

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
корпусу стріли крана

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

Назар ШВЕД

Керівник

Віталій СЕНЧИШИН

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ШВЕДУ Назару Петровичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
корпусу стріли крана

Керівник роботи СЕНЧИШИН Віталій Степанович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Природне освітлення, його нормування та розрахунок для зварювальної дільниці

5.2 Гігієнічна характеристика механізованих способів зварювання

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення корпусу стріли крана – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення корпусу стріли крана – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-зварювального кондуктора – 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)

Назар ШВЕД

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення корпусу стріли 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 crane boom body 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	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	12
1.3.4 Вимоги до складання	13
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	19
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	24
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	26
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	29
2.6.1 Заготівельні операції	29
2.6.2 Складальні операції	31
2.6.3 Складально-зварювальні операції	31

					<i>КР.422.34.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Швед				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу стріли крана Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Сенчишин Віт.						4	71
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	33
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	33
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	36
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	36
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	38
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	44
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	44
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	49
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	52
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	53
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	59
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	60
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	62
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	64
5.1	Природне освітлення, його нормування та розрахунок для						
	зварювальної ділянки.	.	.	.	.	.	64
5.2	Гігієнічна характеристика механізованих способів зварювання						65
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	68
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	69
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	71

ВСТУП

Зварювання – це процес створення нероз’ємного з’єднання між деталями шляхом формування міжатомних зв’язків у зоні стику. З’єднання досягається за рахунок теплового впливу, пластичної деформації або їх поєднаної дії, залежно від обраної технології.

На сучасному етапі розвитку промисловості можливості зварювання є практично необмеженими. Цей процес дозволяє з’єднувати широкий спектр матеріалів – від високолегованих сталей товщиною 0,8 мм (наприклад, при виготовленні оболонок для радіоактивних ізотопів) до масивних деталей пресів і захисних кожухів атомних реакторів товщиною до 3400 мм. Окрім металів, зварювання успішно застосовується для з’єднання пластмас, скла, кварцу та інших неметалевих матеріалів.

Зварювальні технології використовуються практично в усіх галузях народного господарства. Водночас найбільше значення зварювання має у машинобудуванні та будівельній індустрії, де воно є ключовим етапом виробничого процесу.

Застосування зварювання дало змогу виготовляти унікальні гідравлічні та парові турбіни, конструкція яких включає складні за формою та конфігурацією вузли великої товщини. У таких виробках використовуються леговані сталі та біметали – маловуглецеві або низьколеговані сталі товщиною понад 6 мм, облицьовані шарами високолегованої сталі або алюмінієво-магнієвого сплаву.

Найбільш поширеним у промисловості є зварювання в середовищі захисних газів, особливо з використанням їх сумішей. Така популярність зумовлена доступністю окремих газів, а також значним підвищенням якості та продуктивності процесу. Цей метод дозволяє ефективно з’єднувати різноманітні матеріали як у напівавтоматичному, так і в автоматичному режимі, незалежно від просторового положення зварного шва.

Завдяки високій продуктивності, надійності та якості зварних з’єднань, а

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

також раціональному використанню металу, зварювання стало провідним технологічним процесом у виробництві металевих конструкцій різного призначення.

У рамках вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу стріли крана основна увага приділяється оптимізації зварювальних операцій. Це передбачає застосування найбільш ефективного зварювального обладнання, адаптованого до конструктивних особливостей виробу, а також використання сучасного складального оснащення з чітко визначеною послідовністю виконання технологічних дій.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Корпус стріли крана є просторовою конструкцією, що включає вал та приєднувальний кронштейн. Виріб має складну геометрію, яка забезпечує необхідну жорсткість і точність з'єднання з іншими елементами крана. Загальний ескіз конструкції наведено на рисунку 1.1.

Корпус є невід'ємною частиною стріли монтажного крана, що застосовується на будівельних майданчиках для виконання підйомально-транспортних операцій.

Корпус складається з валу довжиною 450 мм зі змінним поперечним перерізом та приєднувального кронштейна, виконаного у вигляді прямокутної конструкції, сформованої з листових профілів.

