожежною небезпекою згідно з правилами улаштування електроустановок (далі ПУЕ) воно відноситься до класу П–ІІ; за вибухонебезпекою згідно з ПУЕ - до класу В–І [12, с.257].

1. Визначаємо R_d - допустиме значення опору розтіканню струму в заземлювальному пристрої $R_d \leq 4 \text{ Ом}$.

2. Відповідно до таблиці 7.2 визначаємо $\rho_{\text{табл}}$ – приблизне значення питомого опору ґрунту, що рекомендується приймаємо $\rho_{\text{табл}}$ – $300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, [12, с.260].

3. Згідно таблиці 7.4 визначаємо $K_{с.в.}$ - коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів, для даної кліматичної зони ІІ, приймаємо $K_{с.в.} = 1,5$ [12, с.261].

4. Визначаємо значення $K_{с.г.}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача згідно з кліматичною зоною ІІ (табл. 7.2), приймаємо $K_{с.г.} = 3,5$ [12, с.260].

5. Визначаємо $\rho_{\text{розрах.в.}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів

$$\rho_{\text{розрах.в.}} = \rho_{\text{табл.}} \cdot K_{с.в.}; \quad (5.1)$$

де $\rho_{\text{табл.}}$ – приблизне значення питомого опору,

$K_{с.в.}$ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів.

$$\rho_{\text{розрах.в.}} = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом}.$$

6. Визначаємо $\rho_{\text{розрах.г.}}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтальних заземлювачів.

$$\rho_{\text{розрах.г.}} = \rho_{\text{розрах.}} \cdot K_{с.г.}; \quad (5.2)$$

де $\rho_{\text{розрах.г.}}$ – приблизне значення питомого опору; $K_{с.г.}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача;

$$\rho_{\text{розрах.г.}} = 300 \cdot 3,5 = 1050 \text{ Ом}.$$

7. Визначаємо t:

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t = h_b + \frac{l_b}{2} = 0,5 + \frac{1,5}{2} = 1,25.$$

8. Визначаємо R_{ϵ} – опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі.

$$R_{\epsilon} = \frac{\rho_{розр.в.}}{2\pi \cdot l_b} \left(\ln \frac{2,1l_{\epsilon}}{b} + \frac{1}{2} \ln \frac{4,2t + l_{\epsilon}}{4,2t - l_{\epsilon}} \right); \quad (5.3)$$

$$R_{\epsilon} = \frac{450}{3,14 \cdot 1,5} \left(\ln \cdot \frac{2,1 \cdot 1,5}{0,04} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4,2 \cdot 1,25 + 1,5}{4,2 \cdot 1,25 - 1,5} \right) = 45,22 \text{ Ом.}$$

9. Визначаємо $n_{т.в.}$ теоретичну кількість вертикальних заземлювачів без врахування коефіцієнта використання, тобто $\eta_{\epsilon.в.}=1$.

$$n_{т.в.} = \frac{R_{\epsilon}}{R_0 \cdot \eta_{\epsilon.в.}}; \quad (5.4)$$

де R_{ϵ} – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;

R_0 – допустиме значення опору розтікання струму в заземлювальному пристрої.

$$n_{т.в.} = \frac{45,22}{4 \cdot 3} \approx 4 \text{ шт.}$$

10. Визначаємо $n_{\epsilon.в.}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів при розташуванні їх по контуру при числі заземлювачів $n_{т.в.}=4$ шт. та при відношенні $\frac{L_b}{l_b} = 1$.

За табл. приймаємо $\eta_{\epsilon.в.} = 3$.

11. Визначаємо $n_{н.в.}$ – необхідна кількість штук вертикальних однакових заземлювачів з врахуванням коефіцієнта використання

$$n_{н.в.} = \frac{R_{\epsilon}}{R_0 \cdot \eta_{\epsilon.в.}} \quad (5.5)$$

$$n_{н.в.} = \frac{45,22}{4 \cdot 3} \approx 4 \text{ шт.}$$

12. Визначаємо $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $n_{н.в.} = 4$ шт без врахування з'єднувальної стрічки

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{R_{\text{в}}}{n_{\text{н.в.}} \cdot \eta_{\text{в.в.}}}; \quad (5.6)$$

де $n_{\text{н.в.}}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів;

