

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
вузлів козлового крана

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

Руслан ЧУБАК

Керівник

Микола СТАШКІВ

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

ЧУБАКУ Руслану Володимировичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
вузлів козлового крана

Керівник роботи СТАШКІВ Микола Ярославович
(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 Вимоги техніки безпеки щодо розташування виробничого обладнання

5.2 Безпека праці під час виготовлення вузлів козлового крана

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес вузлів козлового крана – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення несучої балки козлового крана – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення зварювального стану – 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)

Руслан ЧУБАК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Микола СТАШКІВ

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення вузлів козлового крана 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 gantry crane units 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	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	10
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	13
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	13
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	15
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	15
1.3.4 Вимоги до складання	16
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	17
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	25
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	32
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	37
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	38
2.6.1 Заготівельні операції	39
2.6.2 Складальні операції	41
2.6.3 Складально-зварювальні операції	41

					<i>КР.422.32.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чудак				Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення вузлів козлового крана Пояснювальна записка		Літ.	Арк.
Перевір.	Сташків							4
Реценз.								81
Н. Контр.	Залуцька						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск	
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	42
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	42
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	43
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	43
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	47
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	47
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	50
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	53
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	53
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	59
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	62
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	63
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	69
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	70
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	71
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	74
5.1	Вимоги техніки безпеки щодо розташування виробничого						
	обладнання	.	.	.	.	.	74
5.2	Безпека праці під час виготовлення вузлів козлового крана	.	.	.	.	.	75
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	78
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	79
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	81

ВСТУП

Розвиток зварювальної науки і техніки є одним із ключових чинників науково-технічного прогресу. Це зумовлено тим, що зварювання металів стало провідним технологічним процесом у виробництві конструкцій найрізноманітнішого призначення. Без його застосування неможливо уявити сучасне машинобудування, суднобудування, авіаційну промисловість, будівництво та інші галузі важкої і високотехнологічної індустрії.

Сучасне зварювальне виробництво активно впроваджує заходи, спрямовані на підвищення ефективності та вдосконалення технологічних процесів. Зростання рівня механізації та автоматизації, покращення якості продукції, а також широке використання науково-технічних досягнень у народному господарстві – усе це сприяє динамічному розвитку галузі та її відповідності сучасним вимогам.

Залежно від виробничих умов, властивостей зварюваних матеріалів і вимог до якості з'єднань, у сучасній промисловості застосовується понад п'ятдесят різновидів зварювання. Така технологічна різноманітність зумовлює велику кількість варіантів компонування та конструкцій зварювального обладнання, що значно перевищує аналогічні показники для металорізальних верстатів і ковальсько-пресових машин.

Активний розвиток зварювального виробництва, впровадження нових методів механізованого зварювання та наплавлення зумовлюють необхідність створення сучасного обладнання і його постійного вдосконалення. Це забезпечує ефективне застосування всіх існуючих способів зварювання в промисловості. На сьогодні зварювальне виробництво є однією з провідних галузей техніки, що відіграє ключову роль у багатьох сферах народного господарства. Широко використовуються високопродуктивні та економічно доцільні технології – зварювання, наплавлення, паяння, термічне різання та металізація, – які дозволяють ефективно обробляти конструкційні матеріали з товщиною від кількох мікрометрів до кількох метрів.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасний рівень розвитку зварювальної техніки створює міцне підґрунтя для подальшого зростання продуктивності праці, раціонального використання матеріалів і енергоносіїв у народному господарстві. Це також сприяє підвищенню якості зварних виробів і зниженню їх собівартості.

Нова техніка, що розробляється, має відповідати не лише високим технічним вимогам, а й бути економічно обґрунтованою. Кожен її елемент повинен мати чітко визначену оцінку ефективності на всіх етапах – від проектування до експлуатації. При цьому усі науково-технічні рішення мають прийматися з урахуванням економічної доцільності.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Об'єктом розробки є вузли козлового крана, загальне зображення конструкції наведено на рисунку 1.1.

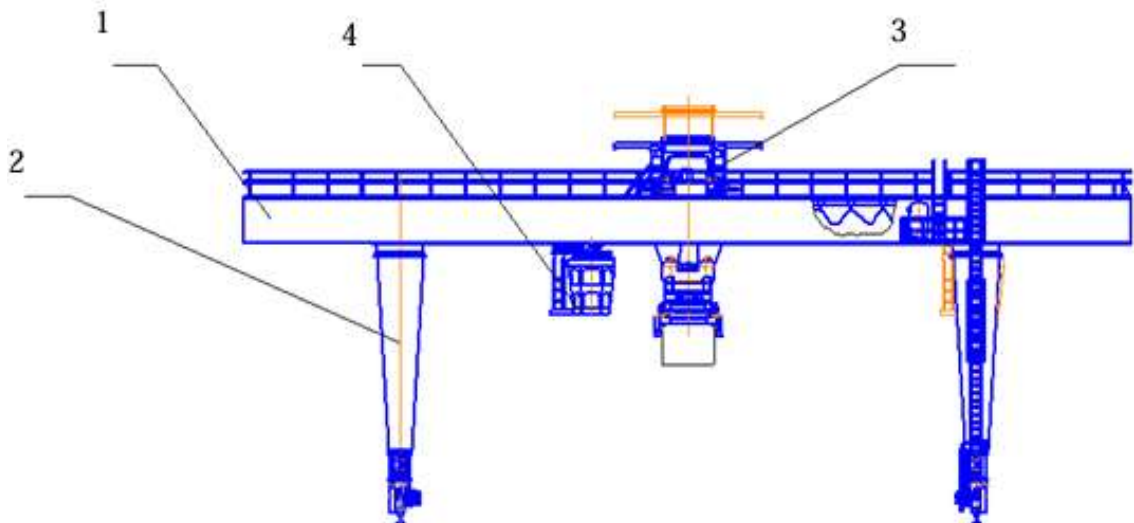


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд козлового крана

1 – головна балка спарена, 2 – опора, 3 – вантажний візок, 4 – кабіна оператора

Конструкція виробу включає спарену головну балку (поз. 1 на рисунку 1.1), яка встановлюється на чотирьох опорах (поз. 2). Переміщення вантажів здійснюється вантажним візком (поз. 3), а керування козовим краном виконує оператор із кабіни (поз. 4).

Виріб призначений для виконання навантажувально-розвантажувальних операцій з можливістю компактного розміщення продукції на відкритому складському майданчику під головною балкою.

У межах цієї роботи буде розроблено технологічний процес виготовлення головної спареної балки та опор для козлового крана. Це

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

дозволить забезпечити оптимальні умови виробництва, високу якість зварних з'єднань і відповідність конструкції технічним вимогам.

Козловий кран має вантажопідйомність 32 тони, а довжина його головної спареної балки становить 25 метрів. Балка виконана у вигляді коробчастої конструкції з листової сталі товщиною 20 мм, що забезпечує її жорсткість і міцність. Опори крана виготовляються з листової сталі товщиною 16 мм і мають Н-подібний переріз, що сприяє рівномірному розподілу навантаження та стійкості всієї конструкції.

Вантажний візок є складною просторовою конструкцією, виготовленою з листового та сортового прокату. До його корпусу закріплюються тельфер і кабіна оператора, що забезпечує керування переміщенням вантажів. Матеріалом для виготовлення візка слугує маловуглецева конструкційна сталь звичайної якості марки Ст3сп.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Основними технічними вимогами, які ставляться до зварних виробів і конструкцій є наступні:

1. Відповідність форми, розмірів і розташування швів кресленням та технічним умовам. Допустимі відхилення не повинні перевищувати норм, встановлених стандартами.

2. Відсутність зовнішніх дефектів: тріщин, пористості, підрізів, пропалів, напливів, непровару кореня. Гладка поверхня шва без окалини, бризок і забруднень.

3. Міцність, пластичність і ударна в'язкість шва повинні бути не нижчими за властивості основного металу. Відсутність внутрішніх напружень, що можуть спричинити деформації.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Використання зварювальних матеріалів з низьким вмістом вуглецю, сірки та фосфору. Деталі мають бути відріхтовані, очищені від іржі, мастила, вологи та бруду.

5. Дотримання режимів зварювання, що забезпечують дрібнозернисту структуру металу. Вільний доступ до місця зварювання для якісного виконання робіт. Прихоплення – лише в місцях, передбачених технологічним процесом.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Матеріалом виробу є конструкційна маловуглецева сталь звичайної якості марки СтЗсп. Вона постачається з гарантованими хімічними та механічними характеристиками відповідно до стандартних вимог, з обмеженим вмістом вуглецю, фосфору та сірки, що забезпечує її придатність для зварювання. Сталь СтЗсп широко використовується у виробництві відповідальних зварних конструкцій. Хімічний склад і механічні властивості цього матеріалу наведено в 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	0,40-0,65	0,12-0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі СтЗсп [1]

Стан постачання	Поперечний переріз, мм ²	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5 , %
		МПа		
		не менше		
Прокат гарячекатаний		245	370-480	26

Зварюваність – це комплексна властивість металу, яка визначає його здатність реагувати на фізико-хімічні впливи під час зварювання та формувати зварне з'єднання, що відповідає встановленим експлуатаційним вимогам.

Основні критерії зварюваності металів включають такі характеристики:

- окислюваність металу при зварюванні, яка залежить від його хімічної активності;
- опір до утворення гарячих тріщин і тріщин при наступних нагріваннях;
- опір утворенню холодних тріщин і вповільненому руйнуванню;
- чутливість металу до теплового впливу зварювання;
- відповідність властивостей зварного з'єднання експлуатаційним вимогам; до таких властивостей відносяться: міцність, пластичність, в'язкість, жорсткість та інші [2].

Механічні властивості металу шва та зварного з'єднання безпосередньо залежать від його структури, яка формується під впливом ряду факторів. До них належать: хімічний склад матеріалу, параметри режиму зварювання, а також попередня і наступна термічна обробка.

Сталь СтЗсп належить до добре зварюваних конструкційних матеріалів, що пояснюється її хімічним складом. Вуглець – у кількості до 0,22% забезпечує добру зварюваність, оскільки не спричиняє надмірної жорсткості чи схильності до тріщиноутворення. Марганець (до 0,65%) – сприяє загартованості сталі, не погіршуючи її зварюваність. Кремній (0,12–0,3%) – не має негативного впливу на процес зварювання. Фосфор і сірка – шкідливі домішки, що викликають крихкість при високих температурах і сприяють утворенню тріщин, тому їх вміст має бути мінімальним. Хром – підвищує твердість і міцність сталі, не знижуючи її здатність до зварювання. Нікель (до 0,3%) – покращує пластичність і міцність, не погіршуючи зварюваність. Мідь (до 0,3%) – підвищує корозійну стійкість сталі, не впливаючи негативно на її зварювальні властивості.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Різні хімічні елементи по-різному впливають на зварюваність сталі, тому для оцінки їх сумарного впливу використовується поняття еквіваленту вуглецю [2]:

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

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

Підставивши значення будемо мати:

$$C_{\text{екв}} = 0.22 + \frac{0.65}{6} + \frac{0.30}{24} + \frac{0.30}{10} + \frac{0.30}{5} + \frac{0.30}{15} = 0.44 \quad \%$$

Таким чином, еквівалент вуглецю для сталі СтЗсп становить 0,44%, що менше за критичне значення 0,45%. Це свідчить про її добру зварюваність. Матеріал можна зварювати без попереднього підігріву та без підігріву в процесі зварювання, що спрощує технологію та знижує витрати. Термічна обробка після зварювання, як правило, не потрібна, за винятком окремих випадків, передбачених технічними умовами (ТУ).