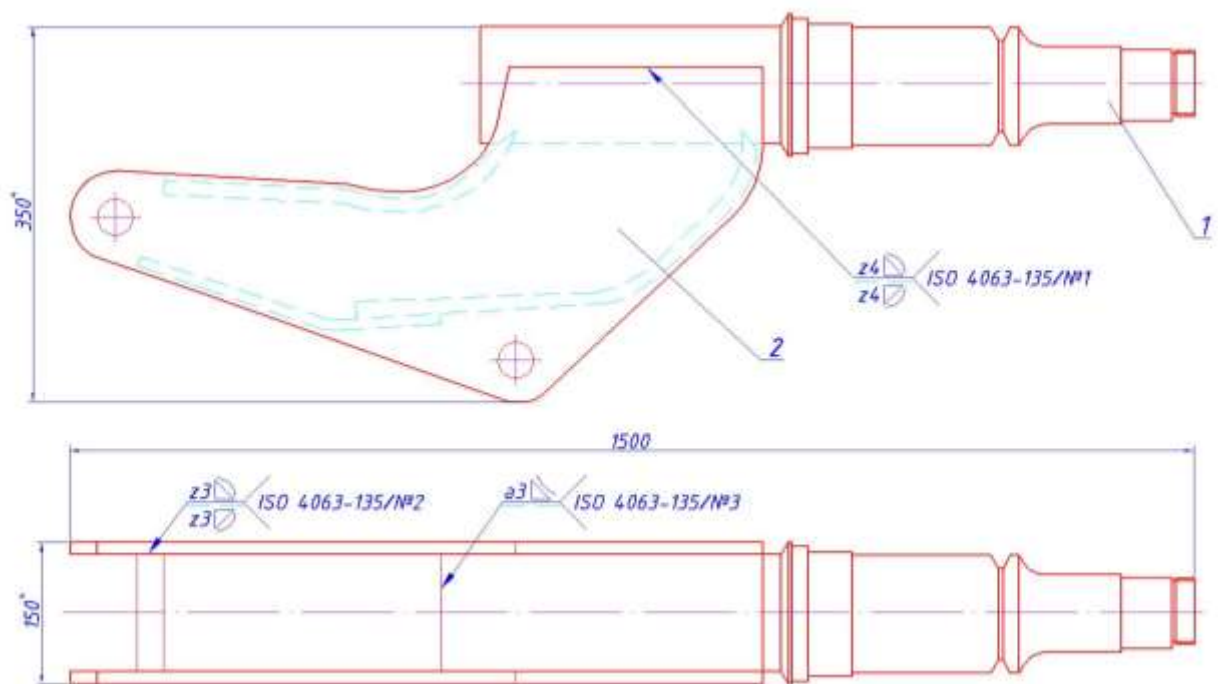


Рисунок 1.1 – Ескіз корпусу стріли крана

1 – вал, 2 – кронштейн

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Оскільки зварна конструкція експлуатується в умовах динамічних навантажень, при її виготовленні особливо важливо забезпечити високу міцність і якість зварних з'єднань.

Виробництво корпусу стріли крана належить до багатосерійного типу, що зумовлює потребу в підвищенні ефективності та точності технологічного процесу. Для виготовлення його складових – вала та приєднувального кронштейна, а також самого корпусу, економічно доцільно застосовувати сучасні затискні пристосування, обертачі та кантувачі, які забезпечують високу точність позиціонування заготовок під час складання та зварювання.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення корпусу стріли крана застосовується конструкційна маловуглецева якісна сталь марки 20. Сталь 20 використовується: після нормалізації або без термообробки – для виготовлення гаків, кранів, муфт, вкладишів підшипників та інших деталей, що працюють під тиском у температурному діапазоні від -40°C до $+450^{\circ}\text{C}$; після хіміко-термічної обробки – для деталей, до яких висуваються вимоги щодо високої поверхневої твердості при збереженні помірної міцності серцевини, зокрема шестерень, черв'яків тощо.

Механічні властивості Сталі 20 приведені в таблиці 1.1, а хімічний склад відповідно в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості Сталі 20 [1]

Стан постачання	σ_B , МПа	δ_2	ψ
		%	
	не менше		
Прокат гарячекатаний	410	25	55

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Сталі 20, % [1]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,17-0,24	0,35-0,65	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,25	0,08

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є зварюваність – здатність матеріалу утворювати з’єднання, яке відповідає конструктивним та експлуатаційним вимогам при дотриманні встановленої технології. Під технологічною зварюваністю розуміють ступінь відповідності властивостей зварного шва властивостям основного металу.

Оцінка зварюваності металу здійснюється на основі розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{\text{екв}}$ [2, с.127]:

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

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

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0,24 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,25}{10} + \frac{0,25}{5} + \frac{0,25}{15} = 0,45 \text{ \%}.$$

Еквівалентний вміст вуглецю в сталі 20 не перевищує 0,45 %, що свідчить про її добру зварюваність. Це дозволяє застосовувати всі поширені методи зварювання без необхідності попереднього або супутнього підігрівання, а також без додаткових технологічних операцій під час виконання зварювальних робіт.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріал, що використовується у виробництві, повинен відповідати встановленим вимогам державних стандартів та технічних умов за хімічним складом і механічними властивостями.

Якість та характеристики матеріалів мають бути офіційно підтверджені підприємством-виробником шляхом надання відповідних сертифікатів відповідності.

Основні вимоги до матеріалів, включаючи їх призначення, межі застосування, умови експлуатації та види випробувань, повинні відповідати вимогам чинних ДСТУ, що регламентують властивості відповідних матеріалів. Додаткові вимоги, передбачені стандартами або технічними умовами, мають бути обов'язково зазначені в технічній документації, що супроводжує виріб або технологічний процес.

Для виготовлення корпусу стріли крана застосовується Сталь 20, яка нормується за хімічним складом і механічними властивостями відповідно до державних стандартів. Завдяки цьому матеріал постачається з гарантованими показниками якості.

Деталі, призначені для виготовлення корпусу стріли крана, повинні проходити ретельну підготовку поверхні, що включає очищення від іржі, окалини, бруду, мастил і фарби. Така обробка необхідна для запобігання утворенню пор у зварних швах та недопущення підвищення вмісту вуглецю.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Щодо шорсткості поверхонь виробу, то до неї не висуваються жорсткі вимоги, оскільки працездатність зварних з'єднань конструкції незначною мірою залежить від стану поверхні в межах допустимих норм.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Забезпечення розмірної точності виробу в межах встановлених допусків $\pm \frac{IT6}{2}$ значною мірою залежить від якісного виконання заготівельних операцій, таких як вирізання заготовок, гнуття та штампування.

До геометричних розмірів корпусу стріли крана висуваються підвищені вимоги точності, оскільки він є основним вузлом конструкції стріли та повинен забезпечувати точне спряження з усіма суміжними елементами.

Дотримання вимог до розмірів і форми виробу повинно забезпечуватися за рахунок застосування складально-зварювальних пристроїв, які мінімізують лінійні та кутові переміщення деталей під дією зварювальних деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Конструкція корпусу стріли крана та розміщення зварних швів повинні бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити:

- можливість виконання зварювання відповідно до встановлених технологічних вимог;
- вільне розміщення нагрівальних пристроїв у разі необхідності локального підігріву зони зварювання;
- зручний доступ для проведення контролю якості зварних з'єднань;
- умови для проведення ремонтних робіт, включаючи демонтаж, очищення та повторне зварювання у разі потреби.

Технологія зварювання вузлів у машинобудуванні повинна забезпечувати рівномірність зварного з'єднання та основного металу, відповідно до вимог чинних стандартів. У низці випадків встановлюються мінімально допустимі значення механічних властивостей, зокрема: границя міцності, ударна в'язкість і пластичність. Типи конструктивних елементів зварних швів визначаються конструкторами та наносяться на робочі креслення відповідно до вимог стандартів і технологічних рекомендацій.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вузлів конструкції, що працюють під дією змінних навантажень, не рекомендується застосовувати стикові з'єднання з накладками, зрізами, заокругленими кутами або у формі ромбів, оскільки вони сприяють концентрації напружень. Допускається використання стикових з'єднань, які забезпечують рівномірний розподіл навантаження.