$R_{\text{в}}$ – опір розтікання струму в вертикальних заземлювачах;

$$R_{\text{розр.в.}} = \frac{45,22}{4 \cdot 3} = 3,77 \text{ Ом.}$$

13. Визначаємо $L_{\text{в}}$ – відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $L_{\text{в}}/l_{\text{в}} = 1$, звідси :

$$L_{\text{в}} = l_{\text{в}}; \quad (5.7)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вертикального електрода;

$$L_{\text{в}} = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ м.}$$

14. Визначаємо $L_{\text{з.с.}}$ – довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлення.

$$L_{\text{з.с.}} = 1,05 \cdot L_{\text{в}} \cdot n_{\text{н.в.}} \quad (5.8)$$

де $n_{\text{н.в.}}$ – необхідна кількість штук вертикальних заземлювачів; $L_{\text{в}}$ – відстань між вертикальними заземлювачами;

$$L_{\text{з.с.}} = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 4 = 9,45 \text{ м.}$$

15. Визначаємо $R_{\text{г.з.с.}}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі (з'єднувальній стрічці).

$$R_{\text{г.з.с.}} = \frac{\rho_{\text{розр.г.}}}{2\pi \cdot L_{\text{з.с.}}} \ln \frac{L_{\text{з.с.}}^2}{d \cdot t}; \quad (5.9)$$

$$R_{\text{г.з.с.}} = \frac{1050}{2 \cdot 3,14 \cdot 9,45} \ln \frac{9,45^2}{0,03 \cdot 1,25} = 137,27 \text{ Ом.}$$

16. Визначаємо $\eta_{\text{в.г.}}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів при розташуванні вертикальних заземлювачів згідно з вихідними значеннями або за чотирикутним контуром при відношенні $L_{\text{в}}/l_{\text{в}} = 1$ та необхідної кількості вертикальних заземлювачів $n_{\text{н.в.}} = 4$ шт приймаємо $\eta_{\text{в.г.}} = 0,19$ [12, с.263]. При паралельно включених горизонтальних заземлювачах $\eta_{\text{в.г.}}$ визначають [12, с.263].

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. Визначаємо $R_{розр.г.}$ – розрахунковий опір розтікання струму в горизонтальних заземлювачах при числі електродів що дорівнює 1.

$$R_{розр.г.} = \frac{R_{г.з.с.}}{n_z \cdot \eta_{г.з.}} ; \quad (5.10)$$

де $R_{г.з.с.}$ – опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі;

$\eta_{г.з.}$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів;

$$R_{розр.г.} = \frac{137,27}{1 \cdot 0,19} = 722,47 \text{ Ом.}$$

18. Визначаємо $R_{розр.в.г.}$ – розрахунковий теоретичний опір розтікання струму у вертикальних та горизонтальних заземлювачах

$$R_{розр.в.г.} = \frac{R_{розр.в.} \cdot R_{розр.г.}}{R_{розр.в.} + R_{розр.г.}} ; \quad (5.11)$$

де $R_{розр.в.}$ – розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах;

$$R_{розр.в.г.} = \frac{3,77 \cdot 722,47}{3,77 + 722,47} = 3,75 \text{ Ом.}$$

19. Вибираємо матеріал та поперечний перетин з'єднувальних провідників. За табл.7.8 [12, с.265] вибираємо голі мідні $S_m=4 \text{ мм}^2$ або алюмінієві провідники $S_a=6 \text{ мм}^2$

20. Вибираємо матеріал та поперечний перетин магістральної шини.

За табл. 7.8 [12, с.265] приймаємо сталеву шину товщиною $\delta_s=4\text{мм}$ і перетином не менше $\sigma = 100\text{мм}^2$.

21. Наводиться схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини з заземлювальним пристроєм (з'єднувальною стрічкою).

