

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
освітлювального стовпця

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

Андрій КОРМАН

Керівник

Віталій СЕНЧИШИН

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

КОРМАНУ Андрію Володимировичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
освітлювального стовпця

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віталій Степанович
(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 Знаки безпеки та принципи їх застосування на підприємстві

5.2 Вимоги безпеки праці під час виготовлення освітлювального стовпця

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення освітлювального стовпця – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення освітлювального стовпця – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення автоматичної обертальної установки АС-391 – 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)

Андрій КОРМАН

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення освітлювального стовпця 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 lighting column 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	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	13
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	14
1.3.4 Вимоги до складання	15
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	16
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	19
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	19
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	23
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	26
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	31
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	35
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	36
2.6.1 Заготівельні операції	36
2.6.2 Складальні операції	37
2.6.3 Складально-зварювальні операції	38

					<i>КР.422.13.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Корман			Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення освітлювального стовпця Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сенчишин Віт.					4	76
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	38
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	38
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	39
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	39
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	43
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	43
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	44
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	47
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	47
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	53
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	56
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	57
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	63
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	64
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	65
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	68
5.1	Знаки безпеки та принципи їх застосування на підприємстві	.	.	.	.	.	68
5.2	Вимоги безпеки праці під час виготовлення освітлювального						
	стовпця.	.	.	.	.	.	70
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	73
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	74
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	76

ВСТУП

Запровадження інновацій у технологічний процес виготовлення зварних конструкцій спрямоване на підвищення продуктивності праці, зниження собівартості виробів, зменшення матеріаломісткості та впровадження енергозберігаючих рішень. Більше 80% таких конструкцій виготовляється методом дугового зварювання. Однак різноманітність типів зварних виробів зумовлює потребу в постійному вдосконаленні технологічних операцій, особливо в умовах серійного виробництва.

Головна мета зварювання полягає в зниженні трудомісткості виготовлення конструкцій, а також у використанні маловуглецевих сталей, які характеризуються доброю зварюваністю та низькою чутливістю до концентрації напружень. У зв'язку з цим актуальним завданням при конструюванні та розробці технологічного процесу зварювання є застосування розрахункових методів для прогнозування експлуатаційних властивостей матеріалу після зварювання.

Одним із ключових шляхів підвищення ефективності зварювального виробництва та покращення якості продукції є впровадження механізації й автоматизації технологічних процесів. Оновлення та заміна застарілого обладнання сприяє не лише збільшенню обсягів випуску виробів, а й значно спрощує процеси складання та зварювання, знижуючи їх трудомісткість.

Виконання складально-зварювальних операцій під час виготовлення зварних конструкцій часто ускладнюється необхідністю транспортування великогабаритних деталей. Тому розміщення монтажних швів визначають одночасно з вибором відповідного способу зварювання. Одним із ключових аспектів технологічного процесу є суворе дотримання норм охорони праці та забезпечення високого рівня безпеки на зварювальній ділянці.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Освітлювальний стовпець, зображений на рисунку 1.1, виконує функції елемента міського освітлення та декоративної анімації. Такі конструкції ідеально підходять для позначення пішохідних доріжок у центральних частинах міста. Завдяки використанню світильників створюється комфортне світлове середовище, що гармонійно поєднується з нічною атмосферою урбаністичного простору. Конструкція виробу складається з металевої опори та світлодіодного освітлювального елемента. Опора включає стійку, виготовлену з труби діаметром 76 мм і товщиною стінки 3 мм, а також анкерну закладну, виконану з листового гарячекатаного прокату товщиною 3 мм з монтажними отворами. Детальна схема освітлювальної опори представлена на рисунку 1.2.

Для виготовлення освітлювального стовпця застосовується маловуглецева сталь звичайної якості марки СтЗсп, яка забезпечує належну зварюваність і міцність конструкції. Загальна висота виробу становить 703 мм.



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд освітлювального стовпця

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

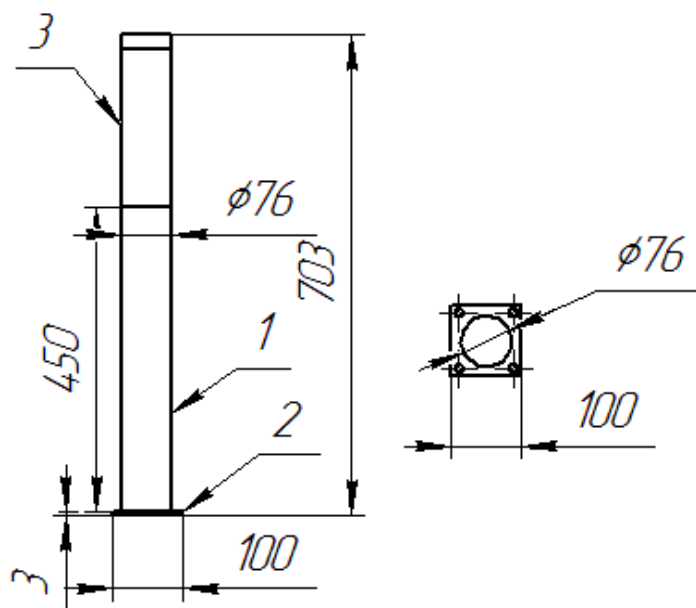


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення освітлювального стовпця

1 – стійка, 2 – анкерна закладна, 3 – освітлювальний елемент

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

До основних технічних вимог, що висуваються до конструкції та процесу її зварювання, належать точне дотримання геометричних розмірів виробу та відповідність параметрів режиму зварювання встановленим нормам.

Параметри режиму зварювання мають гарантувати належну якість зварних з'єднань відповідно до вимог, встановлених для кожного їх типу. Ці вимоги залежать від товщини деталей, що зварюються, марки сталі та використовуваних зварювальних матеріалів. Після завершення зварювання шви повинні бути ретельно очищені від шлаку, а лицеві поверхні – від зварювальних бризок.

Наступні етапи оброблення зварної конструкції дозволяється виконувати лише після її приймання відповідними контролюючими органами. Проведення правки після зварювання допускається за умови, що вона не порушує міцність і цілісність зварних з'єднань.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Сталь СтЗсп – це маловуглецева конструкційна сталь звичайної якості, яка широко використовується у будівництві та машинобудуванні. Ось узагальнена інформація про її хімічний склад та механічні властивості, яка представлена у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі СтЗсп, % [1]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,14-0,22	0,4-0,65	0,15-0,3	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі СтЗсп [1]

Стан постачання	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5
	МПа		%
	не менше		
Прокат гарячекатаний	245	370	23

Однією з ключових технологічних характеристик сталей, що застосовуються для виготовлення опорних конструкцій, є їх зварюваність.

Зважаючи на особливості процесу зварювання, сталі класифікують за рівнем зварюваності на чотири групи:

Добре зварювані – це низьковуглецеві та низьколеговані сталі, які не гартуються і можуть з'єднуватися без обмежень, незалежно від товщини, конфігурації швів чи жорсткості конструкції. Для сталей із вмістом вуглецю понад 0,16% і товщиною більше 25 мм рекомендовано попередній підігрів до 100–150 °С.

Задовільно зварювані – вуглецеві сталі з вмістом вуглецю 0,22–0,30% та низьколеговані з 0,14–0,22%. Їх зварювання можливе при температурі не нижче +5 °С і товщині до 20 мм. При більших розмірах і жорсткій конструкції

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потрібен підігрів до 100–150 °С. За умови правильного режиму не виникає ризику холодних тріщин.

Обмежено зварювані – вуглецеві сталі з вмістом вуглецю 0,30–0,40%, а також середньовуглецеві та низьколеговані з 0,22–0,30%. Через схильність до гартування потребують підігріву до 150–350 °С, а для складних конструкцій – до 200–450 °С. Після зварювання необхідний високий відпуск при 650 °С, а для відповідальних виробів – термообробка.

Погано зварювані – середньолеговані (з 3–6% легуючих елементів), середньо- та високовуглецеві сталі з вмістом вуглецю понад 0,22%. Вимагають попереднього та супровідного підігріву до 200–500 °С і подальшої термічної обробки відповідно до марки сталі.

Механічні характеристики металу шва та зварного з'єднання обумовлені його структурою, яка формується під впливом хімічного складу, параметрів зварювального режиму, а також попередньої та остаточної термічної обробки.

Сталь Ст3сп, з вмістом вуглецю до 0,25%, належить до групи добре зварюваних сталей. Марганець, присутній у кількості до 0,65%, сприяє загартованості, не впливаючи негативно на зварюваність. Кремній у межах 0,12–0,3% також не створює перешкод для якісного зварювання. Хром підвищує твердість і міцність, нікель – пластичність і міцність, не погіршуючи при цьому здатність до зварювання. Мідь, що покращує корозійну стійкість, у кількості до 0,3% не знижує зварюваність сталі.

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{екв}$ [2, 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, %.

Отримаємо:

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{24} + \frac{0,3}{10} + \frac{0,3}{5} + \frac{0,3}{15} = 0,44 \text{ \%}.$$

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю становить менше 0,45%, сталь має добру зварюваність і може з'єднуватися будь-яким із поширених методів без необхідності додаткових операцій, таких як попередній або супровідний підігрів під час зварювання.

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі цієї марки майже не відрізняється від складу основного металу. Основна відмінність полягає в зниженому вмісті вуглецю, що запобігає утворенню гартованих структур при високих швидкостях охолодження. Зменшення міцності, яке може виникнути через це, компенсується легуванням шва марганцем і кремнієм, що надходять із електродного дроту.