Конструктивні елементи зварних з'єднань після виконання підлягають перевірці на відповідність вимогам технічної документації.

1.3.4 Вимоги до складання

Методи складання деталей корпусу стріли крана перед зварюванням повинні забезпечувати точне взаємне розташування елементів конструкції та вільний доступ до зон зварювання відповідно до послідовності, визначеної технологічним процесом виготовлення.

Форма обробки кромок та величина зазору між ними, а також випадки зварювання без підготовки кромок, повинні відповідати вимогам робочих креслень і чинних стандартів на зварні з'єднання.

Зварювальні роботи дозволяється розпочинати лише після підтвердження відділом технологічного контролю правильності складання конструкції та якісної підготовки поверхонь, що підлягають зварюванню.

Складання елементів корпусу стріли крана необхідно здійснювати відповідно до вимог технічних умов на виготовлення або іншої конструкторсько-технологічної документації, що регламентує порядок виконання робіт, точність взаємного розташування деталей та забезпечення якості кінцевого виробу.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Обраний метод зварювання має гарантувати, що механічні властивості зварних з'єднань не будуть нижчими за нормативні значення, визначені відповідною технічною документацією. Крім того, корозійна стійкість

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з'єднань повинна відповідати вимогам проекту або технічних умов, встановлених для виготовлення конкретної конструкції, з урахуванням умов її експлуатації.

У зварних з'єднаннях не допускається наявність зовнішніх дефектів, таких як: тріщини будь-якого типу та напрямку, пористість на поверхні шва, підрізи, напливи металу, незаварені кратери та інші дефекти, що погіршують якість з'єднання.

Для усунення зовнішніх дефектів зварних з'єднань необхідно раціонально обирати метод зварювання та забезпечувати його виконання на оптимально підібраних режимах.

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

Технологічний процес виготовлення корпусу стріли крана включає такі основні етапи: розмічування; різання; складання; зварювання; транспортування; контроль якості.

Технологічний процес виготовлення корпусу стріли крана охоплює повний цикл операцій – від підготовки заготовок до остаточного збирання. На початковому етапі виготовляють складові елементи конструкції, зокрема вал і приєднувальний кронштейн. Для останнього використовують листовий метал, з якого методом штампування формують стінки. Далі здійснюється складання та прихоплювання цих стінок із застосуванням спеціальних стапелів і технологічного оснащення, що забезпечує точність позиціонування. Після фіксації елементів кронштейна його встановлюють у кантувач, де проводиться повне зварювання всіх швів ручним дуговим способом. Завершальним етапом є з'єднання вала з приєднувальним кронштейном, у результаті чого формується готовий корпус стріли крана.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Контроль якості зварних з'єднань на всіх етапах виготовлення конструкції здійснюється візуальним методом.

У чинному технологічному процесі виготовлення корпусу стріли крана наявні певні недоліки, зокрема використання застарілого зварювального обладнання та нерціональний вибір параметрів режиму зварювання. Для підвищення якості зварних з'єднань і ефективності виробництва доцільно впровадити сучасне зварювальне устаткування, оптимізувати технологічні режими відповідно до типу матеріалу та конструкції, а також застосовувати суміш захисних газів $Ar+CO_2$, що сприяє покращенню стабільності дуги та формуванню якісного шва.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір оптимального способу зварювання для виготовлення даної конструкції здійснюється на основі комплексного аналізу низки факторів. До них належать технічні та економічні вимоги до зварних з'єднань, характеристика зварюваності матеріалу, необхідний рівень продуктивності, а також можливість механізації або автоматизації процесу. Важливими критеріями також є забезпечення безпечних умов праці та мінімізація шкідливих впливів на персонал і навколишнє середовище.

Під час виготовлення даної конструкції виникають певні обмеження щодо вибору способу зварювання, зумовлені просторовим розташуванням швів та обмеженою їх довжиною. Зважаючи на ці особливості, доцільно застосовувати такі методи зварювання: ручне дугове зварювання, напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, а також газове зварювання. Кожен із зазначених способів дозволяє ефективно виконувати зварювальні роботи в складних умовах, забезпечуючи необхідну якість.

Ручне дугове зварювання вирізняється простотою застосовуваного обладнання та низькими витратами на виробництво, що робить його економічно вигідним у порівнянні з іншими методами. Водночас цей спосіб має низку суттєвих недоліків: невисоку продуктивність, несприятливі умови праці для зварника, потребу у високій кваліфікації персоналу, відсутність можливості автоматизації процесу, а також підвищений ризик виникнення дефектів у зварних з'єднаннях.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низку суттєвих переваг, серед яких – високий рівень автоматизації процесу, значна продуктивність праці, економічна доцільність, а також висока якість отриманих зварних з'єднань. Відкрита дуга дозволяє оператору візуально контролювати переміщення дуги та ванни розплавленого металу, що сприяє

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

точності виконання робіт. Крім того, цей спосіб забезпечує можливість зварювання в різних просторових положеннях і дозволяє обробляти метали з широким діапазоном товщин – від 0,2–0,9 мм до 10–20 мм. Водночас існують і певні недоліки: інтенсивне розбризкування електродного металу, що спричиняє забруднення обладнання, потреба в джерелі постійного струму, а також необхідність застосування засобів захисту від світлового та теплового випромінювання, зумовлених відкритою дугою.

Газове зварювання має низку переваг: плавне нагрівання, відсутність потреби в електроживленні, простота обладнання та доступність. Цей метод дозволяє з'єднувати як чорні, так і кольорові метали та їхні сплави. Водночас він має обмеження – підвищену вибухонебезпеку, складність механізації, чутливість до протягів і низьких температур, а також обмежене застосування для матеріалів великої товщини.