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі СтЗсп незначно відрізняється від складу основного металу. Основна відмінність полягає у зниженому вмісті вуглецю в зоні шва, що дозволяє запобігти утворенню гартівних структур при високих швидкостях охолодження. Зменшення міцності металу шва, яке може виникнути через зниження вуглецю, компенсується легуванням зварювального металу марганцем і кремнієм, що надходять із зварювального дроту.

Отже, хімічний склад металу шва визначається співвідношенням основного та присадного металів, а також їх взаємодією з газовою фазою під час зварювання. Ці фактори впливають на формування структури шва, його механічні властивості та експлуатаційну надійність. Підвищені швидкості охолодження сприяють зростанню міцності металу шва, однак водночас

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

знижують його пластичність і ударну в'язкість. Це явище пов'язане зі зміною кількісного складу та морфології перлітної фази. Критична температура переходу металу одношарового шва практично не залежить від швидкості охолодження. Швидкість охолодження металу шва, визначається товщиною зварюваного металу, режимів зварювання і початковою температурою виробу [2].

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріали та напівфабрикати, що використовуються у виробництві, повинні відповідати вимогам Державних стандартів (ДСТУ) та технічних умов (ТУ) щодо хімічного складу і механічних властивостей.

Якість та характеристики матеріалів повинні бути підтверджені виробником шляхом надання відповідних сертифікатів якості. У разі відсутності таких сертифікатів, інформація про придатність і відповідність матеріалу вимогам подається заводською лабораторією.

Сталеві листи, що використовуються у виробництві, повинні бути візуально та технічно придатними до обробки. Вони не повинні містити хвилястості, заусениць, тріщин чи інших дефектів, які можуть негативно вплинути на експлуатаційну надійність конструкції.

Матеріали, що застосовуються для виготовлення металоконструкцій, повинні відповідати вимогам чинних стандартів або технічних умов. Якість матеріалів має бути підтверджена товаросупровідною документацією підприємства-постачальника. У разі її відсутності – відповідність встановлюється на основі результатів лабораторних випробувань, проведених на підприємстві-споживачі. Прокат, що надходить на оброблення, підлягає обов'язковому огляду, очищенню від бруду та іржі, а також виправленню геометричних дефектів. Допускається наявність шару окалини та поверхневої

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

іржі, за умови, що вони не перешкоджають виявленню дефектів поверхні. Крім того, основний матеріал має бути стійким до міжкристалічної корозії.

Під час виготовлення даної конструкції як допоміжні матеріали використовуються зварювальний дріт, флюс і захисний газ. Для забезпечення стабільної якості зварних з'єднань, зварювальні матеріали повинні зберігатися в сухих, чистих приміщеннях, де виключається можливість їх забруднення, механічного пошкодження та зволоження.

Зварювальний дріт, що використовується при виготовленні конструкції, повинен відповідати таким вимогам:

- хімічний склад наплавленого металу має бути максимально наближеним до складу основного металу, а його механічні властивості повинні забезпечувати рівномірність зварного шва з основним матеріалом;
- у складі дроту повинні бути присутні елементи-розкислювачі, зокрема кремній (Si) і марганець (Mn), які пригнічують реакцію окислення вуглецю під час кристалізації металу шва у зварювальній ванні;
- перед використанням дріт необхідно очистити від іржі, мастила та інших забруднень;
- для захисту від корозії поверхня зварювального дроту має бути обмідненою та покритою спеціальним мастильним складом.

На всі використовувані матеріали – як основні, так і допоміжні – повинна бути наявна сертифікація.

Захисний газ, що використовується під час зварювання, має відповідати таким вимогам:

- його хімічний склад повинен відповідати нормам, встановленим ДСТУ або ТУ;
- вміст вологи не повинен перевищувати допустимі значення;
- має забезпечувати ефективний захист розплавленого металу від атмосферного впливу;
- повинен мінімізувати ризик утворення пор у зварному шві;

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- сприяти високій продуктивності зварювального процесу [3, с. 244].

У разі виявлення відхилень властивостей матеріалів або напівфабрикатів від паспортних даних під час виготовлення зварної конструкції, відділ технічного контролю має право проводити додаткові випробування вхідної продукції.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Несуча здатність та економічність зварної конструкції значною мірою залежать від точності підготовки деталей до зварювання, чистоти їх поверхонь і якості складання.

На етапах проектування та виготовлення виробу необхідно забезпечити збереження його геометричних розмірів. Це досягається шляхом дотримання таких вимог:

- проектування конструкції з урахуванням технологічних особливостей виробництва;
- контроль допусків при виготовленні заготовок і під час їх складання;
- точна підготовка кромки до зварювання відповідно до заданих форм і розмірних допусків;
- дотримання технології зварювання з метою мінімізації внутрішніх напружень і деформацій.

Однією з ключових вимог технічних умов до проектування конструкції є забезпечення достатньої жорсткості під дією експлуатаційних навантажень.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Характер зовнішнього вигляду та стан поверхні зварного шва залежить як від обраного способу зварювання, так і від просторового положення, в якому виконується процес.

До зварних з'єднань висуваються такі основні вимоги:

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- точне дотримання форми та розмірів швів відповідно до технічних умов і креслень;
- застосування зварювальних матеріалів зі зниженим вмістом вуглецю, що дозволяє уникнути утворення тріщин і забезпечити належні механічні властивості металу шва, наближені до характеристик основного металу;
- забезпечення умов, які сприяють формуванню дрібнозернистої структури при первинній кристалізації;
- контроль вмісту фосфору та обмеження кількості сірки в основному і зварювальному матеріалі;
- вибір режимів зварювання, що мінімізують внутрішні напруження.

1.3.4 Вимоги до складання

Якість зварних з'єднань значною мірою залежить від точності та правильності складання деталей перед зварюванням.

Під час визначення базових розмірів складально-зварювальних пристроїв, установок і стендів слід обов'язково враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання вузла.

Усі деталі, що надходять на складання перед зварюванням, повинні бути попередньо відрихтовані. Допустимі відхилення по площинності та прямолінійності не мають перевищувати 3 мм на 1 погонний метр, якщо на кресленнях не зазначено більш жорстких вимог. Поверхні, що з'єднуються зварюванням, повинні бути чистими – без слідів мастила, іржі, окалини, бруду чи вологи.

До зварювання не допускаються деталі, що пройшли термічне гартування, цементацію або окисдування.

Складання деталей перед зварюванням необхідно виконувати у спеціально призначених складально-зварювальних пристосуваннях.

Методи складання вузлів козлового крана перед зварюванням повинні гарантувати точне взаємне розташування спряжених елементів, а також

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечувати вільний доступ до зон зварювання відповідно до встановленої технологічної послідовності.

Форма кромок і зазори між ними при підготовці до зварювання повинні відповідати вимогам креслень та чинних стандартів на зварні з'єднання. Під час напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу прихоплення слід виконувати виключно у визначених технологічним процесом місцях і в заданій послідовності.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість продукції – це комплекс характеристик, які визначають її здатність задовольняти конкретні потреби відповідно до функціонального призначення.

Під час розробки технологічного процесу слід керуватися вимогами забезпечення високої якості зварних з'єднань, мінімізації поперечного перерізу швів та звуження біляшовної зони. Досягнення необхідного рівня якості можливе лише за умови вільного доступу до зони зварювання.

Якщо в зварному з'єднанні виявлено дефекти, допустимі без виправлення, їх загальна протяжність не повинна перевищувати 15% від загальної довжини шва.

У зварних з'єднаннях неприпустиме виникнення таких зовнішніх дефектів:

- тріщини як у самому шві, так і в зоні термічного впливу;
- пористість на зовнішній поверхні шва;
- пропалення, підрізання, напливання і можливий непровар кореня шва.

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

Технологічний процес виготовлення вузлів козлового крана має низку недоліків, що впливають на продуктивність і якість:

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використовується застаріле зварювальне обладнання, яке не забезпечує належної ефективності;

- багатопохідне автоматичне зварювання під флюсом при виконанні протяжних швів значно знижує темпи виробництва. Цей недолік можна усунути шляхом оптимізації режимів і застосування потужнішого устаткування, що дозволяє проводити зварювання в один прохід із попереднім підварюванням кореня шва;

- при зварюванні в середовищі вуглекислого газу виникає розбризкування металу, особливо під час приварювання ребер жорсткості та коротких швів. Для зменшення розбризкування доцільно використовувати газові суміші, які стабілізують дугу;

- обмежене застосування механізованих затискачів у складально-зварювальних роботах знижує рівень автоматизації та продуктивність праці.

Усунення виявлених недоліків дозволить скоротити час виготовлення конструкції, зменшити обсяг монотонної ручної праці та загалом підвищити рентабельність виробництва.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір оптимального способу зварювання при виготовленні вузлів козлового крана здійснюється з урахуванням комплексу техніко-економічних чинників, серед яких: вимоги до якості та надійності зварних з'єднань, довжина та просторове положення швів, зварюваність застосовуваних матеріалів, необхідний рівень продуктивності, можливість впровадження механізації та автоматизації процесу, умови безпеки та екологічної чистоти виробництва, вартість обладнання, витратних матеріалів і обслуговування.

Серед дугових методів зварювання плавким електродом найбільш поширеними є ті, що поєднують універсальність і простоту виконання. До них належать: зварювання покритим електродом, напівавтоматичне та автоматичне зварювання дротом суцільного перерізу в середовищі вуглекислого газу або його сумішей, зварювання під флюсом і застосування порошкового дроту.

Автоматичне дугове зварювання плавким електродом вирізняється високою продуктивністю та якістю з'єднань, значно перевершуючи ручне зварювання покритим електродом і напівавтоматичні методи з використанням суцільного дроту. Це досягається завдяки можливості роботи на підвищених режимах, зокрема за рахунок збільшеного зварювального струму, а також стабільному процесу плавлення та формування шва, який виконується автоматично. Однак масштабне впровадження автоматичного зварювання обмежується низкою факторів, серед яких: недостатня універсальність методів і складність конструкцій, що потребують адаптації, неможливість якісного виконання швів у важкодоступних місцях або при складній геометрії з'єднань, потреба у спеціалізованих робочих місцях та оснащенні додатковим обладнанням, відносно високі витрати на закупівлю, монтаж і обслуговування технічних засобів.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

У процесі виготовлення вузлів козлового крана доцільно застосовувати автоматичне дугове зварювання під шаром флюсу, оскільки воно забезпечує високу якість з'єднань і продуктивність при виконанні протяжних швів у нижньому положенні.

У випадках, коли зварювання під шаром флюсу неможливе або недоцільне, перевагу надають методам зварювання в середовищі захисних газів.

Приварювання ребер жорсткості, виконання прихоплень, коротких швів у різних просторових положеннях, а також проварювання кореня шва доцільно здійснювати напівавтоматичним зварюванням у захисних газах.

Зварювання в середовищі захисного газу може здійснюватися як із застосуванням неплавкого електрода (наприклад, вольфрамового), так і плавкого – суцільного або порошкового дроту.