Отже, склад металу шва формується під впливом компонентів основного та присаджувального металів, а також їхньої взаємодії з газовим середовищем. Висока швидкість охолодження сприяє зростанню міцності шва, проте водночас знижує його пластичність і ударну в'язкість, що пов'язано зі змінами у кількості та структурі перлітної фази. Критична температура переходу металу в однопрохідному шві майже не залежить від швидкості охолодження. Остання, своєю чергою, визначається товщиною зварюваного матеріалу, параметрами зварювального режиму та початковою температурою виробу.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для досягнення високої якості зварних з'єднань необхідно застосовувати сертифіковані матеріали. Оцінка їхньої відповідності здійснюється на основі супровідної документації. У випадках виявлення зовнішніх дефектів або відсутності сертифікатів, допуск до виробництва

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

можливий лише після проведення хімічного аналізу, механічних випробувань та перевірки зварюваності.

Матеріал, з якого виготовляється виріб, підлягає перевірці на наявність дефектів. Поверхневі пошкодження сприяють накопиченню вологи та забруднень, що прискорює процес корозії та знижує стійкість металу. Для покращення антикорозійних властивостей необхідно забезпечити високу чистоту поверхні та ретельно усунути дрібні нерівності.

Усі матеріали та напівфабрикати мають супроводжуватися сертифікатами виробника або відповідними паспортами. За їх відсутності допуск до виробництва можливий лише після проведення необхідних випробувань, що підтверджують відповідність вимогам стандартів постачання.

Марка сталі визначається у проектній документації. У разі виготовлення опор освітлення допускається заміна сталі та прокату на інші матеріали з еквівалентними міцнісними характеристиками.

Для виробництва освітлювальних опор використовують прокат, що відповідає стандарту на сортовий сталевий гарячекатаний штабовий прокат загального призначення.

Прокат із точністю ВТ2 дозволяється виготовляти з позитивними граничними відхиленнями, що дорівнюють сумарним відхиленням за товщиною, передбаченим для точності ВТ3. За вимогою споживача прокат товщиною понад 16 мм і до 20 мм включно може виготовлятися з граничними відхиленнями $\pm 0,3$ мм.

Прокат виробляється у таких діапазонах довжини:

- від 2 до 12 метрів – із вуглецевої сталі звичайної якості, а також низьколегованої;
- від 2 до 6 метрів – із вуглецевої якісної та легованої сталі.

За домовленістю між виробником і споживачем допускається виготовлення прокату немірної довжини в межах від 3 до 13 метрів. При цьому

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

до 10% прутків у партії можуть мати меншу довжину, але не менше ніж 75% від встановленої мінімальної.

Таблиця 1.3 – Характеристичні показники ударної в'язкості прокату за розрахункової температури

Група конструкцій	Нормативні показники ударної в'язкості для прокату з границею текучості, Н/мм ²		
	$R_{yn} < 290$	$290 \leq R_{yn} < 390$	$R_{yn} \geq 390$
1	$KCA + KCV^0$	KCV^{-20}	KCV^{-40}
2	Те саме	Те саме	Те саме
3	»	»	»

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Допустимі відхилення лінійних розмірів від номінальних, а також форми та розташування поверхонь встановлюються відповідно до технологічних вимог.

Під час проектування сталевих конструкцій слід передбачати елементи зв'язку, які гарантують стійкість і збереження просторової геометрії споруди та її складових як під час монтажу, так і в процесі експлуатації. Їхнє призначення визначається з урахуванням основних параметрів об'єкта та умов його використання.

Під час розробки сталевих зварних конструкцій необхідно уникати надмірної кількості зварних швів і зон концентрації напружень, передбачаючи відповідні конструктивні та технологічні рішення для їх мінімізації.

У зварних з'єднаннях необхідно запобігати крихкому руйнуванню конструкцій під час монтажу та експлуатації, яке може виникнути внаслідок несприятливої комбінації таких чинників:

- значних локальних напружень, спричинених зосередженими деформаціями, навантаженнями на елементи з'єднань або залишковими напруженнями;

- різких концентраторів напружень у зонах підвищених локальних навантажень, розташованих перпендикулярно до напрямку дії розтягувальних зусиль.

Загальна кривизна листових деталей конструкцій не повинна перевищувати 0,2% їхньої довжини. При цьому слід забезпечити точність розмірів болтових рисок і правильне розташування отворів відповідно до креслень. Елементи з надмірною кривизною підлягають додатковому вирівнюванню. Правку прокату в холодному стані слід виконувати за допомогою вальців або пресів, при цьому поверхня сталі має залишатися без вм'ятин, забоїн чи інших пошкоджень.

Отвори для болтів слід виконувати методом пробивки, свердління або спочатку пробивати зменшений діаметр, а потім розсвердлювати до передбаченого проектом розміру.

Допустимі геометричні відхилення розмірів деталей, призначених для складання перед зварюванням, не повинні перевищувати меж, встановлених у проектній документації.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Під час проектування конструкцій зі зварними з'єднаннями слід:

- використовувати лише необхідну кількість швів, призначаючи їх мінімальні допустимі розміри;
- передбачати зручний доступ до зон зварювання з урахуванням обраного способу та технологічного процесу.

Під час проектування зварних з'єднань у конструкціях, що піддаються рухомим, динамічним або вібраційним навантаженням, рекомендується:

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- уникати перетинання швів, їхнього щільного розташування, а також зон із різкою зміною форми чи розмірів перерізу, місць згину, продавлених отворів і необроблених крайок після гільйотинного різання;
- виконувати кутові шви з плавним переходом до основного металу;
- флангові кутові шви, що з'єднують елементи конструкції, виводити на торець елемента на довжину 20 мм.

Процес зварювання металевих опор для вуличного освітлення має здійснюватися відповідно до затвердженої технології, оформленої у вигляді технологічних карт або стандартних інструкцій.

Поздовжні зварні шви опор для вуличного освітлення слід виконувати напівавтоматичним або автоматичним способом у середовищі захисних газів. Якщо товщина листа не перевищує 8 мм, зварювання допускається без попередньої обробки крайок. Після завершення зварювальних робіт шви повинні бути ретельно очищені від шлаку, бризок і напливів металу, не містити підрізів, а також не перевищувати допустимі розміри катетів.

1.3.4 Вимоги до складання

Перед складанням конструкції необхідно здійснити візуальну перевірку відповідності деталей (заготовок) вимогам креслень. Під час складання слід забезпечити правильне взаємне розташування елементів, яке відповідає їхньому положенню у готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій у процесі зварювання. Для виконання складання та зварювання застосовується зварювальний кондуктор.

Підготовка крайок і зазор між ними для деталей, що підлягають зварюванню, а також кількість прихоплень мають відповідати вимогам, зазначеним у кресленнях.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Під час складання конструкцій та окремих елементів не допускається зміна їх форми, якщо це не передбачено технологічним процесом. Крім того, при кантуванні та транспортуванні слід уникати залишкових деформацій.

Розміри перерізу прихоплень мають бути мінімально достатніми для їх повного розплавлення під час накладання зварних швів проектного перерізу.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Зварювання, підготовка до нього, а також контроль якості зварних швів мають здійснюватися відповідно до вимог чинних стандартів.

Організація, що здійснює розробку креслень стадії КМД, відповідає за їх відповідність документації стадії КМ, за розрахункову міцність усіх заводських і монтажних з'єднань, точність розмірів конструктивних елементів та їх узгодженість між собою, а також за дотримання вимог, визначених технологією монтажу. Відхилення від креслень стадії КМ, як правило, не допускаються і, за необхідності, мають бути узгоджені з розробниками стадії КМ.

Під час виготовлення сталевих конструкцій необхідно забезпечити контроль за дотриманням вимог проектної документації, технологічних карт і проекту виконання робіт.

Катет зварного шва має відповідати найменшій товщині зварюваних елементів. Зовнішній вигляд швів опор освітлення повинен відповідати таким вимогам:

- рівна поверхня без напливів, звужень, розривів і різких переходів до основного металу;
- щільність наплавленого металу по всій довжині, відсутність тріщин;
- допустима глибина підрізів – до 0,5 мм при товщині сталі 4–10 мм і до 1 мм при товщині понад 10 мм;
- всі кратери мають бути ретельно заварені.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Контрольні операції охоплюють весь процес виготовлення зварної конструкції та включають:

- контроль вхідних зварюваних матеріалів;
- контроль зварювальних матеріалів;
- контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операції зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

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

У даному випадку конструкція є освітлювальним стовпцем, що складається зі стійки та анкерної закладної. Тому під час зварювання необхідно забезпечити їх точне взаємне розташування відповідно до проекту, без значних зміщень.

Основні етапи технологічного процесу виготовлення конструкції включають: розмітку, різання, складання, зварювання, контроль якості та транспортування до місця нанесення порошкового покриття.

На заготівельному етапі виконують правлення труби діаметром 76 мм і смуги товщиною 3 мм, призначеної для виготовлення анкерної закладної. Далі здійснюють розмітку з використанням інженерних пристосувань. Різання проводиться згідно з кресленнями на відрізних верстатах і гільйотинних ножицях.

Складання стовпця здійснюється на зварювальному столі з використанням струбцин. Прихоплювання та зварювання виконують методом ручного дугового зварювання інвертором ДІ-250Е DC ММА із застосуванням електродів типу АНО-6.