Таким чином, при виготовленні корпусу стріли крана застосовується напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, з використанням газової суміші, що містить 82% аргону та 18% вуглекислого газу

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

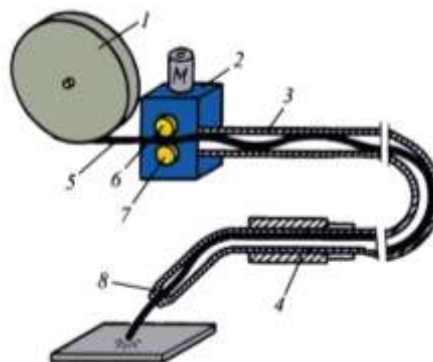


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів [3, с.163]

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Для виготовлення корпусу стріли крана застосовується Сталь 20 – якісна конструкційна вуглецева сталь із вмістом вуглецю до 0,24%. Вона придатна для використання як у нормалізованому стані, так і без термічної обробки. Основне призначення цього матеріалу — виготовлення деталей, що працюють під тиском у температурному діапазоні від -40°C до $+450^{\circ}\text{C}$, зокрема гаків кранів, муфт, вкладишів підшипників, шестерень, черв'яків та інших елементів, до яких висуваються вимоги щодо високої поверхневої твердості при відносно невисокій міцності серцевини.

Застосування захисних зварювальних сумішей замість традиційного вуглекислого газу дає змогу істотно підвищити швидкість зварювання без необхідності змінювати технологію чи виробниче оснащення. Це досягається завдяки стабільнішій роботі дуги, покращеному перенесенню та нагнітання металу в зварювальну ванну, що позитивно впливає на якість і надійність шва. Крім того, розширюється робочий діапазон регулювання режимів як за напругою, так і за струмом. Наприклад, швидкість подачі дроту може зрости з 6–7 до 12–14 м/хв, а перехід до струменевого перенесення металу реалізується значно легше, що забезпечує формування шва з оптимальними геометричними характеристиками. Враховуючи ці переваги, для виготовлення даної конструкції доцільно використовувати захисну газову суміш, що складається з 82% аргону та 18% вуглекислого газу.

У процесі напівавтоматичного електродугового зварювання в середовищі захисних газів основним зварювальним матеріалом виступає зварювальний дріт, який забезпечує формування шва. Захисний газ виконує допоміжну функцію – стабілізує дугу, запобігає окисненню металу та сприяє отриманню якісного з'єднання.

Аргон у промисловості добувають із атмосферного повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої основними продуктами є кисень і азот, а аргон отримується як супутній компонент. Це інертний газ, що

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може постачатися як у рідкому, так і в газоподібному стані. Відповідно до вимог ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання кронштейна застосовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою основної речовини не менше 99,998%.

Вуглекислий газ для зварювання повинен відповідати вимогам державного стандарту ДСТУ 8050:2015. Цей стандарт регламентує технічні умови на вуглекислий газ, що використовується в промисловості, зокрема як захисне середовище при зварюванні. Масова частка CO₂ не менше 99,8% для технічного газу, що застосовується у зварювальних процесах.

Для виконання зварювальних робіт застосовується легований дріт марки Св-08Г2С, який є основним витратним матеріалом у процесі напівавтоматичного зварювання. Його хімічний склад наведено в таблиці 2.1.

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

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

З метою покращення стабільності процесу зварювання та забезпечення високої якості зварного шва, дріт марки Св-08Г2С доцільно використовувати з обмідненою поверхнею. Мідне покриття сприяє зниженню опору в зварювальному пальнику, покращує подачу дроту та зменшує утворення бризок.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Під час визначення параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити формування швів заданих геометричних розмірів, форми та

якості. З огляду на це, доцільно не просто обирати режим, а здійснювати його попередній розрахунок. Оскільки при виготовленні корпусу стріли крана застосовуються таврові та стикові з'єднання, розрахунок режиму проводиться для кутового з'єднання з розміром катета 4 мм. Схематичне зображення з'єднання наведено на рисунку 2.2.

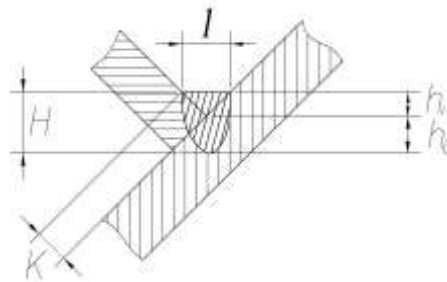


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

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

Згідно з вимогами державного стандарту, при зварюванні металів у середовищі захисних газів за товщини понад 10 мм обов'язковим є попереднє розроблення кромки. У таких випадках рекомендовано зменшувати кут розроблення до 40° та виконувати притуплення крайок у межах 1–2 мм при зазорі між ними 0–5 мм. Для стикових з'єднань із товщиною елементів від 1 до 10 мм допускається однобічне зварювання без підготовки кромки, що спрощує технологічний процес.

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

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

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

де K – катет шва, $K=4$ мм,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Тоді:

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

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

Отже:

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,45$ [4, с.193].

$$I_{зв} = \frac{1,697}{1,45} \cdot 100 = 117,034 \quad I_{зв} \approx 120 \text{ А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 120 А.

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

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

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

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

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

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

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

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

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

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

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

Приймаємо $U_{\delta}=25$ В.

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

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

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

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

Приймаємо $V_{зв}=16$ м/год.

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

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

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

що є допустимо.

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

Витрати захисного газу $Q_g = 9$ л/хв [6, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

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

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для зварювання корпусу стріли крана застосовується інверторний напівавтомат Kaiser MIG-300, який забезпечує роботу в діапазоні зварювального струму від 10 до 285 А при максимальній потужності 8 кВт. Це професійне обладнання, призначене для напівавтоматичного зварювання маловуглецевих і низьколегованих сталей електродним дротом діаметром 0,6–1,2 мм на постійному струмі. Апарат підтримує зварювання як у середовищі захисних газів (аргон, CO₂), так і з використанням порошкового дроту без подачі газу.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Також, дана модель використовується для ручного дугового зварювання покритими електродами діаметром 1,6 – 4,0 мм в режимі постійного струму (режим MMA). В залежності від типу зварювання, матеріалу, позиції зварювання можна використовувати найбільш придатний для зварювального напівавтомата інверторного типу зварювальний режим – з використанням зварювального дроту або покритих електродів [7].