До основних переваг зварювання неплавким електродом належать:

- стабільність дуги, яка зберігається незалежно від типу струму чи його полярності;
- контроль над складом металу шва – можливість варіювати частку участі основного металу від 0% до 100%;
- гнучке регулювання параметрів зварювання: зміна швидкості подачі, кута нахилу, профілю та марки присадного дроту дозволяє точно налаштовувати хімічний склад і геометрію шва.

До недоліків зварювання неплавким електродом належать такі особливості:

- низький коефіцієнт корисної дії – ефективність використання електроенергії становить лише 40–55%;
- потреба у спеціальних пристроях для ініціювання дуги, що ускладнює обладнання;
- інтенсивне охолодження зварного з'єднання.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювання неплавким електродом застосовується у випадках, коли необхідна висока точність і якість з'єднань. Цей метод ефективний для: зварювання тонколистових матеріалів, обробки сталей усіх класів, з'єднання кольорових металів та їх сплавів, отримання якісних швів при зварюванні різномірних металів, де важливо уникнути змішування структур і забезпечити чистоту з'єднання.

Переваги зварювання плавким електродом (MIG/MAG):

- висока продуктивність у порівнянні з ручним дуговим зварюванням покритими електродами;
- відсутність втрат на недогарки та економія часу завдяки безперервній подачі дроту;
- надійний захист зони зварювання завдяки стабільному газовому середовищу;
- мала чутливість до утворення оксидів, що покращує якість шва;
- відсутність шлакової кірки, що спрощує обробку після зварювання;
- можливість роботи у всіх просторових положеннях, включаючи вертикальні та стельові.

Недоліки методу:

- втрати електродного металу через чад і розбризкування;
- інтенсивне світлове випромінювання дуги, що потребує додаткового захисту;
- обмеження по струму, які можуть впливати на глибину провару;
- зварювання можливе лише на постійному струмі, що обмежує гнучкість застосування.

Зварювання в середовищі захисних газів придатне для з'єднання металів різної товщини – від тонколистових до масивних конструкцій. У деяких випадках, при роботі з товстими деталями, цей метод може ефективно конкурувати з електрошлаковим зварюванням. Завдяки високій концентрації

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

теплоти в зоні дуги, зменшується ширина термічного впливу, що сприяє збереженню властивостей основного металу.

Для виконання коротких швів доцільно застосовувати електродугове напіваавтоматичне зварювання плавким електродом у середовищі вуглекислого газу. Цей метод обрано з огляду на його здатність забезпечити високу продуктивність та знизити ризик перегріву основного металу, що особливо важливо при роботі з тонкими або відповідальними елементами конструкції. Серед ключових переваг цього способу: висока концентрація тепла дуги, що дозволяє обмежити зону структурних змін і зменшити деформації виробу, механізована подача дроту, яка підвищує темпи зварювання та знижує трудомісткість процесу і надійний захист зварювальної ванни, що сприяє формуванню якісного шва без оксидів і включень.

Заміна ручного зварювання покритими електродами на зварювання в середовищі захисних газів зумовлена низкою переваг, серед яких: вища продуктивність процесу, покращені умови праці для зварювальників, зменшені вимоги до рівня кваліфікації персоналу.

Схематичне зображення автоматичного зварювання плавким електродом в середовищі вуглекислого газу показано на рисунку 2.1

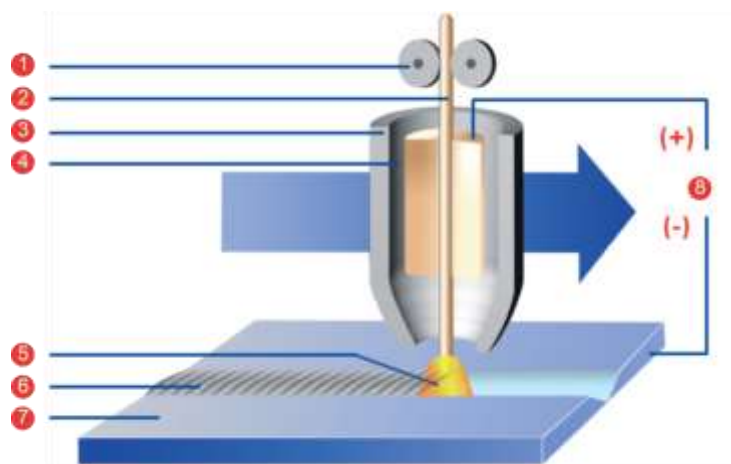


Рисунок 2.1 - Схема напіваавтоматичного зварювання в захисному газі

1 – подавальний механізм, 2 – дріт, 3 – сопло, 4 – мундштук, 5 – зварювальна дуга, 6 – зварний шов, 7 – деталі, 8 – клеми

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Для зварювання вузлів козлового крана застосовуються два методи: автоматичне під флюсом і механізоване зварювання у вуглекислому газі.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Зварювальні матеріали включають: зварювальний дріт, порошковий дріт, присаджувальний пруток, флюси, а також захисні гази — як активні, так і інертні.

Зварювальні матеріали мають забезпечувати відповідні геометричні параметри та властивості шва, сприятливі умови для виконання процесу, високу продуктивність і економічність, а також відповідати санітарно-гігієнічним вимогам під час їх виготовлення та застосування.

Для автоматичного зварювання під флюсом обрано дріт Св-08ГА, призначений для роботи з маловуглецевими та низьколегованими сталями. Його вибір обґрунтований відповідністю хімічному складу матеріалу виробу та здатністю забезпечити необхідні механічні властивості зварного шва. Хімічний склад Св-08ГА наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08ГА [4, с. 193]

Вміст, %						
С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
не більше						
0,1	0,8-0,11	0,06	0,1	0,25	0,025	0,03

Як зварювальний флюс обрано АН-348А, призначений для роботи з маловуглецевими та низьколегованими сталями. Він забезпечує ефективний захист розплавленого металу та сприяє формуванню шва з високою міцністю і ударною в'язкістю при низьких температурах. Хімічний склад флюсу наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Хімічний склад флюсу АН-348А [4, с. 204]

Вміст елементів, %									
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+ Na ₂ O	S	P
28-32	14-18	13-18	6,5-10,5	9-13	9-13	2,0	1-2	0,05	0,05

Зварювання в середовищі вуглекислого газу передбачає використання електродного дроту з підвищеним вмістом розкислювальних елементів. Для маловуглецевих сталей широко застосовується кремне-марганцевий дріт, зокрема Св-08Г2С, який містить значну кількість марганцю та кремнію. Ці компоненти сприяють ефективному розкисленню шва, покращуючи його механічні властивості та забезпечуючи високу стійкість до кристалізаційних тріщин і пор.

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С представлений у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [4, 193]

Марка дроту	Вміст, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,06-0,11	1,80-2,10	0,70-0,95	0,20	0,25	0,025	0,030

Вуглекислий газ є безпечним для використання – він нетоксичний і не вибухонебезпечний. Його застосування забезпечує ефективний захист зони зварювання від взаємодії з воднем і запобігає азотуванню металу шва. Сприятливі теплофізичні властивості газу позитивно впливають на стабільність горіння дуги. Серед переваг – низька вартість, а також можливість візуального контролю процесу з подальшим коригуванням режимів за потреби.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Під час визначення режиму зварювання важливо забезпечити відповідність швів заданим розмірам, формі та якості. Тому доцільніше не обирати параметри довільно, а здійснювати їх розрахунок.

Розрахунок типових зварних швів, що наведені на рисунках 2.2 та 2.3 і які застосовуються при виготовленні вузлів козлового крана, виконаємо за методикою [5].

Режими механізованого зварювання в середовищі вуглекислого газу розраховуються для таврового з'єднання типу ТЗ товщиною 16 мм. Процес виконується в нижньому положенні з використанням похиленого дроту марки Св-08Г2С.

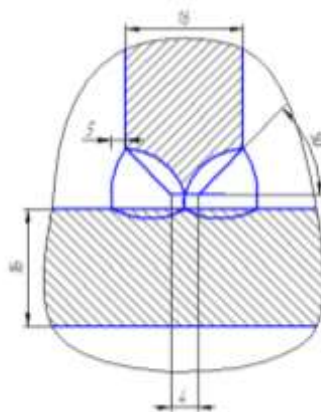


Рисунок 2.2 – Конструктивні розміри шва ТЗ

В залежності від товщини листа вибираємо діаметр дроту з таблиці 2.4:
 $d_e=2\text{мм}$.

Таблиця 2.4 – Залежність діаметру дроту від товщини листа

Товщина листа, мм	1 – 2	3 – 6	6 – 24 і більше
Діаметр електродного дроту d_e , мм	0,8 – 1,0	1,2 – 1,6	2,0

Розрахунок сили струму проводимо за формулою:

$$I_{зв} = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot \alpha}{4}, \quad (2.1)$$

де α - густина струму, $\alpha = 110-130 \text{ А/мм}^2$.

Таблиця 2.5 – Залежність напруги від сили струму

Сила зварювального струму, А	50–60	90–100	150–160	220–240	280–300	360–380	430–450
Напруга дуги, В	17–28	19–20	21–22	25–27	28–30	30–32	32–34
Витрата газу, л/хв	8–10	8–10	9–10	15–16	15–16	18–20	18–20

Підставивши вихідні дані у формулу 2.1, обчислимо:

$$I_{зв} = \frac{3,14 \cdot 2^2 \cdot 120}{4} = 380 \text{ А.}$$

Напруга на дузі вибирається із таблиці 2.5, $U_d = 32 \text{ В}$.

Швидкість подачі електродного дроту, м/год, розраховується по формулі (2.2):

$$V_{пд} = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \rho}, \quad (2.2)$$

де α_p - коефіцієнт розплавлення дроту, г/А· год ;

ρ - густина металу електродного дроту, г/см³ (для сталі $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$).

Значення α_p розраховується по формулі:

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{I_{зв}}{d_e}, \quad (2.3)$$

Підставивши вихідні дані отримаємо у формулу 2.3, отримаємо:

$$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \cdot \frac{380}{2} = 18,2 \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot \text{год.}$$

Підставивши вихідні дані у формулу 2.2, отримаємо:

$$V_{\text{пд}} = \frac{4 \cdot 18,2 \cdot 380}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7,8} = 282 \frac{\text{м}}{\text{год.}}$$

Швидкість зварювання, м/год, розраховується по формулі:

$$V_{\text{зв}} = \frac{\alpha_n \cdot I_{\text{зв}}}{100 \cdot F_n \cdot \rho}, \quad (2.4)$$

де α_n - коефіцієнт наплавлення, г/А · год.

$$\alpha_n = \alpha_p \cdot (1 - \psi), \quad (2.5)$$

де Ψ - коефіцієнт втрат металу на угар і розбризкування, при зварюванні в CO_2
 $\Psi = 0,1 - 0,15$;

F_n - площа поперечного перерізу одного валика, см^2 , при зварюванні в CO_2
приймається рівним $0,3 - 0,7 \text{ см}^2$.

$$\alpha_n = 18,2 \cdot (1 - 0,15) = 15,5 \frac{\text{г}}{\text{А}} \cdot \text{год.}$$

Підставивши вихідні дані отримаємо у формулу 2.16, отримаємо наступне:

$$V_{\text{зв}} = \frac{15,5 \cdot 380}{100 \cdot 0,5 \cdot 7,8} = 15,1 \frac{\text{м}}{\text{год.}}$$

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконаємо розрахунок кутових швів, які зварюються автоматично під шаром флюсу. До основних параметрів цього процесу належать: сила струму, напруга дуги, швидкість зварювання, діаметр дроту та швидкість його подачі в зону зварювання.