На всіх етапах виготовлення зварних з'єднань якість контролюється візуально-оптичним методом, що дозволяє виявити зовнішні дефекти та відхилення від заданих розмірів.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Існуючий технологічний процес має низку недоліків, зокрема:

- 1) застосування малоефективного методу – ручного дугового зварювання, що знижує продуктивність;
- 2) використання морально застарілого зварювального обладнання, яке не відповідає сучасним вимогам;
- 3) використання ручних гвинтових притискачів у складанні, що спричиняє значні витрати часу на фіксацію елементів конструкції.

Для усунення наявних недоліків доцільно реалізувати такі заходи:

- 1) оснастити виробництво сучасним зварювальним обладнанням, що забезпечить вищу продуктивність і якість;
- 2) впровадити автоматизовані установки для зварювання кільцевих швів, що дозволить зменшити трудомісткість процесу;
- 3) замінити ручні гвинтові затискачі у складальному кондукторі на пневматичні, що значно скоротить час на фіксацію елементів.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Оскільки процес зварювання освітлювального стовпця є трудомістким і потребує значних витрат часу, доцільно максимально автоматизувати виробництво. Це дозволить досягти таких переваг:

- зростання продуктивності праці;
- зменшення фізичного навантаження на працівників;
- усунення впливу людського фактору на якість зварних з'єднань;
- покращення загальної якості готових виробів.

Зварювання опори може здійснюватися різними методами: ручним дуговим зварюванням покритими електродами, напівавтоматичним – у середовищі захисних газів із застосуванням порошкового або суцільного дроту. Основний обсяг робіт, як правило, виконується вручну покритими електродами. Вибір типу електродів залежить від міцності зварюваної сталі та вимог до якості зварної конструкції.

Ручне дугове зварювання здійснюється за допомогою покритих електродів, які зварювальник вручну подає до зони зварювання та переміщує вздовж заготовки. Під час процесу дуга виникає між стрижнем електрода та основним металом. Електрична дуга – це стійкий електричний розряд у середовищі іонізованих газів, парів металів і компонентів покриття електрода. Будову дуги зображено на рисунку 2.1. За допомогою цього методу можна зварювати деталі з низьковуглецевої сталі товщиною від 0,8 до 5 мм за один прохід без попередньої підготовки кромки.

Вибір електродів для зварювання низьковуглецевих сталей залежить від призначення конструкції, умов її експлуатації та вимог до міцності. Зазвичай застосовують електроди з межею міцності 380–420 МПа. До таких належать марки: ОММ-5, СМ-5, УМ-7, ОМА-2, УОНІ-13/45, СМ-11 та інші.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

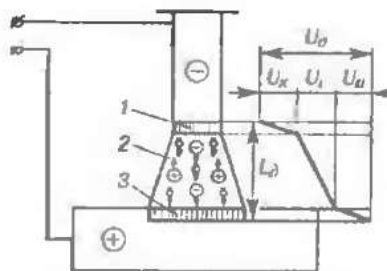


Рисунок 2.1 – Будова електричної дуги і розподіл напруги на її областях:

1 – катодна пляма; 2 – стовп дуги; 3 – анодна пляма

Для отримання надійного зварного з'єднання застосовують електроди марки УОНІ-13/45 з основним покриттям. Вони призначені для зварювання конструкцій із вуглецевих та низьковуглецевих сталей, забезпечують високу стійкість до утворення кристалічних тріщин і характеризуються низьким вмістом водню, що сприяє покращенню якості шва.

Важливим недоліком ручного дугового зварювання покритими електродами є низька продуктивність та значна залежність якості шва від професійного рівня зварювальника.

Ручне дугове зварювання доцільно використовувати для коротких швів, розташованих у складних просторових положеннях, особливо при дрібносерійному виробництві.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисного газу вирізняється високою продуктивністю та універсальністю. Особливо варто відзначити, що використання вуглекислого газу як захисного середовища є економічно вигідним способом отримання міцного та якісного з'єднання металевих поверхонь.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисного газу з одностороннім виконанням шва без підготовки кромek ефективно для деталей товщиною від 0,8 до 6,6 мм.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Дугове зварювання в середовищі захисного газу – це процес, при якому електрична дуга та розплавлений метал перебувають у газовому захисті, що подається до зони зварювання спеціальними пристроями. Такий метод широко використовується у виробництві машинобудівних і будівельних конструкцій завдяки своїй ефективності та якості з'єднань.

Переваги дугового зварювання в захисних газах:

- продуктивність у 2,5 рази вища, ніж при ручному зварюванні електродами, особливо при використанні активних газів, що знижує витрати;
- легкість механізації та автоматизації процесу;
- можливість роботи в будь-якому просторовому положенні;
- мінімальний термічний вплив і незначні деформації завдяки концентрованій дії дуги;
- надійний захист зони зварювання, що забезпечує якість швів навіть при багат шаровому зварюванні.

Недоліки дугового зварювання в захисних газах:

- відкрита дуга створює ризик ураження зору світловим випромінюванням;
- необхідність захисту зони зварювання від протягів ускладнює роботу в польових умовах;
- витрати металу через розбризкування, потреба в газовій апаратурі, а іноді – у водяному охолодженні пальників.

Зварювання металів у середовищі вуглекислого газу виконується виключно постійним струмом із зворотною полярністю. Як захисні використовуються активні гази, здатні вступати в реакцію з елементами зварювальної ванни. До них належать: чистий вуглекислий газ (CO_2), газові суміші – 70% CO_2 і 30% аргону або кисню – для зварювання вуглецевих сталей; 70% аргону і 30% CO_2 - для легованих сталей. Застосування сумішей замість чистого CO_2 сприяє підвищенню продуктивності, економічності та

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

якості зварювання, а також зменшує ризик негативного впливу на дихальні органи зварника.

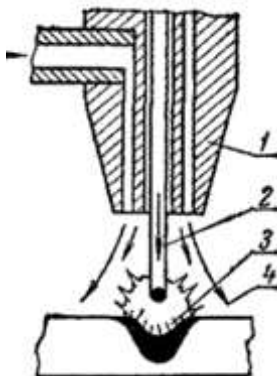


Рисунок 2.2 – Схема напівавтоматичного зварювання в середовищі захисного

Автоматичне зварювання в захисному газовому середовищі вирізняється серед інших методів як найбільш ефективне завдяки таким перевагам:

- висока продуктивність процесу;
- відсутність потреби у високій кваліфікації зварювальника – достатньо оператора;
- економне використання зварювальних матеріалів;
- можливість глибокого проплавлення металу за один прохід.

Застосування автоматичного зварювання в захисному газовому середовищі є ефективним і економічно доцільним, що відкриває перспективи його використання для виготовлення конструкцій даного типу. Основним обмеженням цього методу є неможливість виконання зварювання в різних просторових положеннях. Для реалізації процесу необхідне додаткове обладнання – обертачі та маніпулятори. З огляду на особливості зварювання низьковуглецевих сталей, перевага надається напівавтоматичним і автоматичним методам у середовищі захисних газів або їх сумішей, які забезпечують високу якість і продуктивність.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір зварювальних матеріалів відіграє ключову роль у досягненні якісного результату зварювальної операції. Вони мають забезпечувати необхідні характеристики шва та гарантувати його цілісність без тріщин. Основним критерієм при виборі є тип основного металу, однак обраний метод зварювання також суттєво впливає на підбір присадкового матеріалу.

Вибір зварювального матеріалу залежить від необхідності отримання бездефектної структури металу шва, яка повинна відповідати експлуатаційним вимогам конструкції за своїми механічними та фізичними властивостями.

Підбір зварювального дроту здійснюється з урахуванням максимально наближеного хімічного складу до основного металу. Для зварювання освітлювальної опори зі сталі марки СтЗсп доцільно використовувати дріт Св-08ГС або Св-08Г2С, які забезпечують необхідну сумісність і якість зварного з'єднання.

Хімічний склад дроту Св-08ГС приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08ГС [3]

Вміст елементів, %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
0,1	0,6-0,85	1,40-1,70	0,20	0,25	0,025	0,03

Під час напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу (CO₂) основним зварювальним матеріалом виступає зварювальний дріт, а захисний газ виконує допоміжну функцію, створюючи необхідні умови для формування якісного шва.

Аргон – це інертний газ з атомною масою 39,9, який за нормальних умов є безбарвним, не має запаху та смаку. Його густина приблизно в 1,38 рази перевищує густину повітря. Серед інертних газів аргон є найбільш доступним і відносно недорогим. У складі атмосфери Землі він посідає третє місце після азоту та кисню, становлячи близько 1,3% її маси та 0,9% об'єму.

Аргон, як інертний газ, практично повністю запобігає насиченню металу шва киснем і продуктами окислення. Завдяки цьому при зварюванні в його середовищі допустиме використання суцільного дроту з низьким вмістом кремнію та марганцю, якщо не потрібне додаткове легування для забезпечення рівномірності з'єднання. Аргон має низьку енергію іонізації, тому робоча напруга при його застосуванні може бути значно нижчою, ніж при використанні CO₂. Це сприяє стабільному горінню дуги, легкому її запаленню, мінімальному розбризкуванню електродного металу та зниженому утворенню зварювального аерозолю.

Під час механізованого зварювання аргон використовують як у чистому вигляді – переважно для зварювання високолегованих сталей і нікелевих сплавів – так і в складі газових сумішей, залежно від вимог до процесу та матеріалу.