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

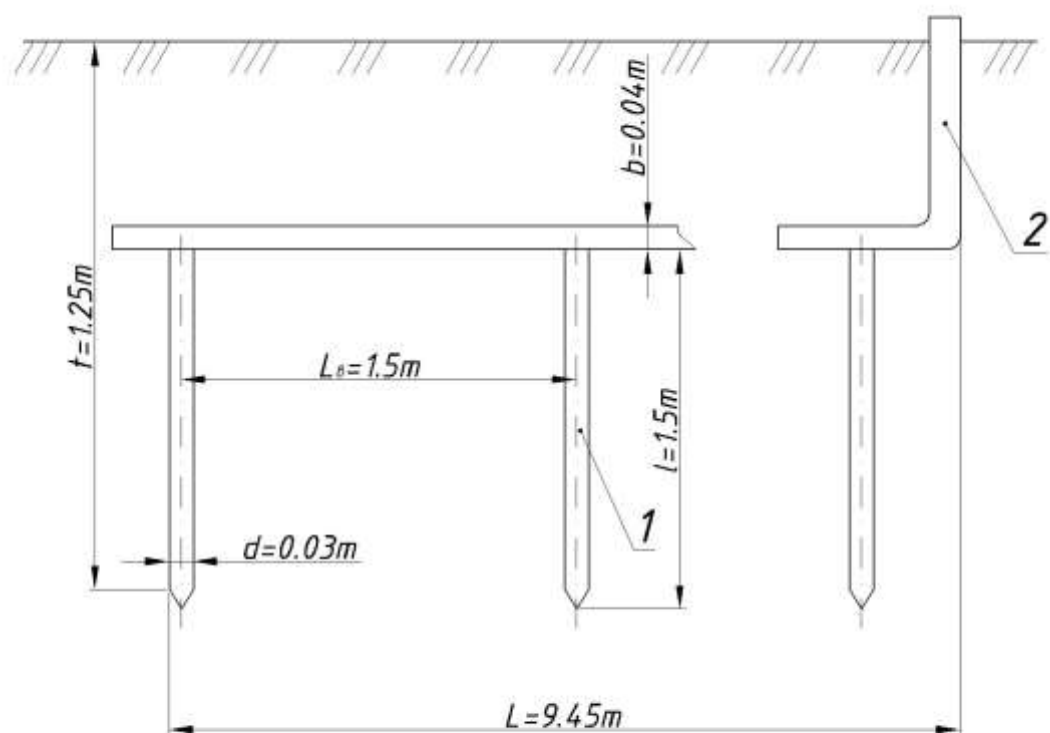


Рисунок 5.1 – Схема з'єднання обладнання з магістральною шиною та з'єднання магістральної шини із заземлювальним пристроєм

Як підсумок, розраховане заземлення складається із 4 вертикальних заземлювачів довжиною 1,5 м, які з'єднані між собою стрічкою загальна довжина якої складає 9,45 м. Крок між вертикальними заземлювачами рівний 1,5 м.

ВИСНОВКИ

У процесі вдосконалення технології виготовлення кронштейна вуличної опори були запропоновані такі технічні рішення: заміна ручного дугового зварювання на напівавтоматичне зварювання у середовищі суміші аргону та вуглекислого газу; впровадження сучасного високопродуктивного слюсарного обладнання, яке забезпечує точність обробки; застосування технологічного оснащення з можливістю швидкого притискання та зняття притискаючої сили, що не створює перешкод для зварювальних робіт і сприяє зручності обслуговування виробу в процесі складання та зварювання.

Кронштейн виготовляється з маловуглецевої сталі марки Ст3сп. Для виконання зварювальних робіт застосовується напівавтоматичне зварювання в захисному середовищі, яке складається з аргону (82%) та вуглекислого газу (18%). Як присадковий матеріал використовується зварювальний дріт марки Св-08Г2С діаметром 1,2 мм. У якості зварювального обладнання застосовується напівавтомат ПДГ-351 виробництва SELMA.

Оскільки основна частина робіт у процесі виготовлення кронштейна припадає на операції складання, для підвищення продуктивності праці та зниження трудових витрат доцільно використовувати універсальні зварювальні обертачі.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь Ст3сп. Вуглецеві нелеговані сталі: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/?srsltid=AfmBOoq_hbbKncdKPxlo_IH85R3zC2r59iLo53xurap3Kw7gkSTujwaP (дата звернення: 20.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 23.05.2026).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 23.05.2026).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Напівавтомат зварювальний ПДГ-351 SELMA. ПДГ-351 SELMA технічні характеристики: веб-сайт. URL: <http://svarka.kr.ua/svarochnoe-oborudovanie/svarochnye-apparaty/poluvavtomaty-svarochnye/svarochnyj-poluvavtomat-selma-ukraina/poluvavtomat-svarochnyj-pdg-351> (дата звернення: 24.05.2026).
8. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

9. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

10. Страховий ризик і страховий випадок. Право соціального забезпечення: веб-сайт. URL: <https://buklib.net/books/25548/> (дата звернення: 11.06.2026).

11. Закон України «Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування» / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, N 46-47, ст.403 (із змінами, внесеними згідно із Законом із змінами, внесеними згідно із Законом № 2849-IX від 13.12.2022). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text> (дата звернення: 11.06.2026).

12. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352с.

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.25.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		