Для забезпечення високої технологічної і експлуатаційної міцності необхідно забезпечити такі умови:

- а) коефіцієнт форми провару $\varphi_{np}=1/n$ – повинен бути в межах 0,8-4;
- б) коефіцієнт підсилення шва $\varphi_b=1/g$ – не повинен бути більшим ніж 7...10.

Розрахунок параметрів режиму зварювання проводимо за типом з'єднання приведеним на рисунку 2.3

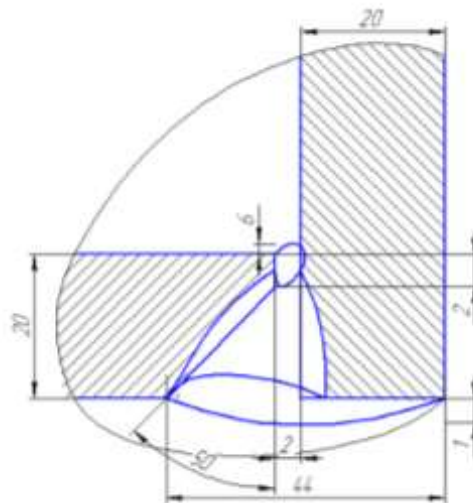


Рисунок 2.3 - Конструктивні розміри шва У7

Розрахунок режимів кутового зварного шва типу У7 при товщині листової сталі 20 мм, автоматичним зварюванням під флюсом, дротом Св-08ГА та флюсом АН-348А.

Сила струму задається з умов, що проплавлення 1 мм потребує сили струму у 80...100 А та визначається за формулою 2.6 [5]:

$$I_{зв} = 100 \cdot \frac{h}{k}, \text{ А} \quad (2.6)$$

де h - глибина проплавлення основного металу:

$$h = \frac{s}{2} \pm (1 \dots 3), \text{ мм}$$

де s – товщина основного металу;

k – коефіцієнт що враховує умови зварювання.

Цей коефіцієнт залежить від діаметра електродного дроту та полярності.
Для зворотної полярності: $d_e - k$: 1,2 – 2,1; 1,6 – 1,75; 2,0 – 1,55.

Так як діаметр електродного дроту невідомий, то його задають 1,6 мм.
Підставивши числові значення у наведені формули отримають:

$$h = \frac{20}{2} + 1 = 11 \text{ мм};$$

$$I_{зв} = 100 \cdot \frac{11}{1,55} = 700 \text{ А}.$$

Знаючи зварювальний струм перевіряють правильність встановлення діаметру електродного дроту за формулою 2.7:

$$d_e = 2 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{j \cdot \pi}}, \text{ мм} \quad (2.7)$$

де $j = 100 \text{ А/мм}^2$ густина струму.

Стійке горіння дуги досягається при густині струму 100 А/мм^2 , і вище.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$d_e = 2 \cdot \sqrt{\frac{700}{100 \cdot 3,14}} = 3 \text{ мм.}$$

Напруга дуги і всього процесу є важливим елементом режиму зварювання. З підвищенням напруги дуги збільшується загальна довжина дуги, ширина шва, зменшення висота підсилення та покращується форма шва. Але одночасно з підвищенням напруги дуги збільшуються втрати на розбризкування та окислення металу. З метою покращення провару та форми шва, невеликих втрат та розбризкування, а також високої продуктивності зварювання потрібно проводити на оптимальній напрузі дуги.

Оптимальну напругу на дузі визначають за формулою 2.8.

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{d_e}} \cdot I_{зв} \pm 1, \text{ В} \quad (2.8)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} \cdot 700 + 1 = 41 \text{ В.}$$

Швидкість зварювання має вплив на форму і розміри зварного шва. Якщо швидкість зварювання змінюється в діапазоні 15-20 м/год збільшується глибина проплавлення, підсилення шва, зменшується ширина шва. В діапазоні 20-50 м/год глибина проплавлення фактично не змінюється, ширина шва зменшується. Швидкість зварювання визначається за формулою 2.9.

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{\gamma \cdot F_n \cdot 100}, \text{ м/год} \quad (2.9)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення;

γ – густина металу $\gamma = 0,78 \text{ г/см}^3$.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площу поперечного перерізу наплавленого металу F_n , мм² визначаємо як суму площ елементарних фігур.

Коефіцієнт наплавлення визначається зварювальним струмом та діаметром електрода. Виходячи з попередньо розрахованих параметрів, за довідниковими даними встановлюємо $\alpha_n = 14$ г/А год.

Підставимо числові значення:

$$V_{зв} = \frac{14 \cdot 700}{0,78 \cdot 2,3 \cdot 100} = 54 \frac{\text{м}}{\text{год}}.$$

Швидкість подачі дроту залежить від величини зварювального струму та діаметра електродного дроту і визначається за формулою 2.10:

$$V_{п.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma}, \text{ м/год} \quad (2.10)$$

$$V_{п.д.} = \frac{4 \cdot 14 \cdot 700}{3,14 \cdot 3^2 \cdot 7,8} = 178 \frac{\text{м}}{\text{год}}.$$

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання заносимо в таблицю 2.6.

Параметри режимів зварювання, які необхідні для виготовлення вузлів козлового крана подані в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Параметри режимів зварювання вузлів козлового крана

Тип шва	Сила струму $I_{зв}$, А	Напруга на дузі U_d , В	Діаметр дроту d_e , мм	Швидкість зварювання $V_{зв}$, м/ГОД	Швидкість подачі дроту $V_{п.д.}$, м/ГОД
ТЗ	380	32	2	15,1	282
У7	700	41	3	54	178

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для виконання протяжних швів у нижньому положенні застосовується спеціалізована портална установка LK MH-1500 (див. рисунок 2.4) [6, с. 73].

Устаткування призначене для одночасного зварювання двох балкових заготовок, розміщених на стапелях. Можливе виконання стикових, кутових і напусткових швів у нижньому положенні. Установка має порталну конструкцію, що рухається по рейковому шляху. На порталі змонтовано дві зварювальні головки, пульт керування та джерела живлення.

У конструкції portalу використано двосторонній синхронний привід, керований частотним перетворювачем, що забезпечує точне регулювання робочої швидкості. На порталі розміщено дві зварювальні консолі з головками. Система рециркуляції флюсу здатна накопичувати до 50 кг матеріалу та ефективно функціонує навіть при потраплянні великих частинок відпрацьованого шлаку.

Механічна система контролю положення зварювального дроту відзначається простотою та зручністю в експлуатації. Касети для намотування здатні вміщувати до 70 кг дроту. Управління всім процесом зварювання здійснюється з єдиного пульта.

Установка оснащена механічною контактною системою стеження за кінцем електроду GZQ-1 (див. рисунок 2.5), змонтованою на консолі. Вона включає пневматичний циліндр, ковзну пластину та каретку з конічними роликами. У каретці розміщено механізм подачі дроту зі зварювальним мундштуком, а також підведено шланг для подачі флюсу.

Під час зварювання каретка фіксується на виробі, забезпечуючи точне позиціонування зварювального мундштука. Для компенсації горизонтальних відхилень використовується ковзна пластина, яка дозволяє каретці вільно переміщатися в поперечному напрямку відносно руху portalу.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

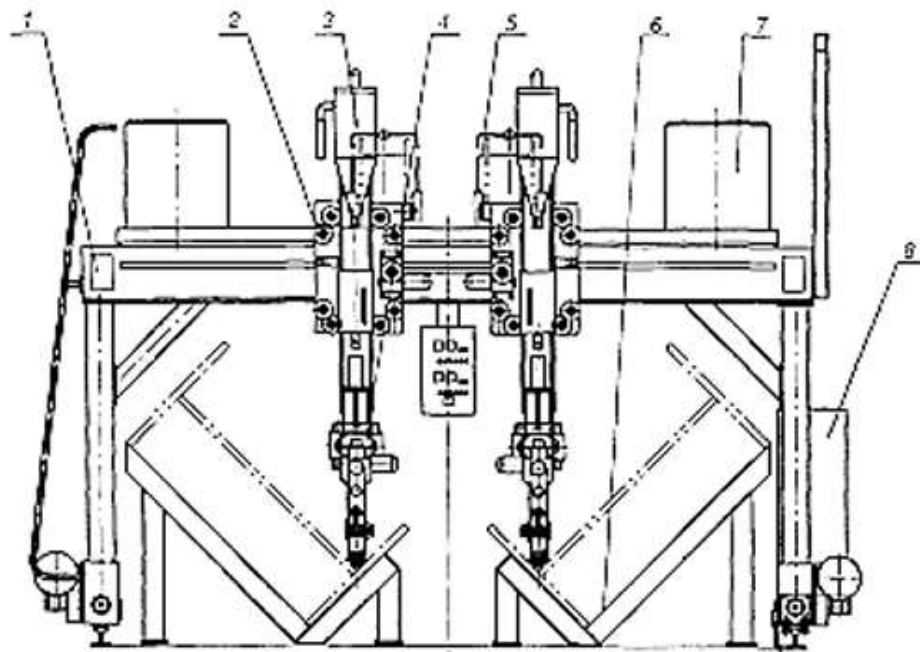


Рисунок 2.4 – Схематичне зображення спеціалізованої зварювальної установки типу LK MH-1500 [6, с. 74]

1 - портал; 2 - супорт консолі; 3 - бункер флюсовий; 4 - консоль зі зварювальною головою; 5 - котушка зварювального дроту; 6 - стапель; 7 - система рециркуляції флюсу; 8 - шафа управління



Рисунок 2.5 – Фотографічне зображення системою слідування за зварним швом типу GZQ-1 [6, с. 81]

Вертикальні відхилення компенсуються за допомогою пневматичного циліндра, який притискає каретку до виробу. Це забезпечує надійний і щільний контакт роликів каретки з поверхнею, що гарантує стабільність положення зварювального мундштука під час роботи.

В комплект установки входить [6, с. 78]:

- основна установка (портал);
- рейкові шляхи;
- пульт управління;
- дві зварювальні головки фірми LINCOLN ELECTRIC (США) типу NA-3;
- комплектуються джерелами живлення IDEALARC DC-1000;
- система рециркуляції флюсу YS-100;
- роликові кронштейни підвісу кабелів;
- електричний кабель, шланги для підключення газів довжиною ходу порталу [6, с. 78].

Технічні характеристики спеціалізованої порталної установки LK МН-1500 наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічна характеристика спеціалізованої порталної установки LK МН-1500 [6, с. 79]

Параметри	LK МН-1500
Висота балки, мм	200-1500
Ширина порталу, мм	2000
Кількість зварювальних головок, шт.	2
Система слідкування за зварним швом	механічна
Швидкість зварювання, м/хв	0,15-2,5
Споживча потужність зварювального обладнання, кВт	2х65
Тиск пневматичної системи, МПа	0,4-0,8
Вага, кг	2800

Зварювальна головка типу NA-3 призначена для виконання широкого спектра зварювальних робіт. Вона сумісна як із суцільним, так і з порошковим дротом, може працювати в середовищі захисних газів із жорсткими вольт-амперними характеристиками, а також під шаром флюсу. До складу системи входить блок керування, який забезпечує повну автоматизацію процесу. Керування режимами зварювання та переміщенням головки можливе дистанційно, зокрема при інтеграції в робототехнічні комплекси.