Аргон і вуглекислий газ, застосовані окремо для зварювання, мають як переваги, так і недоліки. Проте їхнє поєднання в газових сумішах дозволяє зменшити негативні ефекти кожного з компонентів і водночас посилити позитивні властивості. Наприклад, чистий аргон не рекомендується для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей, оскільки він сприяє утворенню шва з надто вузьким профілем і надмірною глибиною проплавлення.

Досягти оптимального профілю шва, який гарантує необхідну міцність з'єднання, при використанні чистого аргону досить складно. Надмірна глибина проплавлення може бути небажаною, особливо при зварюванні тонколистового металу. Натомість застосування аргонвмісних сумішей з

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

вуглекислим газом дозволяє забезпечити стабільну якість зварювання та формування швів із належними характеристиками.

Для зберігання та транспортування в балонах допустимі лише газові суміші, що містять не більше 25% вуглекислого газу. Це пов'язано з тим, що CO₂ закачується в балон у рідкому стані, а аргон – у газоподібному. Під час випаровування вуглекислота може витіснити аргон, що при перевищенні 25% CO₂ у суміші унеможливорює гарантування її стабільної якості. З огляду на це, для зварювання найчастіше застосовують суміші з вмістом аргону від 75 до 95% і вуглекислого газу – від 5 до 25%, що забезпечує оптимальні умови для процесу.

Зварювальна суміш, що складається з 75% аргону та 25% вуглекислого газу, є однією з найпоширеніших у практиці. Вона забезпечує крупнокрапельне перенесення електродного металу, при якому CO₂ посилює глибину проплавлення, формуючи пологий профіль шва. Аргон, у свою чергу, стабілізує горіння дуги, зменшує розбризкування та сприяє якісному формуванню шва. Водночас, через специфіку крупнокрапельного режиму, незначне розбризкування металу залишається неминучим, навіть за оптимальних параметрів зварювання.

Зварювальна суміш 85% Ar + 15% CO₂ є оптимальним вибором у випадках, коли необхідна висока швидкість зварювання та мінімальне розбризкування металу. Завдяки збалансованому складу, вона забезпечує стабільне горіння дуги, якісне формування шва та знижене утворення зварювального аерозолі. Деякі виробники також пропонують альтернативний варіант – 82% Ar + 18% CO₂, який має подібні властивості та може використовуватися залежно від конкретних умов зварювання.

При використанні суміші 85% аргону і 15% CO₂ у поєднанні з підвищеною напругою досягається струменевий тип перенесення електродного металу. У цьому режимі метал переноситься у вигляді безперервного потоку дрібних крапель, що сприяє якісному формуванню шва з мінімальним розбризкуванням.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Водночас, через високу швидкість перенесення металу в зварювальну ванну та значне тепловкладення, струменевий режим рекомендується застосовувати лише для зварювання в нижньому або кутовому положенні. Це дозволяє краще контролювати процес формування шва та уникнути дефектів.

Зварювальна суміш 90% Ar + 10% CO₂ є однією з найпоширеніших завдяки своїм стабільним характеристикам. Вона забезпечує струменевий режим перенесення металу в широкому діапазоні напруг, що сприяє високій якості зварювання. Цю суміш активно застосовують у роботизованих зварювальних системах, оскільки вона дозволяє досягти максимальної швидкості процесу.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні параметрів режиму зварювання важливо забезпечити отримання швів заданих розмірів, форми та якості. Тому доцільніше не просто обирати параметри, а виконувати їх точний розрахунок з урахуванням конструктивних вимог. Оскільки зварювання освітлювальної опори здійснюється кутовим зварювальним з'єднанням, розрахунок режиму слід проводити саме для цього типу з'єднання, враховуючи його геометрію.

Зварювання стовпця кутовим кільцевим швом напівавтоматичним та автоматичним зварюванням в CO₂, його ескіз показаний на рисунку 2.3.

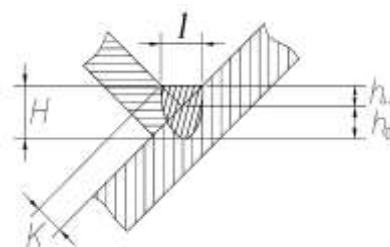


Рисунок 2.3 - Схема кутового з'єднання

K - катет шва; H - висота шва; h_n - висота наплавленого металу; h₀ - глибина проплавлення основного металу; l - ширина шва

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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, $K=3$ мм,

$$F_n = \frac{3^2}{2} = \frac{9}{2} = 4.5 \quad \text{мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу h_n за формулою [4, с.192]:

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

$$h_n = \sqrt{4.5} = 2.1213 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо ширину шва l , за формулою [4, с.192]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 9} = 4.2426 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [4, с.193]:

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

Тоді:

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

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

попередньо вибравши значення ψ_m , яке знаходиться в інтервалі величин 0.8 - 2.0 мм [4,с.196], приймаємо $\psi_m=1,05$.

Отже:

$$H = \frac{4,2426}{1.05} = 4,0405 \quad \text{мм.}$$

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

Визначаємо глибину проплавлення h_0 , за формулою [4, с.192]:

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

$$h_0 = 4,0405 - 2,1213 = 1,9192 \quad \text{мм.}$$

Для зварювання конструкції із маловуглецевої сталі з катетом 3 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 0,8 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].

$$I_{зв} = \frac{1,9192}{1.45} \cdot 100 = 132,4 \text{ А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 130 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [4,с.194]:

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

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=12$ г/А×год [4, с.189];

ρ – густина електродного дроту, для сталі $\rho=7,8 \times 10^3$ кг/м³;

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

$$F_{el} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3.14159 \cdot 0,8^2}{4} = 1.5393 \text{ мм}^2.$$

Отже:

$$V_{п.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 130}{1.5393 \cdot 10^{-6} \cdot 7.8 \cdot 10^3} = 125 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=125$ м/год.

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

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 130}{1000 \cdot \sqrt{0,8}} \pm 1 = 27,28 \pm 1 \text{ В.}$$

Приймаємо $U_d=28$ 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 $d_e = 0,8$ мм – $A = 5 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{5 \cdot 10^3}{130} = 38,4 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{36}=38$ м/год.

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

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 0,8 мм $\gamma = 75 \dots 300 \text{ А/мм}^2$ [4, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{130}{150}} = 1.0519 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d = 15 \text{ мм}$ [4, с.223].

Витрати захисного газу $Q_r = 1,03 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ [5, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

ПАРАМЕТР			Значення
Назва	Символ	Одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	130
Напруга на дузі	U_d	В	28
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	0,8
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	38
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	135
Витрати захисного газу	Q_r	$\text{м}^3/\text{с}$	$1,03 \times 10^{-4}$

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Вибір сучасного зварювального обладнання здійснюється відповідно до обраного способу зварювання, з обов'язковим урахуванням можливості забезпечення необхідних параметрів зварювального режиму.

Основні критерії вибору раціонального зварювального обладнання:

- обладнання має максимально відповідати режимам зварювання, передбаченим у технологічному процесі;
- пріоритет надається обладнанню з високою надійністю та зручністю в обслуговуванні;
- бажано обирати обладнання з високим коефіцієнтом корисної дії та оптимальним енергоспоживанням;
- менші габарити сприяють економії виробничої площі та зручності розміщення;
- легке та доступне за ціною обладнання дозволяє знизити витрати на транспортування, монтаж і закупівлю.

Для вибору сучасного та раціонального зварювального обладнання, що відповідає визначеним критеріям, слід користуватися актуальними джерелами інформації – довідковою та технічною літературою, рекламними проспектами, а також каталогами-довідниками виробників і постачальників. У таких матеріалах містяться детальні описи, технічні характеристики, умови експлуатації та вартість обладнання, що дозволяє здійснити обґрунтований і ефективний вибір.

Для кожної технологічної операції зварювання необхідно вказати, на якому саме зварювальному обладнанні вона буде виконуватись. Слід надати опис обраного обладнання, його призначення, модель, основні конструктивні вузли, принцип дії, порядок налаштування на заданий режим, а також технічні характеристики, які доцільно подати у вигляді таблиці.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання зварювання освітлювальної опори застосовується компактний напівавтомат КП-019, який має широкий діапазон регулювання зварювальних параметрів. Обладнання призначене для дугового зварювання плавким електродом у середовищі захисних газів, і може використовуватись у всіх просторових положеннях. У комплекті з напівавтоматом використовується зварювальний випрямляч КІГ-401.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд зварювального напівавтомата КП-019 [6]

Механізм подачі дроту разом із касетою електродного дроту розміщено в герметичному корпусі. У конструкції напівавтомата використовується чотирироликівий механізм подачі з зубчастим зчепленням, який приводиться в дію електродвигуном редуктора потужністю 100 Вт.

Технічні параметри зварювального напівавтомата представлені в таблиці 2.3.

Перевагами даного обладнання є:

- можливість налаштування режиму часу розтягу дуги;
- цифрова система керування, що забезпечує роботу напівавтомата на відстані до 20 метрів від джерела живлення;
- плавне регулювання подачі дроту;

- функція продувки захисного газу до початку та після завершення зварювання;
- наявність режимів заправки дроту та перевірки подачі газу;
- універсальне гальмівне пристосування, яке відповідає вимогам європейських стандартів.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики зварювального напівавтомата КП-019 [6]

Назва характеристики	Значення
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60%, А	315
Границі регулювання напруги на дузі, В	16-37
Границі регулювання зварювального струму	50-400
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,6
Швидкість подачі електродного дроту, м/ч	120-1200
Регулювання швидкості подачі електродного дроту	плавне
Маса електродного дроту в касеті, кг	5
Габаритні розміри механізму подачі дроту, мм	485x165x300
Маса механізму подачі дроту, кг	9

Зварювальний випрямляч КІГ-401 (див. рис. 2.5) використовується як джерело живлення для напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів у складі напівавтомата КП-019. Його технічні характеристики наведені в таблиці 2.4.