Особливості інверторного напівавтомата марки Kaiser MIG-300 [7]:

- 1) зварювання постійним струмом;
- 2) однофазне підключення до мережі;
- 3) термозахист від перегрівання;
- 4) відповідність німецьким стандартам;
- 5) відповідність нормам Євросоюзу;
- 6) можливість роботи з використанням газу та без нього [7].

Технічні характеристики напівавтомату представлені у таблиці 2.3, а його загальний вигляд на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата Kaiser MIG-300 [7]

Напруга мережі, В	220
Споживана потужність, кВт	8
Напруга холостого ходу, В	42
Мінімальний зварювальний струм, А	10
Максимальний зварювальний струм, А	285
Діаметр електродного дроту, мм	0,6-1,2
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Періодичність вмикання ПВ, %	60
Клас захисту	IP21
Тип охолодження	Н
Габаритні розміри, мм	430x280x670
Маса, кг	13



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата Kaiser MIG-300 [7]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Основним завданням контролю є виявлення дефектів у зварних швах, визначення їхніх розмірів, форми та характеру. Отримана інформація дозволяє, з одного боку, оцінити доцільність та можливість проведення ремонтних робіт, а з іншого – встановити причини виникнення дефектів і розробити заходи для їх попередження в майбутньому. У даному випадку можуть бути застосовані такі методи контролю:

- радіаційна дефектоскопія;
- ультразвукова дефектоскопія.
- магнітна та електромагнітна дефектоскопія;
- візуально-оптичний метод.

Радіаційна дефектоскопія. В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання в формі рентгенівських променів і гама-випромінювання. І те і інше випромінювання має електромагнітну природу [8].

Довжина хвилі рентгенівських променів - $6 \times 10^{-13} \dots 6 \times 10^{-9}$ мм, гама-випромінювання - $10^{-13} \dots 4 \times 10^{-12}$ мм, що в багато разів менше довжини світлових хвиль - $4 \times 10^{-7} \dots 7 \times 10^{-7}$ мм [8].

Рентгенівське та гама-випромінювання володіють великою енергією з порівнянні з світловою, що обумовлює їх високу проникаючу здатність. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами базується на зміні рентгенівського та гама-випромінювання в результаті втрати частини енергії

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

при проходженні ними матеріалу в залежності від його густини та товщини [8].

Ультразвукова дефектоскопія. Пружні механічні коливання, що розповсюджуються в повітрі, сприймаються зазвичай як звуки. Такі коливання прийнято називати акустичними. Якщо їх частота більша 20 кГц, тобто вище порогу чутливості для людини, то такі коливання називають ультразвуковими. В дефектоскопії використовують ультразвукові коливання з частотою біля 0,5 ...20 МГц [8].

Суть ультразвукової дефектоскопії в наступному. Акустичні коливання, які створює генератор-випромінювач, розповсюджуються в матеріалі виробу. При наявності дефекту утворюється відбите поле і дифрагзоване поле розсіювання [8].

За дефектом при його значних розмірах утворюється акустична тінь, а поверхня дефекту відбиває ультразвукові хвилі. Реєструючи за допомогою приймача-шукача послаблення ультразвукової хвилі чи ехо (відбиту ультразвукову хвилю), можна робити висновки про наявність дефекту в зварному шві, що досліджується [8].

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія. В межах малих об'ємів, так званих доменів ($V=10^{-5}...10^{-8} \text{ см}^3$), магнітні поля, які викликаються обертанням електронів навколо власних осей, врівноважують одне одного і деталь виявляється розмагніченою. Але під впливом зовнішніх магнітних ліній поля доменів встановлюються в його напрямку, при цьому створюється спільне поле [8].

Деталь намагнічена. Магнітні лінії мають певний напрямок. При зустрічі з дефектом, магнітна проникність якого в тисячі раз менша проникності основного металу, силові лінії обходять дефект і утворюють поле розсіювання магнітних ліній. Дефекти напрямлені вздовж магнітних ліній, не викликають істотних перешкод розповсюдженню потоку, тому важко виявляються магнітним контролем. І навпаки, дефекти, напрямлені перпендикулярно

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

магнітним лініям, викликають істотне розсіювання та виявляються значно легше. Контролю магнітними методами піддаються тільки феромагнітні матеріали [8].

Візуально-оптичний метод. Візуальний метод контролю є найстарішим та продовжує відігравати важливу роль в даний час. Часто зовнішній огляд проводять неозброєним оком, а також використовують різноманітні лупи. Огляд зварних швів, які неможливо спостерігати неозброєним оком, та які захищені елементами конструкції, здійснюють за допомогою оптичних приладів - ендоскопів, перископів та інших [8].

Оперативне виявлення та усунення дефектів, встановлених під час візуального огляду, а також аналіз причин їх виникнення, дає змогу своєчасно коригувати технологічний процес і суттєво скоротити обсяг подальших контрольних операцій. Враховуючи конструктивні особливості та технологічні умови виготовлення корпусу стріли крана, для оцінки якості зварних швів доцільно застосовувати візуально-оптичний метод контролю.

У процесі контролю якості зварних з'єднань необхідно звертати увагу на такі параметри:

- геометричні характеристики шва, зокрема розмір катета (див. рисунок 2.4); вимірювання здійснюється за допомогою спеціального щупа;
- наявність дефектів, таких як пори, тріщини, подрізи, незаварені кратери, непровари; їх виявлення проводиться візуально – неозброєним оком або з використанням лупи для підвищення точності огляду.

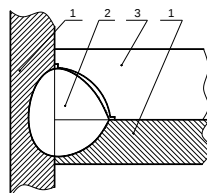


Рисунок 2.4 – Схема контролю геометричних розмірів зварного шва за допомогою щупа

1 – зварювальні деталі, 2 – зварний шов, 3 – щуп

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Вдосконалений технологічний процес виготовлення корпусу стріли крана має низку переваг порівняно з базовим заводським процесом:

а) розраховані параметри режиму зварювання є більш економічними, що дозволяє знизити витрати на енергоресурси та витратні матеріали;

б) існуюче обладнання, що використовується у базовому технологічному процесі, має нижчу продуктивність, що обмежує темпи виготовлення конструкції;

в) заміна ручного дугового зварювання на напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів забезпечує стабільнішу якість шва, зменшення трудомісткості процесу та підвищення загальної ефективності виробництва.