Технічна характеристика зварювальної головки NA-3 наведена в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічна характеристика зварювальної головки NA-3 [6, с. 91]

Діаметр електроду, мм	0,9-5,6
Виліт електроду, мм	12-127
Кут нахилу мундштука	до 30° від вертикалі
Габаритні розміри, мм	279x343x312
Вага, кг	20
Індикатор струму (напруги)	аналоговий

Idealarc DC-1000 – універсальне джерело живлення, що поєднує функції аналогового трансформатора та випрямляча, призначене для напівавтоматичного й автоматичного зварювання. Воно підтримує як жорстку, так і падаючу вольт-амперну характеристику, що дозволяє застосовувати його для зварювання суцільним або порошковим дротом, а також для автоматичного зварювання під флюсом у межах доступної потужності. Окрім цього, DC-1000 може працювати в режимі ручного дугового зварювання – як із покритим електродом, так і з неплавким електродом у середовищі інертних газів. Пристрій оснащено потенціометром плавного регулювання вихідної потужності по всьому діапазону.

Технічна характеристика джерела живлення Idealarc DC-1000 наведена в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічна характеристика джерела живлення DC-1000 [7]

Споживча напруга, В	230 / 380 / 400 / 440 / 3 фази / 60/50 Гц
Вага, кг	372
Габаритні розміри, мм	781x572x991
Діапазон регулювання сили струму (напруги), А/В	140-1250 А / (ВАХ спадаюча) 16-46 В / (ВАХ жорстка)
Зварювальна напруга / ПВ	1000 А / 44 В / 100% 1250 А / 44В / 55%
Напруга холостого ходу, В	75

Комплекс обладнання для напіваавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів складається з напіваавтоматів типу ПДГ-503 та джерела живлення ВДУ-506.

Технічні характеристики напіваавтомата ПДГ-503 наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічна характеристика напіваавтомату ПДГ-503 [8, с. 282-283]

Параметри	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	500
Діаметр електродного дроту, мм	1,2-2,0
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	120-1200
Габаритні розміри, мм	470x296x260
Маса подавального пристрою, кг	13

Використання напіваавтомата ПДГ-503 дозволяє ефективно та якісно виконувати прихоплювання під час складання деталей. Завдяки компактним

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

розмірам і невеликій вазі, пристрій зручно застосовувати в обмежених або важкодоступних зонах.

Напівавтомат комплектується випрямлячем ВДУ-506, що забезпечує стабільну роботу при зварюванні коротких швів – прихоплювань.

Технічні характеристики випрямляча наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Технічна характеристика випрямляча ВДУ-506 [8, с. 258-259]

Параметри	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	500
Номінальна робоча напруга, В	50/46
Номінальний режим роботи ТВ, %	60
Діапазон регулювання зварювального струму, А	50-500
Діапазон регулювання напруги, В	18-50 / 22-46
Напруга холостого ходу, В	50 / 40
Первинна потужність, кВ·А	40
Коефіцієнт корисної дії, %	79
Габаритні розміри, мм	820x620x1100
Маса, кг	300

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Для забезпечення високої якості продукції на виробництві впроваджується контроль на різних етапах її виготовлення:

- контроль на етапі проектування, передбачає перевірку технічної документації та оцінку зварюваності основного металу; такий контроль здійснюється у двох випадках – при виборі матеріалу для конструкції, при введенні матеріалів у виробничий процес (технологічна підготовка);

- міжопераційний контроль, проводиться під час виготовлення або після завершення окремих технологічних операцій;
- вихідний контроль, оцінюється готова продукція, на основі чого приймається рішення про її придатність і передачу споживачу;
- експлуатаційний контроль, залежно від умов експлуатації зварної конструкції, включає такі види: вихідний, профілактичний, плановий, інспекційний, періодичний та інші форми контролю.

Для контролю якості вузлів козлового крана застосовуються два основні методи:

- 1) візуально-оптичний контроль, дає змогу оцінити якість формування зварних швів, виявити зовнішні дефекти та перевірити відповідність розмірів конструкції заданим параметрам;
- 2) ультразвукова дефектоскопія, виконується за дзеркально-тіньовим методом, який дозволяє виявляти внутрішні дефекти з високою точністю.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення вузлів козлового крану включає наступні етапи:

- підготовка технічної документації;
- розкрій та обробка заготовок;
- складання конструкції;
- зварювання;
- очищення та термообробка;
- контроль якості;
- завершальна обробка.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.1 Заготівельні операції

Заготовки для одержання вузлів козлового крана виготовляються з листової сталі та фасонного прокату.

Виправлення листового прокату здійснюється методом локальних пластичних деформацій у холодному стані. Процес виконується на листопрямильних вальцях (див. рисунок 2.6), що забезпечує вирівнювання поверхні та усунення залишкових напружень у матеріалі.

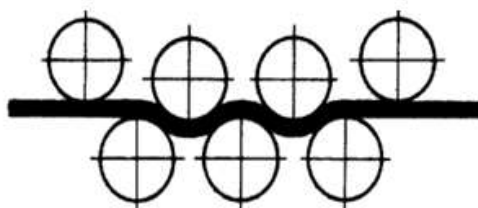


Рисунок 2.6 – Схема правлення листового прокату

Виправлення профільного прокату здійснюється на роликових машинах, що працюють за принципом, аналогічним листопрямильним установкам (див. рисунок 2.7).

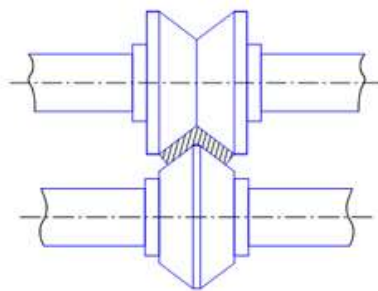


Рисунок 2.7 – Схема правлення профільного прокату

Розмічування здійснюється оптичним методом без використання шаблонів – за кресленням, яке проектується безпосередньо на розмічувальну поверхню.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Різання листових деталей із прямими крайками, товщиною до 40 мм, виконується на гільйотинних ножицях (рисунок 2.8). Для заготовок довжиною від 1 до 4 метрів точність становить $\pm 2,0 \dots 3,0$ мм при обробці по розмітці та $\pm 1,5 \dots 2,5$ мм – при використанні упору. Високу ефективність забезпечує також вирубування в штампах, де при довжині деталей до 6 метрів допустима похибка – $\pm 1,0 \dots 2,5$ мм. Поперечне розділення фасонного прокату здійснюється прес-ножицями з відповідними лезами, що гарантують точність обробки складних профілів.

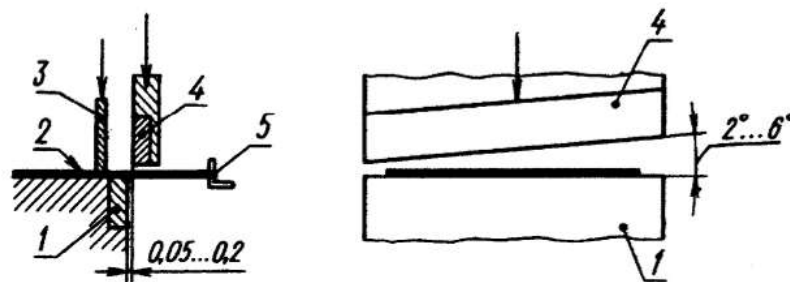


Рисунок 2.8 - Схема різання металу на гільйотинних ножицях

1 – нижній ніж, 2 – лист, 3 – притискач, 4 – верхній ніж, 5 – упор

Заготовки з листового прокату довжиною понад 4 метри розрізаються на автоматичних портальних установках із використанням плазмових або ацетилено-кисневих різаків. Це відбувається з метою:

- досягнення високої точності під час складання конструкцій;
- формування фасок складної геометрії.

Очищення металевої поверхні включає низку послідовних операцій, спрямованих на підготовку матеріалу до подальших технологічних процесів. Спочатку видаляють фарбу, мастила та інші забруднення за допомогою металевих щіток або протирання тканиною. Далі здійснюється кінцеве обезжирення із застосуванням розчинників. Після цього проводять видалення окисних плівок, пасивування поверхні, промивання та сушіння. Завершальні

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

етапи – промивання і сушіння – виконуються безпосередньо перед складанням заготовок.

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням вузлів здійснюється візуальна перевірка відповідності деталей вимогам креслень. Під час монтажу забезпечується точне взаємне розташування елементів, яке має відповідати їх положенню в готовому виробі. Складальний вузол повинен мати достатню жорсткість і міцність, що дозволяє мінімізувати деформації.

Кантування та транспортування вузлів виконують із застосуванням мостового цехового крана і спеціального порталного підіймача.

Для забезпечення якісного та продуктивного виконання зварювальних операцій необхідно дотримуватись низки технологічних умов. Передусім важливо здійснювати складання деталей і вузлів з оптимальним зазором, що гарантує точність з'єднання. Зона зварювання повинна бути доступною для інструменту, що забезпечує зручність роботи та контроль процесу. Раціональне чергування складальних і зварювальних етапів, а також правильна послідовність накладання швів сприяють зменшенню внутрішніх напружень і деформацій. Крім того, необхідно забезпечити правильне просторове розміщення зварюваних крайок та узгоджене переміщення інструменту й виробу відповідно до оптимальних умов зварювання.

У випадках, коли прихоплення виконуються в зонах, не передбачених проектною документацією для зварних швів, після завершення зварювання їх необхідно видалити. Поверхні в місцях демонтажу прихоплень слід ретельно зачистити.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Перед початком зварювальних робіт здійснюється налагодження обладнання, що включає регулювання витрати флюсу або захисного газу,

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлення оптимального вильоту електродного дроту та вибір параметрів режиму зварювання відповідно до технологічних вимог.

Після завершення зварювальних робіт здійснюється очищення швів та видалення металевих бризок із поверхні зварних вузлів. Для виконання опоряджувальних операцій застосовуються спеціальні ручні шліфувальні машини, які забезпечують належну якість обробки та підготовку виробу до подальших технологічних етапів.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Роль опоряджувальних операцій у технологічному процесі є надзвичайно важливою, оскільки саме вони завершують цикл виготовлення виробу та визначають його зовнішній вигляд, функціональність і довговічність. З їх допомогою відбувається:

- покращення якості поверхні – видалення шлаку, бризок, нерівностей та інших дефектів після зварювання забезпечує чистоту та естетичність виробу;
- підготовка до наступних етапів – шліфування, зачистка та знежирення створюють умови для ефективного нанесення покриттів (фарбування, антикорозійна обробка тощо);
- підвищення експлуатаційних характеристик – гладка, оброблена поверхня краще чинить опір корозії, зношуванню та механічним впливам.

2.6.5 Допоміжні операції

До допоміжних операцій у процесі виготовлення зварних конструкцій належать технологічні дії, які не є основними, але забезпечують якість, точність і ефективність зварювання. Серед них:

- 1) налагодження обладнання – регулювання параметрів режиму, витрати газу, положення електрода;
- 2) зачистка швів і поверхонь – видалення бризок, шлаку, шліфування;

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

3) позиціювання та фіксація – встановлення виробу в оптимальне положення для зварювання.

Ці операції створюють умови для стабільного та якісного виконання основного технологічного процесу – зварювання.

2.6.6 Контроль якості

Сутність контролю якості зварної конструкції полягає в забезпеченні її відповідності технічним вимогам, стандартам та експлуатаційним характеристикам. Це комплекс заходів, спрямованих на виявлення дефектів, оцінку точності виготовлення та гарантування надійності виробу.