Рисунок 2.5 – Загальний вид випрямляча КІГ-401 [5, с. 256-257]

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики зварювального випрямляча КІГ-401 [5, с. 256-257]

Параметри	Значення
Номінальна напруга мережі, В	380
Частота мережі, Гц	50
Номінальний струм, А	
ПВ 100%	315
ПВ 60%	400
Границі регулювання зварювального струму, А	40-450
Границі регулювання робочої напруги, В	40 ступенів, 16-37
Первинна потужність, кВА	28
Напруга холостого ходу, ВВ	50
Маса, кг	19

Для виконання зварювання освітлювальної опори обирається зварювальний пальник марки ГДПГ-305М. Цей пальник призначений для дугового зварювання суцільним сталевим дротом у середовищі вуглекислого газу або суміші аргону з CO_2 , і може використовуватись у всіх просторових положеннях.

Таблиця 2.5 – технічні характеристики пальника ГДПГ-305М [7]

Параметри	Значення
Діаметр сталюого дроту, мм	0,8-1,4
Номинальний зварювальний струм при CO_2 , А	315
Номинальний зварювальний струм при газовій суміші аргону і CO_2 , А	260
ПВ при циклі 5 хв.,%	60
Охолодження	газове
Довжина, м	3,0

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварного шва є обов'язковим етапом для оцінки надійності та відповідності металевої конструкції вимогам експлуатації. У разі недостатньої щільності шва, порушення герметичності або наявності деформацій, це неминуче вплине на довговічність і безпечність конструкції під час її використання.

Це особливо швидко проявиться у випадках, коли конструкція експлуатується під постійним тиском.

Перед тим як перевіряти металоконструкцію на відповідність стандартам, першочергово необхідно оцінити якість виконання зварних швів. На цьому етапі виявляються всі можливі зовнішні та внутрішні дефекти, які, за можливості, підлягають усуненню.

Кожен готовий виріб проходить ретельний контроль перед тим, як буде допущений до експлуатації.

Найбільш доступним і базовим методом контролю якості є візуальний огляд. Він дозволяє виявити зовнішні дефекти зварних швів, зокрема тріщини, непровари та інші очевидні порушення. У більшості випадків такі

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

недоліки можна виявити без застосування спеціального обладнання, проте іноді використовуються додаткові пристрої для більш точного аналізу.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення освітлювального стовпця включає такі основні етапи:

- підготовка матеріалів та деталей;
- складання конструктивних елементів;
- з'єднання частин методом дугового зварювання;
- очищення, шліфування та нанесення покриття;
- транспортні, підготовчі та інші супутні дії;
- перевірка якості виробу перед введенням в експлуатацію.

2.6.1 Заготівельні операції

Розмічування здійснюється за допомогою рулетки, лінійки, олівця та кернера. Перші заготовки, виготовлені з особливою точністю, надалі використовуються як шаблони для розмітки, що дозволяє значно скоротити час на виконання операцій та підвищити загальну продуктивність праці.

Різання труби діаметром 76 мм здійснюється на автоматичному відрізному верстаті Pilana PMS 330/460 AD. Обладнання оснащено пильною рамою з гідроциліндром, що забезпечує регулювання швидкості опускання та подачі стрічкового полотна відносно заготовки. Крім того, верстат має маятникову нахильну раму, яка підвищує точність і ефективність різання.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 – Технічні параметри автоматичного відрізного верстата PMS 330/460 AD [8]

Маса, кг	1320
Швидкість полотна, м/хв	25-85
Потужність двигуна, кВт	3,7

Різання сталевієї пластини товщиною 3 мм виконуємо за допомогою електромеханічних гільйотинних ножиць.



Рисунок 2.6 – Автоматичний відрізний верстат Pilana PMS 330/460 AD [8]

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання здійснюється візуальна перевірка деталей (заготовок) на відповідність вимогам креслень. Під час складання забезпечується точне взаємне розташування елементів конструкції, яке має відповідати їх положенню у готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій у процесі зварювання. Для виконання складальних і зварювальних операцій застосовується спеціальна складально-зварювальна установка.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Складання конструкції здійснюється за такою послідовністю:

- розміщення труби та пластини в спеціальному пристосуванні;
- фіксація пластини в обертачі за допомогою планшайби;
- закріплення труби в пристосуванні з роликowymi притискачами;
- виконання прихоплювального з'єднання заготовок для

подальшого зварювання.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання, отриманих із довідкових джерел, здійснюється налагодження роботи напівавтомата.

Під час складання конструкції виконуються прихоплювальні з'єднання у місцях майбутніх зварних швів. Після цього проводиться повне автоматичне зварювання кільцевого кутового шва.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Ці операції виконуються після завершення основного зварювання і спрямовані на покращення зовнішнього вигляду, довговічності та функціональності виробу. Для їх виконання застосовується спеціалізоване обладнання та інструменти. Хоча дані операції мають другорядне значення в технологічному процесі виготовлення освітлювального стовпця, але все ж таки без них він був би не повним.

2.6.5 Допоміжні операції

У процесі виготовлення конструкції виконуються такі допоміжні операції:

1. Налагоджувальні роботи – включають підготовку та налаштування обладнання перед зварюванням. Зокрема:

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевірка технічного стану зварювального напівавтомата;
- регулювання витрати захисного газу відповідно до типу зварювання;
- встановлення параметрів режиму зварювання згідно з розрахунковими даними.

2. Перевантажувальні роботи – охоплюють транспортування, переміщення та фіксацію заготовок і готових виробів у межах виробничої ділянки.

2.6.6 Контроль якості

Контроль якості охоплює весь виробничий процес і включає такі основні етапи:

- перевірка відповідності зварюваних матеріалів технічним умовам та стандартам;
- оцінка якості електродного дроту, захисного газу та інших витратних компонентів;
- аналіз точності виконання кожного технологічного етапу, дотримання параметрів та вимог креслень;
- перевірка міцності, герметичності та відповідності конструкції експлуатаційним вимогам.
- оцінка форми та розміщення швів згідно з кресленням, виявлення зовнішніх дефектів і деформацій конструкції.

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

Всі розрахунки нормування технологічного процесу виконуються згідно стандарту ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [9].

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [9, 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, $I_{зв} = 130$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварного шва, $l_{ш} = 0,238$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 130 \cdot 0,238 \cdot 10^{-3} = 0,4641 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [9,с.7]:

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 0,4641 \cdot 0,7 = 0,32 \quad \text{кг},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$Q_{ин} = 0,4641 \cdot 0,5 = 0,23 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{ет} = 0,32 + 0,23 = 0,55 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [9,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, $K_z=0,85\dots 0,9$;

$$H_z = 0,32 \cdot 0,9 = 0,288 \quad \text{л / хв.}$$

Приймаємо витрати газу 0,3 л/хв

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

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

де – U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

$$E = \frac{28}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,765 \quad \text{кВт.}$$

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

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

$$E = \frac{0,01 \cdot 28 \cdot 130 \cdot 0,03}{0,9 \cdot 0,75} = 1,617 \quad \text{кВт} \cdot \text{год}.$$

Таблиця 2.7 – Витрати зварювальних матеріалів та електроенергії

Параметр	Значення
Зварювальний дріт, кг	0,55
Захисний газ, л/год	0,3
Електроенергія, кВт×год	1,6

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

На промислових підприємствах, залежно від типу виробництва, особливостей виробів та їх конструкції, використовують різні класи зварювального обладнання. Незважаючи на схожість окремих компонентів, такі системи мають суттєві функціональні відмінності. Розглянемо основні класи обладнання, що застосовуються у виробничій практиці.

Зварювальна або наплавлювальна установка – це електромеханічний комплекс, призначений для реалізації технологічного процесу, керування зварювальним інструментом і виробом, а також виконання допоміжних операцій. Вона має власну систему керування. Зварювальні верстати вирізняються тим, що всі їхні компоненти змонтовані на спільній основі (станині) та механічно взаємодіють між собою, утворюючи єдину конструкцію. Натомість у зварювальних установках окремі елементи, зокрема маніпулятори інструменту та виробу, не пов'язані конструктивно, хоча й об'єднані просторово та керуються спільною системою.

Поточна автоматична лінія – це комплекс обладнання, розміщеного відповідно до технологічної послідовності та з'єднаного між собою транспортними механізмами. Вся система працює автономно, без участі оператора, під керуванням єдиної автоматизованої системи. До складу такої лінії можуть входити не лише складально-зварювальні установки, а також металорізальне, контрольне та допоміжне обладнання.