Зазначені переваги вдосконаленого технологічного процесу позитивно впливають на якість та ефективність зварювальних робіт. Зокрема, вони сприяють покращенню механічних властивостей зварного шва, зменшенню розбризкування розплавленого металу, зниженню трудомісткості виготовлення конструкції, підвищенню продуктивності праці, а також забезпечують суттєвий економічний ефект за рахунок оптимізації витратних ресурсів і скорочення часу виконання операцій.

2.6.1 Заготівельні операції

Заготовки виготовляють із листового прокату та фасонних профілів. Правлення листів здійснюється в холодному стані шляхом локальних пластичних деформацій на листопрямильних вальцях (див. рис. 2.5).

Індивідуальне розмічування є трудомістким, тому для підвищення продуктивності доцільніше застосовувати метод намічування. Проте виготовлення спеціальних шаблонів економічно не виправдане. У зв'язку з

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цим розмічування виконується оптичним способом – без використання шаблонів, безпосередньо за кресленням, яке проектується на поверхню деталі.

Деталі з листового прокату виготовляються методом вирубування на пресовому обладнанні. Процес здійснюється на пресах, де формуються заготовки відповідно до заданих контурів (див. рис. 2.6).

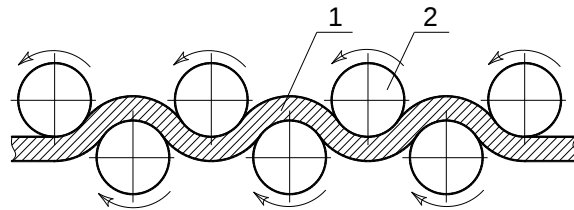


Рисунок 2.5 – Схема правлення листового прокату

1 - листовий прокат, 2 – вальці

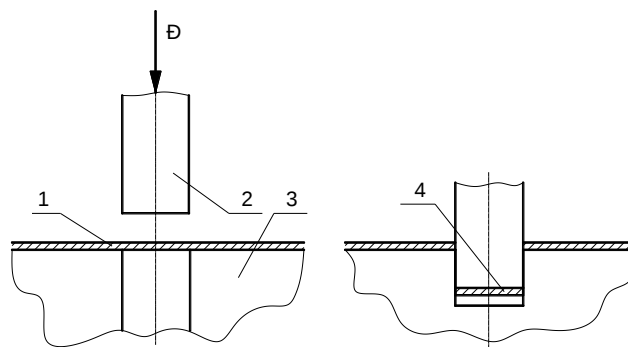


Рисунок 2.6 – Схема роздільного штампування

1 – листовий метал, 2 – пуансон, 3 – матриця, 4 – готова деталь

Перед виконанням складальних операцій здійснюється очищення зварювальних кромek деталей. Забруднення у вигляді фарби, іржі та мастил видаляються металевою щіткою, після чого поверхня протирається тканиною.

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням здійснюється візуальна перевірка відповідності заготовок вимогам креслень. У процесі складання забезпечується точне взаємне розташування елементів конструкції відповідно до їх положення в готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність для запобігання деформаціям під час зварювання. Для виконання складальних і зварювальних операцій застосовуються спеціальні складально-зварювальні пристосування, які забезпечують точність позиціонування та фіксацію деталей.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Складання та зварювання складальних одиниць і всієї конструкції здійснюється за такою послідовністю:

- встановлення першої деталі в пристосування з орієнтацією по фіксатору;
- монтаж наступних елементів із фіксацією по пазах і упором до раніше встановленої деталі;
- розміщення додаткових деталей у пристосуванні згідно з технологічною послідовністю;
- закріплення всіх елементів за допомогою притискачів;
- виконання зварювання в доступних зонах, а в місцях з обмеженим доступом – прихоплювання;
- зняття складальної одиниці з пристосування після розблокування;
- завершальне зварювання всієї одиниці по периметру згідно з технічними вимогами.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт здійснюється зачистка швів та видалення металевих бризок із поверхні конструкції. Для виконання опоряджувальних операцій застосовується відповідне оснащення та засоби індивідуального захисту, зокрема:

- захисні окуляри Uvex-ultravision;
- слюсарний молоток Total, масою 200 г;
- плоске зубило WURTH, розміром 18×150 мм;
- кутова шліфувальна машина Bosch Universal Grind 750-125;
- кільцева щітка з плетеної сталі NovoTools NTWWB15022ST, розміром 150×22,2 мм.

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжні операції – це технологічні дії, що супроводжують основний процес зварювання і забезпечують його ефективність, точність та якість. Їх значення полягає в наступному:

- підвищення точності та відповідності конструкції;
- забезпечення чистоти та якості зварного шва;
- формування геометрії та жорсткості конструкції;
- підготовка до наступних технологічних етапів;
- підвищення продуктивності та економічної ефективності.

Загалом, допоміжні операції є невід’ємною частиною технологічного процесу, що забезпечують стабільну якість, надійність і довговічність зварної конструкції.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють комплекс перевірок на всіх етапах виробничого процесу, що забезпечує відповідність конструкції технічним вимогам та стандартам якості. До основних видів контролю належать:

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

Зовнішній огляд проводиться для перевірки форми та розміщення зварних швів відповідно до креслень, виявлення зовнішніх дефектів (тріщин, пор, подрізів) і деформацій конструкції.

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

Метою нормування є визначення обґрунтованої кількості зварювальних матеріалів, необхідної для виготовлення конструкції, а також забезпечення їх раціонального та економного використання у виробництві.

Загальні вимоги до нормування витрат і відходів, а також методи їх розрахунку в зварювальному процесі встановлено стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [9].