Під час зовнішнього огляду здійснюється перевірка форми та розташування зварних швів на відповідність кресленням, а також виявлення видимих дефектів і деформацій вузлів. Для контролю внутрішніх дефектів у зварних з'єднаннях застосовується ехо-імпульсний метод ультразвукової дефектоскопії з використанням приладу USN-52R.

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

Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу – це встановлення обґрунтованих витрат часу, ресурсів і трудових операцій, необхідних для якісного та ефективного виконання всіх етапів виробництва. Його мета – забезпечити оптимальну організацію праці, підвищити продуктивність і гарантувати стабільну якість продукції.

Загальні правила нормування витрат, втрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх визначення у зварювальному виробництві встановлюються відповідно до вимог чинного державного стандарту ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів.

					<i>КР.422.32.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [9].

В нашому випадку нормуванню підлягають витрати електродного дроту, флюсу та захисного газу.

Норматив витрат зварювального дроту при дуговому зварюванні визначається за формулою:

$$H_{\text{вит}} = M \cdot K_{\text{в}}, \quad (2.11)$$

де M - маса наплавленого металу на метр шва, кг;

$K_{\text{в}}$ - коефіцієнт витрат і-го матеріалу, що враховує технологічні втрати відходи зварювальних матеріалів ($K_{\text{в}} = 1,1$).

Маса наплавленого металу на метр шва визначається за формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (2.12)$$

де F - площа поперечного перерізу наплавленого металу шва зварного з'єднання, м^2 ;

ρ - густина металу шва, для маловуглецевої сталі $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$;

L - довжина шва, приймаємо $L = 400 \text{ м}$.

$$H_{\text{вит}} = 4 \cdot 10^{-5} \cdot 7850 \cdot 400 \approx 125 \text{ кг.}$$

Визначимо витрату флюсу АН-348А для зварювання зовнішніх швів за формулою:

$$Q_{\text{ф}} = H_{\text{вит}} \cdot K_{\text{ф}}, \quad (2.13)$$

де $H_{\text{вит}}$ – витрати зварювального дроту на зварювання шва, кг;

$K_{\text{ф}}$ – коефіцієнт який враховує відношення маси витраченого дроту до маси витраченого флюсу, $K_{\text{ф}} = 1,7$.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\phi} = 125 \cdot 1,7 = 212,5 \text{ кг.}$$

Норма витрат захисного газу на зварювання виробу визначається за формулою:

$$H_{\text{нзг}} = \sum H_{\Gamma} + \Pi_{\text{гзн}}, \quad (2.14)$$

де H_{Γ} - норматив витрат захисного газу на метр шва, л;

$\Pi_{\text{гзн}}$ – технологічні втрати газу на зварну конструкцію, л ($\Pi_{\text{гзн}} = 0,7$ л).

Норматив витрати захисного газу на метр шва визначається за формулою:

$$H_{\Gamma} = \sum (H_{\text{пг}} \cdot T_{\text{oi}} + H_{\text{дгі}}), \quad (2.15)$$

де $H_{\text{пг}}$ – питома витрата захисного газу, л/хв;

T_{oi} – основний час зварювання одного метра шва, хв;

$H_{\text{дгі}}$ – додаткові витрати захисного газу на виконання підготовчо заключних операцій при зварюванні і-го проходу, л.

Оснований час зварювання одного метра шва визначається за формулою:

$$T_o = \frac{m_{\text{н}} \cdot 60}{\alpha_{\text{н}} \cdot I_{\text{зв}}}, \quad (2.16)$$

де $m_{\text{н}}$ – маса наплавленого металу на один метр шва;

$\alpha_{\text{н}}$ – площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, м^2 .

Приймаємо $T_o \approx 30$ хв.

Додаткові витрати захисного газу розраховуються за формулою:

$$H_{\text{дгі}} = T_{\text{пз}} \cdot H_{\text{пг}}, \quad (2.17)$$

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{пз}$ – час на підготовчо-заключні операції, хв. ($T_{пз}=0,2$ хв).

Витрати захисного газу визначаємо враховуючи довжину всіх швів, якими зварюються деталі конструкції. Тому формула (2.14) в такому випадку буде мати наступний вигляд:

$$H_{нгз} = (H_{пг} \cdot T_o + T_{пз} \cdot H_{пг}) + П_{гзн}. \quad (2.18)$$

Визначаємо витрати захисного газу:

$$H_{нгз} = (10 \cdot 30 + 0,2 \cdot 10) + 0,7 = 302 + 0,7 = 302,7 \text{ л.}$$

Визначимо витрати електроенергії для зварного шва за формулою:

$$Q_e = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (2.19)$$

де R_u – коефіцієнт роботи дуги, $R_u=0,2$;

n – коефіцієнт пропорційності, $n=0,75$;

U_d – напруга на дузі;

α_n – коефіцієнт наплавлення.

$$Q_e = \frac{41}{8,9 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 320 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Складальні операції у процесі виготовлення зварних конструкцій мають ключове призначення – забезпечити точне взаємне розташування та надійне закріплення деталей у складі виробу. Для досягнення високої точності складання використовують спеціальні пристосування, такі як кондуктори та стапелі.

Застосування спеціальних складальних пристосувань сприяє покращенню умов праці та підвищенню якості складання зварних конструкцій. Основу таких пристосувань становить жорсткий каркас з упорами, що забезпечує точне позиціонування деталей. Фіксація елементів здійснюється за допомогою притискачів, які надійно утримують їх у заданому положенні. У зібраному стані вузол повинен мати достатню жорсткість, необхідну для мінімізації деформацій.

Під час застосування складально-зварювального пристосування зварювання здійснюється безпосередньо після завершення складання, при цьому виріб не виймають із пристосування.

Послідовність виконання складальних і зварювальних операцій передбачає, що зварювання здійснюється лише після завершення повного складання та виконання прихоплень. Вибір типу складально-зварювального пристосування залежить від конструктивних особливостей виробу, прийнятої технології його виготовлення та виробничої програми.

Вихідними даними для розробки складально-зварювальних пристосувань є конструкторська документація на окремі деталі та виріб у цілому, технічні умови на його виготовлення та приймання, а також виробнича програма, що визначає обсяги та темпи випуску продукції.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір і розробка складально-зварювальних пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Проектування нових пристосувань або вдосконалення вже існуючих здійснюється на основі таких вихідних даних:

- вивчення креслень та технічних умов на зварну конструкцію є обов'язковим етапом при розробці технологічного процесу. Часто при конструюванні зварних виробів питання їх технологічності залишаються поза увагою, що ускладнює подальше виготовлення. Тому під час проектування технологічного процесу, вибору та конструювання зварювальних пристосувань виникає необхідність ретельного аналізу технологічності конструкції. Особливу увагу слід приділити конфігурації деталей, що входять до складу складальних одиниць, точності виготовлення заготовок та стану їх поверхонь. Форма деталей повинна забезпечувати зручність їх встановлення та демонтажу, а також доступ до зон прихоплення і зварювання. Технологічно вдала конструкція дозволяє використовувати простіші та економічніші пристосування;

- розроблення технологічного процесу виготовлення виробу є ключовим етапом підготовки виробництва, що визначає ефективність, якість і стабільність виготовлення зварної конструкції. Раціональний технологічний процес складання та зварювання виробу має бути детально опрацьований у вигляді маршрутного або розгорнутого технологічного процесу;

- аналіз виробничої програми випуску виробу передбачає оцінку складності конструкції пристосування, а також визначення доцільності його оснащення механізмами для комплексної механізації та автоматизації виробничого процесу. Вибір типу пристосування залежить від способу складання і зварювання, конструктивних особливостей виробу, матеріалу та поперечного перерізу деталей, а також вимог до точності розмірів при заданому рівні продуктивності. При цьому важливо враховувати необхідність суттєвого зниження трудомісткості складальних і допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості виробу та покращення умов праці для

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робітників. У серійному та масовому виробництві перевагу надають механізованим високошвидкісним пристосуванням, які працюють за рахунок енергії повітря, рідини або електроенергії, а не м'язової сили людини. У таких умовах оператор виконує функції керування пристроєм, завантаження та вивантаження виробів, встановлення і знімання деталей. Однак слід враховувати, що в окремих випадках комплексна механізація та автоматизація може бути технічно складною або економічно недоцільною;

- техніко-економічне обґрунтування оптимального варіанту пристосування з-поміж можливих є важливим етапом технологічної підготовки виробництва. Вибір конкретного типу пристосування здійснюється на основі порівняльного аналізу технічних характеристик і економічної доцільності кожного варіанту. Як правило, перевагу надають рішенням, яке є найбільш раціональним з точки зору конструктивної простоти, надійності, зручності експлуатації та забезпечення необхідної точності, а також рентабельним.

Під час технічного обґрунтування вибору пристосування необхідно здійснити порівняльний аналіз за низкою ключових критеріїв, що дозволяють оцінити його ефективність, доцільність застосування та відповідність умовам виробництва. До таких критеріїв належать: прогресивність конструкції; трудомісткість процесу; екологічні аспекти; тривалість виробничого циклу; габарити і маса пристосування; вимоги до виробничих площ; кількість обслуговуючого персоналу.

Економічне обґрунтування доцільності застосування того чи іншого пристосування передбачає порівняльний аналіз капітальних витрат на його впровадження, а також оцінку впливу на собівартість виготовлення виробів.

Слід враховувати, що якість зварювання значно підвищується завдяки його виконанню безпосередньо після складання, оскільки зварна конструкція не піддається переустановкам і проміжному транспортуванню.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Технологія виготовлення вузлів козлового крана передбачає поетапне формування головної спареної балки та опор. Після їх виготовлення ці елементи передаються на наступні стадії для остаточного зварювання та складання виробу. Оскільки технологічний процес не охоплює всі зварні вузли конструкції, остаточне складання готового крана в межах даної роботи не розглядається.

Складання опори та сегментів коробчастої головної спареної балки виконується на окремій складальній і зварювальній оснастці. Поділ головної балки на сегменти зумовлений технологічною неможливістю виготовлення її цілісно. Тому процес передбачає поетапне виробництво окремих складових частин, які згодом об'єднуються у єдину конструкцію.

Заготовки встановлюють у складальний кондуктор (рисунок 3.1), де здійснюється їх взаємне позиціювання та прихоплення. Після цього виконується приварювання технологічних планок, що забезпечують точність і жорсткість конструкції на наступних етапах зварювання.

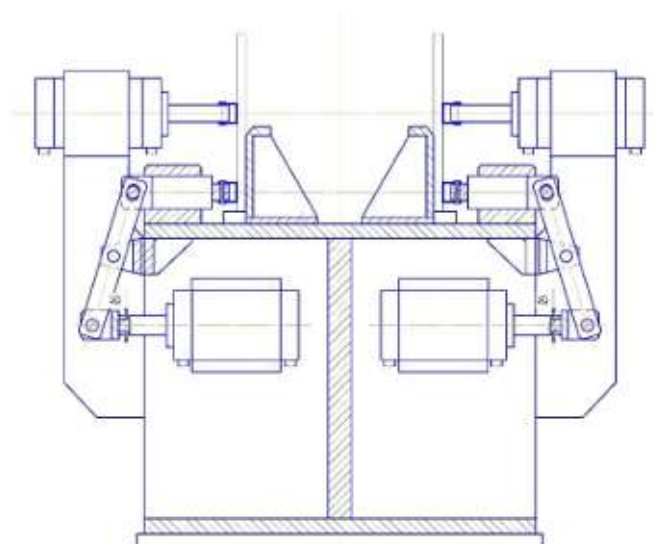


Рисунок 3.1 – Кондуктор складальний

Складальний кондуктор являє собою масивну жорстку раму, на якій розміщені опори, упори та затискачі. Як базуючу поверхню використовують систему регульованих опор з рухомими наконечниками, що забезпечує точне позиціонування заготовок. Їх фіксація здійснюється парними пневматичними затискачами. Для запобігання скручуванню полиць заготовок навпроти кожного затискача встановлюють спеціальні зварювальні упори.