Складально-зварювальні комплекси використовуються в багатьох галузях промисловості. Це можуть бути як компактні агрегати для виробництва компонентів мікроелектроніки, так і великогабаритні установки, призначені для зварювання товстостінних резервуарів високого тиску, корпусів ядерних реакторів тощо. Зварювальні установки найчастіше

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

застосовуються на підприємствах машинобудування, у цехах заводів металоконструкцій, а також на монтажних майданчиках промислового будівництва. Зварювальні верстати доцільно використовувати в умовах приладобудування та машинобудівних цехів, коли вироби мають невеликі розміри і потребують обмеженої кількості зварних швів. Поточні та автоматичні лінії демонструють найвищу ефективність у серійному та масовому виробництві виробів середніх і великих розмірів з великою кількістю зварювальних з'єднань.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Для зварювання освітлювальної опори передусім слід обирати високопродуктивне обладнання, яке сприятиме пришвидшенню виробничого процесу та гарантуватиме стабільну якість зварних з'єднань.

Для механізації процесу зварювання освітлювальної опори використовується установка АС-391. Вона призначена для автоматичного дугового зварювання плавким електродом кільцевих швів на обертових виробах довжиною до 8000 мм і трубах діаметром від 42 до 159 мм (рис. 3.1).

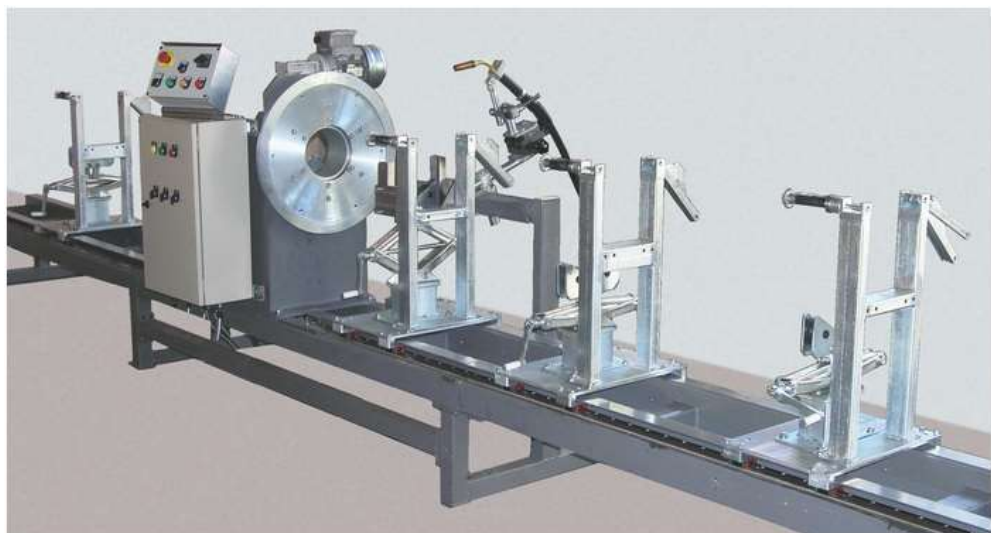


Рисунок 3.1 – Установка для автоматичного зварювання кільцевих швів АС-391 [10]

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Зварювальні елементи фіксують у роликів опорах з регулюванням по висоті, конструкція яких гарантує точне положення та стабільність виробу з труб різного діаметра. Обертання передається через токарний патрон, закріплений на планшайбі. Обертач оснащений суцільним валом з наскрізним отвором, що дозволяє пропускати труби будь-якого діаметра [10].

Після завершення зварювання елементи виробу вручну переміщують уздовж осі, що дає змогу постійно виконувати зварювальні роботи в одній зоні – поблизу місця фіксації на планшайбі [10].

Зварювальний пальник може монтуватися як для виконання стикових з'єднань труб, так і для зварювання кутових швів у місцях з'єднання труб з фланцями (див. рис. 3.2) [10].



Рисунок 3.2 – З'єднання труби з фланцем (анкерною закладною)

Подачу пальника до зони зварювання та його відведення здійснює пневматичний привід.

Установка забезпечує [10]:

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

- програмне керування усіма механізмами і пристроями установки, а також діагностику їх стану;
- контроль положення пальника, планшайби обертача і тиску в шлангах з повітрям;
- можливість швидкого переоснащення механізмів установки для зварювання труб різного діаметру і довжини;
- можливість установки прихвачувати в точці, протилежній точці початку зварювання кільцевого шва, при складанні зварювальних елементів [10].

Технічні характеристики установки наведено у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики установки для автоматичного зварювання кільцевих швів АС-391 [10]

Параметр	Значення
Вантажопідйомність обертача, кг	125
Максимальний крутний момент, Нм	63
Границі регулювання швидкості обертання планшайби, об/хв	0,5 - 5
Максимально сила струму, А	500
Напруга на дузі, В	15,5 – 32,5
Границі регулювання зварювального струму, А	30 – 400
Захисний газ	CO_2 або $Ar + CO_2$
Діаметр дроту, мм	1,0-1,6
Привід механізму пальника	пневматичний
Тиск стиснутого повітря, МПа	0,4

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 освітлювального стовпця

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	100хø76х450	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3сп	кг	0,6	
зварювальний дріт Св-08ГС	кг	0,1	
захисний газ –CO ₂	кг	0,2	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	0,2	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3сп	грн	33,58	32,2
зварювальний дріт Св-08ГС	грн	60	56,4
захисний газ CO ₂	грн	24,1	23,75
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	5	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення освітлювального стовпця

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Очищення	$\frac{3}{П}$	Дробоструменева камера	91000	щітка	46	III	2,8
Розмічування	$\frac{3}{П}$			шаблон рулетка маркер	670 179 126	IV	$\frac{2,4}{1,6}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Гільйотинні ножиці, автоматичн. відрізний верстат PMS 330/460 AD	140000 19000			IV	$\frac{3,7}{2,9}$
Правлення	$\frac{3}{П}$	Машина листопривильна	30000	молоток	320	IV	2,5
Складання	$\frac{3}{П}$	Обертальна установка	64500	молоток	320	IV	$\frac{3,6}{2,7}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Дж. живлен. КП-401, напівавтомат КП019	270000			IV	$\frac{3,5}{2,6}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	КШМ Bosch PWS 850 - 125	6000	щітка молоток	46 320	III	$\frac{3,4}{3}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Дефектоскоп ДУК	180000	Лупа збільшув.	68	VI	1,7
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Електричний тельфер	69000			IV	1,8

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 23,6;

по проекту 19,8;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,8;

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

по проекту 1,8.

Загальна штучна норма часу: по заводу 25,4;

по проекту 21,6.

Для виготовлення освітлювального стовпця застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [11, с.9]:

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

де $D_{роб} \sim$ 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, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,06) \approx 1903 \text{ год.}$$

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 [11, с.10]:

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

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

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=1,61$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 2400$ шт.

Кількість робочих місць для виконання правління при виготовленні освітлювального стовпця становить (за двома варіантами):

$$n = \frac{2,5 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,96 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для виконання очищення кількість робочих місць становить (за двома варіантами):

$$n = \frac{2,8 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,19 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні освітлювального стовпця становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,88 \approx 2 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,6 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,9 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$n = \frac{2,9 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,27 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,6 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,82 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,7 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,12 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,74 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,04 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,66 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,0 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 2,35 \approx 2 \text{ шт.}$$

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$n = \frac{1,7 \cdot 2400}{1903 \cdot 1,61} = 1,33 \approx 1 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [11, с.12]:

$$n = \frac{\sum_1^m B_{mp} \cdot N_{kp} \cdot t_{kp}}{\Phi_n \cdot K_{kp}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню протягом року, 2400 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

t_{kp} - тривалість одної операції, год;

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

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

$K_{kp} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{2400 \cdot 1 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,7} = 1,31 \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо один електричний тельфер для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

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 [11, с.13]:

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

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 $B_{np} = 2400 \text{ шт}$;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 1,61 \dots 1,62$.

Необхідна кількість працівників:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,62} = 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість очищувальників:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,8}{1850 \cdot 1,62} = 2,24 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,4}{1850 \cdot 1,62} = 1,92 \approx 2 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 1,6}{1850 \cdot 1,62} = 1,28 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,7}{1850 \cdot 1,62} = 2,96 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,9}{1850 \cdot 1,62} = 2,32 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,6}{1850 \cdot 1,62} = 2,88 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,7}{1850 \cdot 1,62} = 2,16 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,5}{1850 \cdot 1,62} = 2,8 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,6}{1850 \cdot 1,62} = 2,08 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,4}{1850 \cdot 1,62} = 2,72 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,0}{1850 \cdot 1,62} = 2,4 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 1,7}{1850 \cdot 1,62} = 1,36 \approx 1 \text{ чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
правильники	2	2	IV	IV
очищувальники	2	2	III	III
розмічувальники	2	1	IV	IV
різальники	3	2	IV	IV
складальники	3	2	IV	IV
зварювальники	3	2	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	1	1	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР: майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	25	20	—	—

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	33,58	32,2	20,15	19,32	48355,2	46368
З/П	Зв. дріт Св-08ГС	кг	60	56,4	6	5,64	14400	13536
З/П	Захисний газ	кг	24,1	23,75	4,82	4,75	11568	11400
Р-ом					30,97	29,71	74323,2	71304

Продовження таблиці 4.4

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	
3/П	5	1,68	1,61	1	0,97	2417,76	2318,4	5	5	12000	12000
3/П	5	3	2,82	0,3	0,28	720	676,8				
3/П	5	1,21	1,19	0,24	0,24	578,4	570				
Р- ом		5,88	5,62	1,55	1,49	3716,16	3565,2	5	5	12000	12000

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 [11, с.18]:

$$3_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

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) [11, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [11, с.18]:

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

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 [11, с.18]:

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

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 правильників:

$$З_{ос} = 8 \cdot 22,5 \cdot 2,5 = 450 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 450 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,5 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 450 \cdot 0,4 = 180 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

$$З_{ос} = 7,2 \cdot 21,8 \cdot 2,8 = 439,49 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 439,49 \cdot (0,2 + 0,15) = 153,82 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 439,49 \cdot 0,4 = 175,8 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 8,5 \cdot 21,5 \cdot 2,4 = 438,6 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 438,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 153,51 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 438,6 \cdot 0,4 = 175,44 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 8,5 \cdot 21,5 \cdot 1,6 = 292,4 \text{ грн};$$

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$З_{до} = 292,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 102,34 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 292,4 \cdot 0,4 = 116,96 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5,4 \cdot 21,8 \cdot 3,7 = 435,56 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 435,56 \cdot (0,2 + 0,15) = 152,45 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 435,56 \cdot 0,4 = 174,23 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5,4 \cdot 21,8 \cdot 2,9 = 341,39 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 341,39 \cdot (0,2 + 0,15) = 119,49 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 341,39 \cdot 0,4 = 136,56 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,3 \cdot 22 \cdot 3,6 = 498,96 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 498,96 \cdot (0,2 + 0,15) = 174,64 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 498,96 \cdot 0,4 = 199,58 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,3 \cdot 22 \cdot 2,7 = 374,22 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 374,22 \cdot (0,2 + 0,15) = 130,98 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 374,22 \cdot 0,4 = 149,69 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 24,5 \cdot 3,5 = 523,08 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 523,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 183,08 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 523,08 \cdot 0,4 = 209,23 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 24,5 \cdot 2,6 = 388,57 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 388,57 \cdot (0,2 + 0,15) = 136 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 388,57 \cdot 0,4 = 155,43 \text{ грн.}$$

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{зо}} = 5,4 \cdot 23,8 \cdot 3,4 = 436,97 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 436,97 \cdot (0,2 + 0,15) = 152,94 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 436,97 \cdot 0,4 = 174,79 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{зо}} = 5,4 \cdot 23,8 \cdot 3 = 385,56 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 385,56 \cdot (0,2 + 0,15) = 134,95 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 385,56 \cdot 0,4 = 154,22 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{зо}} = 10,5 \cdot 28,5 \cdot 1,7 = 508,73 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 508,73 \cdot (0,2 + 0,15) = 178,05 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 508,73 \cdot 0,4 = 203,49 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{зо}} = 10,8 \cdot 24 \cdot 1,8 = 466,56 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 466,56 \cdot (0,2 + 0,15) = 163,3 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 466,56 \cdot 0,4 = 186,62 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [11, с.19]:

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

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

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

C_p - 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.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 1 \cdot 30,2 \cdot 1850 = 55870 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 55870 \cdot 0,35 = 19554,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 55870 \cdot 0,4 = 22348 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 1 \cdot 30,2 \cdot 1850 = 55870 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 55870 \cdot 0,35 = 19554,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 55870 \cdot 0,4 = 22348 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 30,2 \cdot 1850 = 55870 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 55870 \cdot 0,35 = 19554,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 55870 \cdot 0,4 = 22348 \text{ грн}.$$

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 [11, с.19]:

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

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 ($З_{мн}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8200 \cdot 12 = 98400 \text{ грн};$$

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{дп}} = 98400 \cdot 0,35 = 34440 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пп}} = 98400 \cdot 0,4 = 39360 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{\text{оп}} = 1 \cdot 8023 \cdot 12 = 96276 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 96276 \cdot 0,35 = 33696,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 96276 \cdot 0,4 = 38510,4 \text{ грн.}$$

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 зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
правильники	227700		79695		91080	
очищувальники	222380,93		77833,33		88952,37	
розмічувальники	221931,6	73977,2	77676,06	25892,02	88772,64	29590,88
різальники	330593,08	172742,33	115707,58	60459,82	132237,23	69096,93
складальники	378710,64	189355,32	132548,72	66274,36	151484,26	75742,13
зварювальники	397013,93	196616,42	138954,87	68815,75	158805,57	78646,57
зачищувальники	331658,71	195093,36	116080,55	68282,68	132663,49	78037,34
контролери	128707,43		45047,6		51482,97	
транспортувальники	118039,68		41313,89		47215,87	

Продовження таблиці 4.5

Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	55870		19554,5		22348	
ремонтники	55870		19554,5		22348	
електрики	55870		19554,5		22348	
ІТР	98400		34440		39360	
МОП	96276		33696,6		38510,4	
Разом	2719021,99	1886898,66	951657,7	660414,53	1431780,49	1098931,16

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	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:		
сталь СтЗсп	20,15	19,32
зварювальний дріт Св-08ГС	6	5,64
захисний газ СО ₂	4,82	4,75
Поворотні відходи	5	
Паливо та енергія на технологічні цілі	61,14	59,93
Основна заробітна плата основних робітників	981,97	635,26
Додаткова заробітна плата основних робітників	343,69	222,34
Премії та надбавки основних робітників	392,79	254,1
Відрахування на соціальне страхування	24,06	15,56
Відрахування на медичне страхування	42,96	27,79
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	188,56	188,56
Цехові (дільничні) витрати	219,01	219,01
Всього цехова собівартість	2280,15	1646,96

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних витрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
правильльне	2	2	30000	30000	1500	1500
очищувальне	2	2	91000	91000	4550	4550
різальне	3	2	159000	159000	7950	7950
складальне	3	2	64500	64500	3225	3225
зварювальне	3	2	27000	27000	1350	1350
зачищувальне	3	2	6000	6000	300	300
контрольне	1	1	180000	180000	9000	9000
транспортне	1	1	69000	69000	3450	3450
Інструменти:						
молоток	9	7	320	320	16	16
щітка	6	5	46	46	2,3	2,3
шаблон	2	1	670	670	33,5	33,5
рулетка	6	4	179	179	8,95	8,95
маркер	6	4	126	126	6,3	6,3
лупа	1	1	68	68	3,4	3,4
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах., %	Річна сума амортизаційних відрах., грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	10055000	10055000	5	502750	502750
Устаткування:					
правильне	61500	61500	10,5	6457,5	6457,5
очищувальне	186550	186550	8,5	15856,75	15856,75
різальне	484950	325950	8,5	41220,75	27705,75
складальне	196725	132225	23,5	46230,38	31072,88
зварювальне	82350	55350	19,5	16058,25	10793,25
зачищувальне	18300	12300	8,5	1555,5	1045,5
контрольне	189000	189000	8,5	16065	16065
транспортне	72450	72450	19,5	14127,75	14128
Інструменти:			15		
молоток	2896	2256		434,4	338,4
щітка	278,3	232,3		41,75	34,85
шаблон	1373,5	703,5		206,03	105,53
рулетка	1082,95	724,95		162,44	108,74
маркер	762,3	510,3		114,35	76,55
лупа	71,4	71,4		10,71	10,71
Разом	11353289,45	11094823,45		661291,54	626549,14

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [11, с.27]:

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

де $C_{пз}$ - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{пз} = 8862,73$ грн);

$C_{пн}$ - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{пн} = 7529,5$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{мз} = 2280,15$ грн/шт);

$\Phi_{пн}$ - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{пн} = 1646,96$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((8862,73 + 0,15 \cdot 2280,15) - (7529,5 + 0,15 \cdot 1646,96)) \cdot 2400 = 3427700,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [11, с.28]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осз} - \Phi_{осп}}{E_{ур}}, \quad (4.11)$$

де $\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{осз} = 16164360$ грн);

$\Phi_{осп}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{осп} = 14420976$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [11, с.28]:

$$E_{ур} = B \cdot (C_{пз} - C_{пн}), \quad (4.12)$$

$$E_{ур} = 2400 \cdot (8862,73 - 7529,5) = 3199752 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{16164360 - 14420976}{3199752} = 0,55 \text{ р.}$$

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	2400	2400
Кількість технологічного устаткування	шт	16	12
Собівартість товарної продукції	грн	8862,73	7529,5
Чисельність персоналу:			
- всього	чол	25	20
- основних робітників	чол	20	15
Фондомісткість продукції	грн/шт	2280,15	1646,96
Умовна річна економія	грн	-	3199752
Річний економічний ефект	грн	-	3427700,4
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,55
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	16537,5	16537,5
- очищувальники	грн	16151,18	16151,18
- розмічувальники	грн	16118,55	10745,7
- різальники	грн	16006,98	12546
- складальники	грн	18336,78	13752,59
- зварювальники	грн	19223	14279,95
- зачищувальники	грн	16058,57	14169,33
- контролери	грн	18695,64	18695,64
- транспортувальники	грн	17146,08	17146,08

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Знаки безпеки та принципи їх застосування на підприємстві

Сигнальним кольорам, знакам безпеки та сигнальній розмітці належить суттєва роль у сфері забезпечення виробничої безпеки. Їхнє призначення полягає в забезпеченні однозначного розуміння певних вимог, що стосуються безпеки, збереження життя і здоров'я людей, зниження матеріального збитку без застосування слів або з їх мінімальною кількістю [12, 13, с.202].

Знаки безпеки можуть бути основними, додатковими, комбінованими і груповими. Основні знаки безпеки містять однозначне смислове вираження вимог щодо забезпечення безпеки. Основні знаки використовують самостійно або в складі комбінованих і групових знаків безпеки. Додаткові знаки безпеки містять пояснювальний напис, їх використовують у поєднанні з основними знаками. Об'єднані і групові знаки безпеки складаються з основних і додаткових символів та є носіями комплексних вимог забезпечення безпеки [12, 13, с.204].