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

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [9, с.6]:

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

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

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

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=2,85$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 120 \cdot 2,85 \cdot 10^{-3} = 5,13 \quad \text{кг.}$$

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

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 5,13 \cdot 0,7 = 3,591 \quad \text{кг,}$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 5,13 \cdot 0,5 = 2,565 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{ел} = 3,591 + 2,565 = 6,156 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [9,с.10]:

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K_r – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту, $K_r=0,85\dots0,9$;

$$H_z = 3,591 \cdot 0,9 = 3,232 \quad \text{л / хв.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

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

де U_d – напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

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

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

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

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

Визначимо затрати електроенергії на зварювання виробу в цілому:

$$E_\Sigma = E \cdot l_{ш}, \quad (2.19)$$

$$E_\Sigma = 1,33 \cdot 2,85 = 3,79 \quad \text{кВт.}$$

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Розроблення пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Створення нового або вдосконалення наявного пристосування здійснюється на основі аналізу конструкторської документації та технічних вимог до зварної конструкції.

Під час розробки зварних виробів питання технологічності нерідко залишаються поза увагою конструктора. Тому на етапі проектування технологічного процесу, а також при виборі або створенні зварювального пристосування, виникає потреба в додатковому аналізі конструкції з точки зору її придатності до виготовлення.

При розробці зварної конструкції важливо враховувати форму, точність виготовлення та стан поверхонь деталей, що входять до складу складальних одиниць. Їх конфігурація повинна забезпечувати зручне встановлення та демонтаж, а також вільний доступ до зон прихоплювання і зварювання. Рационально спроектована конструкція сприяє використанню простих і економічних пристосувань, що значно полегшує складання та оптимізує технологічний процес виготовлення виробу.

Рациональний процес складання та зварювання виробу має бути детально опрацьований у форматі маршрутної або розгорнутої технологічної схеми. Особливу увагу слід приділити вивченню цього процесу конструктором пристосування, оскільки саме він забезпечує відповідність конструкції технологічним умовам і ефективність її виготовлення.

Аналіз виробничої програми дозволяє оцінити складність конструкції пристосування, а також визначити доцільність його оснащення механізмами для механізації та автоматизації процесів. Вибір типу пристосування залежить від низки факторів, зокрема: способу зварювання та складання,

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструктивних особливостей виробу, матеріалу та поперечного перерізу деталей, вимог до точності, якості з'єднань і складання, рівня продуктивності, необхідного для серійного або масового виробництва.

У процесі проектування та організації виробництва слід прагнути до зниження трудомісткості складальних і допоміжних операцій. Важливо забезпечити стабільну якість продукції, створити комфортні умови праці для персоналу та мінімізувати виконання монотонних, малоефективних ручних дій.

У серійному та масовому виробництві широко використовуються механізовані високошвидкісні пристосування, які працюють за рахунок енергії стисненого повітря, рідини або електроенергії, а не фізичних зусиль оператора. Функції працівника зводяться до керування обладнанням, завантаження та вивантаження виробів, а також встановлення і знімання деталей. У випадках, коли повна механізація або автоматизація є технічно складною чи економічно недоцільною, ці операції виконуються вручну.

Вибір оптимального варіанту пристосування здійснюється на основі техніко-економічного аналізу доступних рішень. Порівнюються технічні характеристики, функціональні можливості, рівень механізації, а також витрати на виготовлення, експлуатацію та обслуговування. Перевагу надають тому варіанту, який забезпечує найкраще поєднання технічної доцільності та економічної ефективності.

Під час технічного обґрунтування доцільності застосування того чи іншого пристосування необхідно здійснювати порівняльний аналіз за такими основними показниками:

- прогресивність конструкції: рівень механізації та автоматизації, продуктивність і трудомісткість операцій, раціональність використання апаратури та обладнання, забезпечення стабільної якості виробу, відповідність вимогам охорони праці та безпеки, вплив на навколишнє середовище (шум, вібрація, забруднення тощо);

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виробничо-експлуатаційні характеристики: тривалість виробничого циклу, габаритні розміри та маса пристосування, необхідна площа та об'єм виробничих приміщень, кількість обслуговуючого персоналу, питома продуктивність, ступінь завантаження основного обладнання, обсяг і тип відходів, витрати енергії та матеріалів.

Для визначення економічної доцільності використання конкретного пристосування необхідно провести порівняльний аналіз капітальних витрат, собівартості виготовлення виробів, а також розрахувати очікуваний річний економічний ефект. Важливим показником є термін окупності інвестицій, який дозволяє оцінити ефективність вкладених коштів у виробниче оснащення.

З урахуванням технологічних вимог і специфіки виробничого процесу, для виготовлення корпусу стріли крана доцільно застосовувати складально-зварювальне обладнання. Це дозволяє виконувати зварювання безпосередньо після складання, що позитивно впливає на якість з'єднань. Відсутність переустановлень і проміжного транспортування конструкції мінімізує ризик деформацій.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Складання виробу під зварювання передбачає послідовне орієнтування всіх деталей відповідно до складального креслення, точне суміщення елементів за розмірами та їх тимчасове фіксування. Для закріплення використовуються затискні пристосування або прихоплювальні зварні точки.

Форма поверхні кожної деталі, що входить до складу виробу, визначає конфігурацію та тип встановлювальних елементів пристосування. Конструкція цих елементів безпосередньо залежить від коректного вибору базових точок, ліній і поверхонь на деталях складальної одиниці.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлювальні елементи (фіксатори) відіграють ключову роль у забезпеченні точного позиціонування деталей зварного вузла в складальному пристосуванні. До них висуваються такі вимоги:

- забезпечення відповідного положення деталей згідно з кресленням і технологічними допусками;
- легке встановлення елементів у пристосування без додаткових коригувань;
- відкритий доступ до зон прихоплювання та зварних швів;
- здатність утримувати деталі без деформацій під дією зварювальних навантажень;
- можливість швидкого звільнення виробу після завершення зварювання та його безперешкодного знімання з пристосування.

Під час складання корпусу стріли крана для точного встановлення деталей за базовими поверхнями використовуються упори двох типів – постійні та відкидні (див. рис. 3.1).

Найпоширенішими є постійні упори, які виконуються у вигляді оброблених стійок, кутників або пластин. Їх закріплюють на основі пристосування шляхом приварювання або пригвинчування з фіксацією штифтами. Відкидні упори застосовуються тоді, коли стаціонарні елементи заважають вільному встановленню деталей або ускладнюють знімання готового вузла. Для одночасного фіксування деталей по двох базових поверхнях використовують кутові постійні упори.