Фінальне зварювання опори та елементів коробчастого перерізу головної спареної балки виконується на спеціалізованому зварювальному стенді (рисунок 3.2).

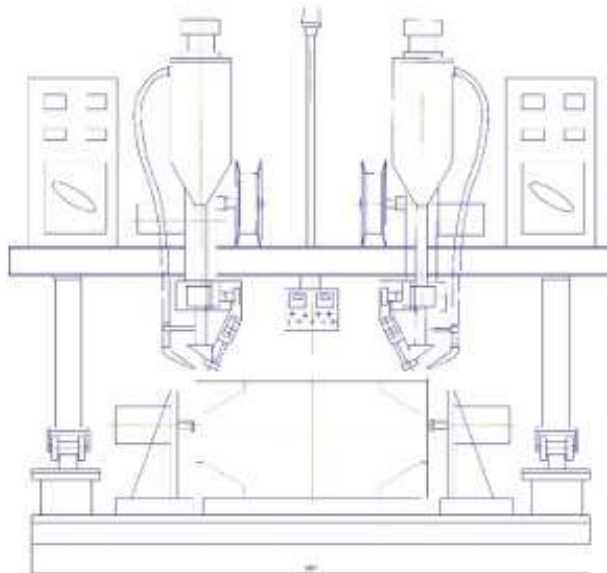


Рисунок 3.2 – Зварювальний стенд

Заготовки встановлюють на базову поверхню, а їх надійне закріплення забезпечується пневматичними затискачами.

У межах технологічного процесу зварювання головної спареної балки передбачено додаткову операцію – складання сегментів коробчастої форми на зварювальному стенді (рисунок 3.3). Конструкція головної балки має коробчастий поперечний переріз і складається з двох окремих коробчастих елементів, з'єднаних між собою перемичками на обох кінцях.

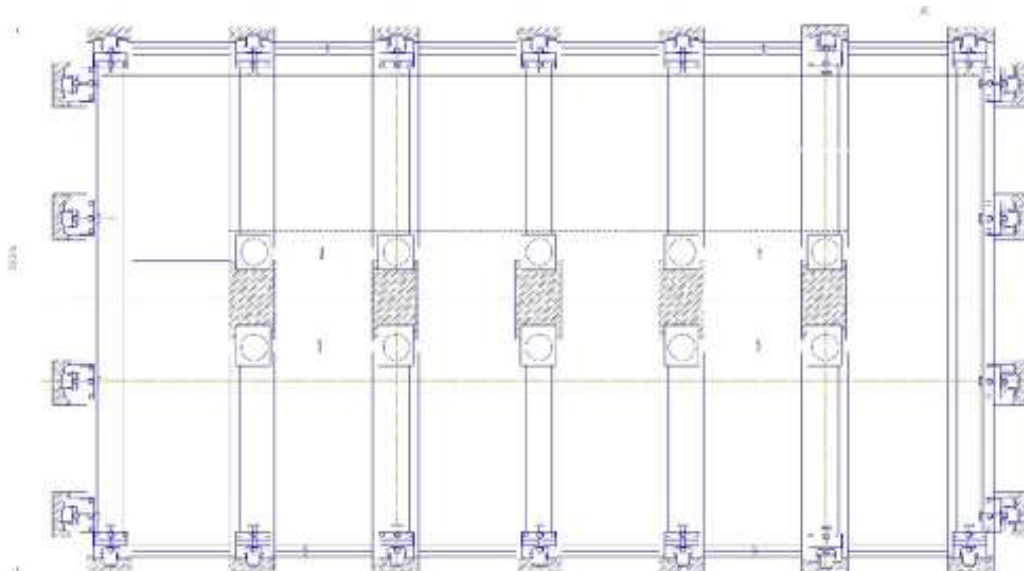


Рисунок 3.3 – Зварювальний стапель

Складально-зварювальні роботи з виготовлення головної спареної балки виконуються в одному стапелі, що дозволяє уникнути проміжного транспортування між операціями складання та зварювання. Такий підхід забезпечує високу точність виготовлення та дотримання розрахункових геометричних параметрів. До конструкції складально-зварювального стану висуваються підвищені вимоги щодо точності та жорсткості, оскільки в процесі зварювання можливе виникнення значних деформацій.

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 несучої балки козлового крана

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	12000x1200x500	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3сп	кг	1500	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	1,3	
флюс АН-348А	кг	2,19	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3сп	грн	33,58	32,2
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	120	116,4
флюс АН-348А	грн	94,75	94,26
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	25	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення несучої балки козлового крана

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Правлення	$\frac{3}{П}$	Сортоправ. машина МЛЧ 1725	12540000	молоток	197	IV	2,5
Очищення	$\frac{3}{П}$	Універсал. піскоструминний апарат	26800	щітка	76	III	2,8
Розмічування	$\frac{3}{П}$			шаблон рулетка маркер	570 279 66	IV	$\frac{2,4}{1,6}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Гільйотин. ножиці DURMARK QC11K-8X3200	700000			IV	$\frac{3,7}{2,9}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Стенд	2296450	молоток	197	IV	$\frac{3,6}{2,7}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварювальн. головка NA-3	300000			IV	$\frac{3,5}{2,6}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Black&Decker r 800	2536	щітка молоток	76 197	III	$\frac{3,4}{3}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Дефектоскоп USN 52R	195000	Лупа збільшув.	88	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;

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

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

Загальна штучна норма часу: по заводу 25,4;
по проекту 21,6.

Для виготовлення балки козлового крана застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [10, с.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

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

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 [10, 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.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
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 балки козлового крана 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 балки козлового крана 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.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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

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.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
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 [10, 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.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

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 [10, 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.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

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

- 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.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- 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.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
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	5037	4830	12088800	11592000
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	120	116,4	156	151,32	374400	363168
З/П	Флюс АН-348А	кг	94,75	94,26	207,5	206,43	498006	495430,56
Р-ом					5400,5	5187,75	12961206	12450598,56

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	251,85	241,5	604440	579600	25	25	60000	60000
3/П	5	6	5,82	7,8	7,57	18720	18158,4				
3/П	5	4,74	4,71	10,38	10,32	24900,3	24771,53				
Р- ом		12,42	12,14	270,03	259,39	648060,3	622529,93	25	25	60000	60000

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 [10, с.18]:

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

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) [10, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [10, 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 [10, 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:

$$З_{ос} = 6,3 \cdot 25,5 \cdot 2,5 = 401,63 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 401,63 \cdot (0,2 + 0,15) = 140,57 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 401,63 \cdot 0,4 = 160,65 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

$$З_{ос} = 5,1 \cdot 27,8 \cdot 2,8 = 396,98 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 396,98 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,94 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 396,98 \cdot 0,4 = 158,79 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 9 \cdot 27,5 \cdot 2,4 = 594 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 594 \cdot (0,2 + 0,15) = 207,9 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 594 \cdot 0,4 = 237,6 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 9 \cdot 27,5 \cdot 1,6 = 396 \text{ грн};$$

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$$З_{до} = 396 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 396 \cdot 0,4 = 158,4 \text{ грн},$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,9 \cdot 27,8 \cdot 3,7 = 504,01 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 504,01 \cdot (0,2 + 0,15) = 176,41 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 504,01 \cdot 0,4 = 201,61 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,9 \cdot 27,8 \cdot 2,9 = 395,04 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 395,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,26 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 395,04 \cdot 0,4 = 158,02 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5,9 \cdot 28 \cdot 3,6 = 594,72 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 594,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 208,15 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 594,72 \cdot 0,4 = 237,89 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5,9 \cdot 28 \cdot 2,7 = 446,04 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 446,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 156,11 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 446,04 \cdot 0,4 = 178,42 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 30,5 \cdot 3,5 = 651,18 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 651,18 \cdot (0,2 + 0,15) = 227,91 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 651,18 \cdot 0,4 = 260,47 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,1 \cdot 30,5 \cdot 2,6 = 483,73 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 483,73 \cdot (0,2 + 0,15) = 169,31 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 483,73 \cdot 0,4 = 193,49 \text{ грн}.$$

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,4 \cdot 29,8 \cdot 3,4 = 445,81 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 445,81 \cdot (0,2 + 0,15) = 156,03 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 445,81 \cdot 0,4 = 178,32 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,4 \cdot 29,8 \cdot 3 = 393,36 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 393,36 \cdot (0,2 + 0,15) = 137,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 393,36 \cdot 0,4 = 157,34 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 8,8 \cdot 30 \cdot 1,7 = 448,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 448,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,08 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 448,8 \cdot 0,4 = 179,52 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 8,7 \cdot 28,8 \cdot 1,8 = 451,01 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 451,01 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,85 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 451,01 \cdot 0,4 = 180,4 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [10, 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 (Z_{dd}) та премії і надбавки (Z_{nd}) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 4.6, 4.7).

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 34,2 \cdot 1850 = 63270 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 63270 \cdot 0,35 = 22144,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 63270 \cdot 0,4 = 25308 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 34,2 \cdot 1850 = 63270 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 63270 \cdot 0,35 = 22144,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 63270 \cdot 0,4 = 25308 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 34,2 \cdot 1850 = 63270 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 63270 \cdot 0,35 = 22144,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 63270 \cdot 0,4 = 25308 \text{ грн}.$$

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 [10, с.19]:

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

де $Z_{он}$ - 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 ($Z_{он}$) та премії і надбавки (Z_{nn}) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

$$З_{оп} = 1 \cdot 9200 \cdot 12 = 110400 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 110400 \cdot 0,35 = 38640 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 110400 \cdot 0,4 = 44160 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8623 \cdot 12 = 103476 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 103476 \cdot 0,35 = 36216,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 103476 \cdot 0,4 = 41390,4 \text{ грн}.$$

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	203222,25		71127,79		81288,9	
очищувальники	200873,9		70305,87		80349,56	
розмічувальники	300564	100188	105197,4	35065,8	120225,6	40075,2
різальники	382546,63	199889,23	133891,32	69961,23	153018,65	79955,69
складальники	451392,48	225696,24	157987,37	78993,68	180556,99	90278,5
зварювальники	494241,83	244767,38	172984,64	85668,58	197696,73	97906,95
зачищувальники	338368,27	199040,16	118428,9	69664,06	135347,31	79616,06
контролери	113546,4		39741,24		45418,56	
транспортувальники	114105,02		39936,76		45642,01	

Продовження таблиці 4.5

Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	63270		22144,5		25308	
ремонтники	63270		22144,5		25308	
електрики	63270		22144,5		25308	
ІТР	110400		38640		44160	
МОП	103476		36216,6		41390,4	
Разом	3002546,78	2005014,59	1050891,37	701755,11	1584520,41	1185507,53