Знаки безпеки слід розташовувати (встановлювати) в полі зору людей, для яких вони призначені і таким чином, щоб їх було добре видно, не відволікали уваги і не створювали незручностей при виконанні людьми своєї професійної або іншої діяльності, не загороджували прохід, проїзд, не перешкоджали переміщенню вантажів. Знаки безпеки, розміщені на воротах і на (над) входних(ми) дверях(ми) приміщень, означають, що зона дії цих знаків поширюється на всю територію і площу за воротами чи дверима [12, 13, с.205].

Основні знаки безпеки поділяють на 6 груп (див. таблицю 5.1). Геометрична форма, сигнальний колір, смислове значення основних знаків безпеки повинні відповідати таблиці 5.1 [12, 13, с.205, 206].

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Таблиця 5.1 – Геометрична форма, сигнальний колір і смислове значення основних знаків безпеки

Група	Геометрична форма	Сигнальний колір	Смислове значення
1	2	3	4
Заборонні знаки	Коло з поперечною смугою 	Червоний	Заборона небезпечної поведінки або дії
Попереджувальні знаки	Трикутник 	Жовтий	Попередження про можливу небезпеку. Обережність. Увага
Наказові знаки	Коло 	Синій	Припис обов'язкових дій для уникнення небезпеки
Знаки пожежної безпеки <*>	Квадрат або прямокутник 	Червоний	Позначення та зазначення місць знаходження засобів протипожежного захисту, їх елементів
Евакуаційні знаки і знаки медичного та санітарного призначення	Квадрат або прямокутник 	Зелений	Позначення напрямку руху при евакуації. Порятунк, перша допомога при аварії або пожежі. Напис, інформація для забезпечення безпеки

Продовження таблиці 5.1

Вказівні знаки	Квадрат або прямокутник 	Синій	Дозвіл. Вказівка. Напис або інформація
-------------------	--	-------	---

Отже, знаки безпеки на підприємствах відіграють важливу роль, однак вони разом із сигнальною розміткою при експлуатації не повинні завдавати ушкоджень здоров'ю працівників, обладнанню, внутрішньозаводському транспорту у випадках падіння або наїзду та забезпечують безпеку працівників під час виконання різноманітних виробничих процесів.

5.2 Вимоги безпеки праці під час виготовлення освітлювального стовпця

Виготовлення заготовок та конструкції освітлювального стовпця в цілому відбувається на робочих місцях, тому основна увага приділяється вимогам безпеки праці під час техпроцесів.

Організація, облаштування та оснащення робочих місць для зварювання мають відповідати ДСТУ 2456-94 [14, с.125].

Робочі місця для виконання зварювальних робіт можуть бути стаціонарними, нестаціонарними, постійними і непостійними (тимчасовими).

Стаціонарні місця для працюючих в сидячому положенні повинні бути укомплектовані робочими кріслами з регульованими параметрами згідно з ДСТУ 7234:2011 [14, с.126]. Сидіння і спинка крісла повинні бути виконані з негорючих матеріалів, які легко очищуються, з низьким коефіцієнтом теплопровідності.

Постійні робочі місця, які живляться електричною енергією від багатопостових джерел повинні бути обладнані щитками з сигнальною лампою, що показує зварнику на наявність або відсутність напруги у

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

зварювальному ланцюгу [14, с.126].

Під час виконання зварювальних робіт в одному приміщенні з іншими роботами необхідно вживати заходи, що виключають можливість впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працюючих.

Зварювання відкритою дугою виробів малих і середніх розмірів у стаціонарних умовах повинно провадитись у спеціально обладнаних кабінках. Кабіни мають бути з відкритим верхом, а між стінками kabіни та підлогою належить залишати зазор не менший 50 мм, при зварюванні в середовищі захисних газів – не менше 300 мм. Вільна площа в кабіні на один зварювальний пост повинна складати не менше 3 м² [14, с.126].

Кабіна на два і більше постів, а також робочі місця на поточно-конвеєрних лініях повинні бути розділеними захисними ширмами, що захищають зварників від випромінювання дуги, бризок розплавленого металу та забезпечують достатній простір кожному працюючому.

Розташування обладнання належить провадити таким чином, щоб ширина проходів складала [14, с.126]:

- між стіною будинку та обладнанням – не менш 0,5 м;
- між стаціонарними джерелами живлення – не менш 0,8 м;
- між стаціонарним та багатопостовими джерелами живлення електрошлакового зварювання, а також рухомими механізмами та деталями, що переміщуються – не менш 1,5 м;
- між обладнанням та місцями складування – не менш 1,0 м.

Обладнання для контактного зварювання необхідно встановлювати як в окремих, так і в спільних виробничих приміщеннях. Ширина проходів між контактними машинами повинна бути [14, с.126]:

- при розташуванні робочих місць одне проти одного – не менше 3 м;
- при розміщенні машин тильними боками один до одного – не менше 1м;
- при розміщенні машин передніми і тильними боками одна до одної –

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

не менше 1,5 м.

Стаціонарні робочі місця, пости та стенди для тих способів зварювання, які супроводжуються виділенням у повітря робочої зони аерозолів і газів, належить обладнати пристроями місцевої витяжної вентиляції та атестувати їх на відповідність нормам ГДК.

Під час виконання зварювальних робіт на відкритому повітрі над обладнанням та зварювальними постами повинні бути споруджені навіси з негорючих матеріалів. За відсутності навісів роботи по зварюванню під час атмосферних опадів проводити забороняється [14, с.127].

Зварювальні роботи у замкненому або обмеженому просторі повинні провадитись під контролем двох спостерігачів з кваліфікаційною групою з безпеки праці не нижче II, яким належить знаходитись ззовні. Зварник повинен мати запобіжний пояс з канатом, кінець якого знаходиться у спостерігачів.

Робочі місця, розташовані вище 1,3 м від рівня землі або суцільного покриття повинні бути оснащені огорожами висотою не менш 1,1 м. Для виконання зварювальних робіт на висоті більше 5 м слід установлювати риштування (площадки) з неспалимих матеріалів. Працюючі зобов'язані користуватись вогнестійкими запобіжними поясами та страхувальними фалами з карабінами, а також спеціальними сумками для інструменту та збирання недогарків електродів [14, с.127].

Не допускається проведення зварювальних робіт без вживання заходів, що виключають можливість пожежі як під час зварювання, так і після закінчення.

Отже, основною вимогою технологічного процесу зварювання освітлювального стовпця є дотримання та виконання рекомендацій, що стосуються безпеки праці на виробництві, а також забезпечить безпеку працівників.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ВИСНОВКИ

Існуючий технологічний процес виготовлення освітлювального стовпця характеризується рядом недоліків, зокрема:

- 1) застосування малоефективного методу – ручного дугового зварювання, що знижує продуктивність;
- 2) використання морально застарілого зварювального обладнання, яке не відповідає сучасним вимогам;
- 3) використання ручних гвинтових притискачів у складанні, що спричиняє значні витрати часу на фіксацію елементів конструкції.

Тому для усунення наявних недоліків, у кваліфікаційній роботі запропоновано реалізувати такі заходи:

- 1) оснастити виробництво сучасним зварювальним обладнанням, що забезпечить вищу продуктивність і якість;
- 2) впровадити автоматизовані установки для зварювання кільцевих швів, що дозволить зменшити трудомісткість процесу;
- 3) замінити ручні гвинтові затискачі у складальному кондукторі на пневматичні, що значно скоротить час на фіксацію елементів.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь 3сп. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/> (дата звернення: 21.05.2026).

2. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.

3. 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-elektrichnogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).

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: 25.05.2026).

5. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.

6. КП 019 Semi-automatic welder. Semi-automatic welders for arc welding: веб-сайт. URL: <https://kzes.com/products/welding-equipment/mechanizmy-podachi-provoloki/> (дата звернення: 25.05.2026).

7. Пальник ГДПГ-305М. Стандарт прилад: веб-сайт. URL: <https://standart-pribor.com.ua/product/gorelka-gdpg-305m/> (дата звернення: 25.05.2026).

8. Відрізний стрічковий верстат Pilana PMS 330/460 AD. Відрізні верстати по металу: веб-сайт. URL: https://asbest.novam.com/catalog/metallООbrabatyvajushhee-oborudovanie/otreznyie-stanki-po-metallu/lentochnopilnye_stanki/lentochnopilnye-avtomaticheskie-

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

stanki/avtomaticheskiiy-lentochnopilnyi-stanok-pms-330-460-ad/

(дата

звернення: 25.05.2026).

9. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

10. Установка АС391 для зварювання освітлювальних опор. Установки для дугового зварювання: веб-сайт. URL: <https://www.navko-teh.kiev.ua/publikatsii/92-ustanovka-as391-dlia-zvariuvannia-osvitliuvalnykh-opor> (дата звернення: 03.06.2026).

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

12. ДСТУ ISO 3864-1:2005 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки.

13. Охорона праці та цивільний захист: підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / Левченко О.Г., Полукаров О.І., Зацарний В.В., Полукаров Ю.О., Землянська О.В.; за ред. О.Г. Левченка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

14. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 181 с.

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

ДОДАТКИ

					КР.422.13.00.00.000.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		