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 Ст3сп	5037	4830
зварювальний дріт Св-08Г2С	156	151,32
флюс АН-348А	207,5	206,43
Поворотні відходи	25	
Паливо та енергія на технологічні цілі	51,14	49,23
Основна заробітна плата основних робітників	1082,86	667,22
Додаткова заробітна плата основних робітників	379	233,53
Премії та надбавки основних робітників	433,14	266,89
Відрахування на соціальне страхування	26,53	16,35
Відрахування на медичне страхування	47,38	29,19
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	213,54	213,54
Цехові (дільничні) витрати	240,61	240,61
Всього цехова собівартість	7849,7	6879,31

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:						
правильне	2	2	12540000	12540000	627000	627000
очищувальне	2	2	26800	26800	1340	1340
різальне	3	2	7000	7000	350	350
складальне	3	2	2296450	2296450	114822,5	114822,5
зварювальне	3	2	300000	300000	15000	15000
зачищувальне	3	2	2536	2536	126,8	126,8
контрольне	1	1	195000	195000	9750	9750
транспортне	1	1	69000	69000	3450	3450
Інструменти:						
молоток	9	7	197	197	9,85	9,85
щітка	6	5	76	76	3,8	3,8
шаблон	2	1	570	570	28,5	28,5
рулетка	6	4	279	279	13,95	13,95
маркер	6	4	66	66	3,3	3,3
лупа	1	1	88	88	4,4	4,4
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	8750000	8750000	5	437500	437500
Устаткування:					
правильне	25707000	25707000	10,5	2699235	2699235
очищувальне	54940	54940	8,5	4669,9	4669,9
різальне	21350	14350	8,5	1814,75	1219,75
складальне	7004172,5	4707722,5	23,5	1645980,54	1106314,79
зварювальне	915000	615000	19,5	178425	119925
зачищувальне	7734,8	5198,8	8,5	657,46	441,9
контрольне	204750	204750	19,5	39926,25	39926,25
транспортне	72450	72450	19,5	14127,75	14128
Інструменти:			15		
молоток	1782,85	1388,85		267,43	208,33
щітка	459,8	383,8		68,97	57,57
шаблон	1168,5	598,5		175,28	89,78
рулетка	1687,95	1129,95		253,19	169,49
маркер	399,3	267,3		59,9	40,1
лупа	92,4	92,4		13,86	13,86
Разом	42742988,1	40135272,1		5023175,27	4423939,46

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [10, 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_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}= 26185,47$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}= 23640,2$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}= 7849,7$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}= 6879,31$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((26185,47 + 0,15 \cdot 7849,7) - (23640,2 + 0,15 \cdot 6879,31)) \cdot 2400 = 6457988,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [10, с.28]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}= 56559096$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}= 52221672$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [10, с.28]:

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

$$E_{yp} = 2400 \cdot (26185,47 - 23640,2) = 6108648 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{56559096 - 52221672}{6108648} = 0,71 \text{ р.}$$

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
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	26185,47	23640,2
Чисельність персоналу:			
- всього	чол	25	20
- основних робітників	чол	20	15
Фондомісткість продукції	грн/шт	7849,7	6879,31
Умовна річна економія	грн	-	6108648
Річний економічний ефект	грн	-	6457988,4
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,71
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	14759,72	14759,72
- очищувальники	грн	14589,16	14589,16
- розмічувальники	грн	21829,5	14553
- різальники	грн	18522,52	14517,65
- складальники	грн	21855,96	16391,97
- зварювальники	грн	23930,68	17777,08
- зачищувальники	грн	16383,44	14455,98
- контролери	грн	16493,4	16493,4
- транспортувальники	грн	16574,54	16574,54

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Вимоги техніки безпеки щодо розташування виробничого обладнання

Устаткування, яке є джерелом електромагнітних полів (ЕМП), залежно від конструкції, призначення, потужності й умов використання, може розміщуватись як в окремих, спеціально призначених приміщеннях, так і в загальних приміщеннях, включаючи розміщення в поточних лініях, у відповідності з вимогами ДСН 3.3.6.096-2002. При розміщенні устаткування і організації робіт щодо його обслуговування слід, крім цих санітарних норм та правил, також керуватись [11, с.100]:

- будівельними нормами і правилами;
- правилами влаштування електроустановок;
- правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правилами безпеки експлуатації електроустановок споживачів.

Захисні засоби повинні відповідати вимогам правил використання і випробування захисних засобів, які використовуються в електроустановках.

При розміщенні в одному приміщенні декількох установок треба унеможливити перевищення ГДР у випадку сумарної енергії випромінювання.

У разі можливого проходження електромагнітної енергії через будівельні конструкції в сусідні приміщення повинні вживатись заходи, які унеможливлюють опромінювання працівників у випадку перевищень ГДР для відповідних категорій опромінювання [11, с.101].

Допускається при погодженні з органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду проведення робіт з налагодження і регулювання апаратури, яка є джерелом ЕМП, в екранованих приміщеннях. Робочі площі та об'єми екранованих приміщень повинні встановлюватись, виходячи з габаритів оброблюваних виробів, з урахуванням вимог безпеки при роботі з

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високою напругою і санітарних норм проектування промислових підприємств. Для унеможливлення перевищення ГДР за рахунок відбитого випромінювання стіни, стелю і підлогу екранованих приміщень необхідно покривати матеріалами, що поглинають ЕМП до допустимих рівнів.

У разі спрямованого випромінювання допускається застосування поглинального покриття тільки на відповідних ділянках стін. В екранованих приміщеннях повинні вживатися заходи з компенсації нестачі природного світла, ультрафіолету, змін газового й аероіонного складу повітря тощо у відповідності з вимогами ДСН 3.3.6.096-2002 [11, с.101].

Розташування виробничого, а також зварювального обладнання має важливе значення при виготовленні вузлів козлового крана, тому що від цього залежить не тільки продуктивність виробничого процесу, але і безпека виконуваних на ньому робіт.

5.2 Безпека праці під час виготовлення вузлів козлового крана

Санітарно-гігієнічні умови і обов'язкові заходи щодо техніки безпеки регламентуються «Системою стандартів безпеки праці», «Будівельними державними нормами» (ДНБ, СНіП) [12], правилами техніки безпеки і виробничої санітарії при виконанні окремих видів робіт, правилами безпечної експлуатації окремих видів устаткування, єдиним вимогам безпеки до конструкцій устаткування, різними інструкціями, вказівками та іншими документами [12]. Всі особи, що поступають на роботу, пов'язану із зварюванням, повинні проходити попередні і періодичні медичні огляди.

Основними професійними захворюваннями зварників є пневмоконіоз і інтоксикація марганцем, характер розвитку яких і важкість залежать від концентрації і вмісту аерозолію в зоні дихання зварника.

Міністерством охорони здоров'я України встановлені норми допустимих концентрацій (далі – ДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони і кількості повітря, необхідна для розчинення шкідливих аерозолів до ДК.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Швидкість руху повітря біля джерел виділення шкідливих речовин повинна бути в межах норми, яку можна виміряти за допомогою приладів - аналізаторів.

Найбільшу небезпеку для здоров'я зварників представляють з'єднання хрому, марганцю, фтору, а також озон. Незалежно від складу аерозолів їх сумарна концентрація в зоні дихання зварника не повинна перевищувати 8,0мг/м³.

Стан ізоляції проводів повинен відповідати правилам пристрою електроустановок (далі – ПЕУ). Опір ізоляції перевіряється не рідше один раз на місяць, а стан рухомих контактів і клем — не рідше один раз на три дні. Напруга холостого ходу на затискачах генератора або трансформатора не повинна перевищувати 110 В для машин постійного струму і 70 В для машин змінного струму [13].

Зварювальні машини повинні знаходитися під спостереженням фахівців. Установлення і ремонт їх повинні проводити тільки електромонтери. Всі установки, призначені для зварювання в особливо небезпечних умовах (всередині металевих ємкостей, при зовнішніх роботах), повинні бути забезпечені пристроями автоматичного відключення напруги холостого ходу або обмеження його до напруги 12 В з витримкою часу не більше 0,5 с [13].

Корпуси зварювальної апаратури і джерел живлення необхідно заземляти. Окрім того, обов'язково повинен бути заземлений зварюваний виріб. Устаткування електрозварювання пересувного типу, захисне заземлення якого представляє труднощі, повинне бути забезпечене пристроєм захисного відключення.

При появі напруги на частинах апаратури і устаткуванні, що не є струмоведучими, необхідно припинити зварювання, викликати майстра або чергового електрика.

Перед під'єднанням зварювальної установки слід провести зовнішній огляд, звернувши увагу на стан контактів і заземлюючих провідників, наявність і справність захисних засобів. При виявленні несправностей

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

включати установку забороняється. Всі електрозварювальні установки забезпечуються пусковими реостатами і вимірювальними приладами для безперервного контролю за роботою. Пристрої для перемикачів повинні бути захищені кожухами, але мати вільний підхід. Електрозварювальні установки повинні забезпечуватися схемами і інструкціями, що пояснюють призначення кожного приладу і принцип його дії.

Таким чином, дотримання вимог охорони та безпеки праці на зварювальній ділянці при виготовленні вузлів козлового крана займає важливе місце, тому що від цього залежить організація технологічних процесів і здоров'я робітників, які там працюють.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ВИСНОВКИ

У межах даної кваліфікаційної роботи було вдосконалено технологічний процес виготовлення вузлів козлового крана. У порівнянні з базовим варіантом, у проектному рішенні запропоновано такі покращення:

- застаріле зварювальне обладнання замінено на сучасне, більш потужне, що забезпечує стабільніші параметри процесу;
- виконано розрахунок оптимальних режимів зварювання, що сприяє підвищенню якості з'єднань;
- як захисне середовище використано вуглекислий газ (CO₂);
- гвинтові притискачі замінено на пневматичні, завдяки чому процес фіксації деталей було механізовано.

У цій роботі також рекомендовано впровадження заходів, спрямованих на зниження впливу шкідливих виробничих факторів у межах проектованої ділянки. Це дозволяє підвищити рівень безпеки праці, зменшити ризик виробничого травматизму та запобігти виникненню професійних захворювань.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь 3сп. Довідник. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/> (дата звернення: 21.05.2026).
2. 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: 21.05.2026).
3. Кривов Г.О., Зворикін К.О. Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ: КВІЦ, 2012. 896 с.
4. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2004. 225 с.
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Каталог зварювального обладнання LINCOLN ELECTRIC. Київ: Апекс, 2012. 136 с.
7. Idealarc DC-1000 універсальне зварювальне джерело Lincoln Electric. Джерела живлення Lincoln Electric для зварювання під флюсом: веб-сайт. URL: <https://svarka.kr.ua/svarochnoe-oborudovanie/oborudovanie-i-materialy-lincoln-electric/svarochnoe-oborudovanie-lincoln-electric/istochniki-pitaniya-lincoln-electric-dlya-svarki-pod-flyusom/idealarc-dc-1000-universalnyj-svarochnyj-istochnik-dlya-svar> (дата звернення: 25.05.2026).
8. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

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

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

12. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

13. Перевірка опору ізоляції проводів і кабелів. Електротехнічна лабораторія: веб-сайт. URL: <https://lab.uis.zp.ua/product/perevirka-oporu-izolyatsiyi-provodiv-kabeliv/> (дата звернення: 11.06.2026).

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.32.00.00.000.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		