Для точного встановлення деталей за отворами в складальних пристосуваннях використовують установлювальні пальці та штирі трьох типів: постійні, відкидні та знімні (рисунк 3.2).

Постійні пальці закріплюються на пристосуванні нерухомо – шляхом зварювання, запресування або за допомогою різьбових з'єднань. Знімні та відкидні пальці застосовуються у випадках, коли стаціонарне кріплення ускладнює встановлення деталей або перешкоджає їх зручному зніманню після складання.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

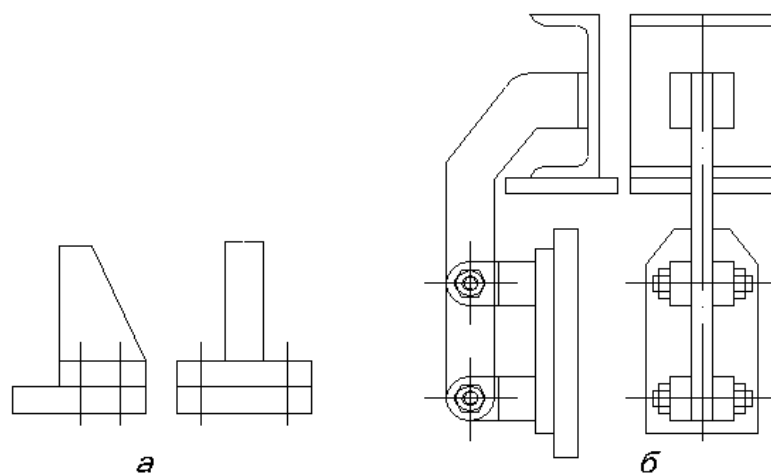


Рисунок 3.1 - Установлювальні елементи складальних пристосувань

а - упор постійний; б - упор відкидний

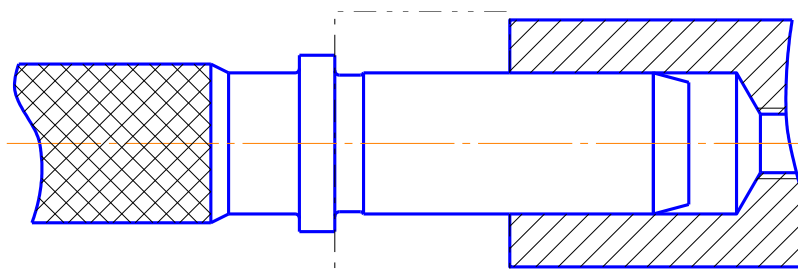


Рисунок 3.2 – Установлювальний знімний палець

У випадках, коли окремі деталі зварюваного вузла встановлюються за орієнтиром уже змонтованих елементів цієї ж конструкції, використовують шаблони.

Для попереднього, грубого встановлення виробу за трьома базовими поверхнями в складальних пристосуваннях використовують опорні гнізда. Вони виконують функцію фіксаторів, забезпечуючи орієнтацію виробу в просторі. Ширина гнізда повинна перевищувати максимальну ширину виробу на кілька міліметрів, що дозволяє легко встановлювати та знімати деталь без заїдань і деформацій.

Затискні елементи, зокрема притискачі та затискачі, призначені для надійного закріплення деталей зварюваного виробу після їх встановлення в

пристосування. Вони забезпечують стабільне положення елементів під час складання та зварювання, запобігаючи зміщенням, деформаціям і втраті точності.

Притискачі та затискачі, як елементи фіксації, повинні відповідати таким вимогам:

- забезпечення правильного напрямку та рівномірного прикладання притискного зусилля без зсувів деталей відносно базових поверхонь;
- утримання деталей у стабільному положенні протягом усього процесу складання та зварювання;
- легке встановлення деталей у пристосування, доступність до зон зварювання, а також можливість швидкого знімання виробу після завершення робіт;
- зручний доступ до елементів приводу, особливо у випадку ручного керування;
- виключення ризиків травмування оператора та забезпечення безпечних умов праці.

Притискачі, що застосовуються у складальних пристосуваннях, поділяються на два основних типи: ручні і механізовані.

Механізовані притискачі забезпечують низку важливих переваг у процесі складання та зварювання: створюють великі та стабільні притискні зусилля; зменшують трудомісткість складальних операцій; сприяють підвищенню рівня механізації виробничого процесу та покращують умови праці.

Притискачі поділяються на ручні та механізовані. Ручні притискачі можуть бути клиновими, гвинтовими, ексцентриковими, важільними та байонетними. Механізовані притискачі класифікуються за типом приводу на пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, електромагнітні та з постійним магнітом. У деяких випадках притискачі поєднують з упорами або фіксаторами, утворюючи комплексні вузли. У переналагоджуваних і

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

універсально-складальних пристосуваннях установлювальні та затискні елементи виконують знімними або регульованими, що забезпечує гнучкість і адаптацію до різних типів виробів.

Найбільш поширеним типом притискачів є пристрої з пневматичним приводом. Пневмопривід має низку переваг, серед яких:

- доступність, обумовлена наявністю на більшості підприємств централізованої системи стисненого повітря;
- відносна простота конструкції, що спрощує виготовлення та обслуговування;
- висока надійність у процесі експлуатації;
- зручність керування, що дозволяє легко інтегрувати привід у складальні та зварювальні процеси.

З огляду на технологічні вимоги, для встановлення, фіксації та закріплення вузлів корпусу стріли крана в складальних пристосуваннях застосовуються постійні упори, відкидні фіксатори, а також притискачі та затискачі з пневматичним приводом.

Пневматичні силові приводи вмикаються за допомогою золотникових кранів. Для пневмоциліндрів односторонньої дії застосовують трьохходові крани, а для двосторонньої – чотирьохходові. Поршневі золотники мають врівноважену конструкцію, що дозволяє керувати ними з мінімальним зусиллям, завдяки чому вони придатні для автоматизованих систем.

Пневмопривід, що подає стиснене повітря до пневмоциліндрів, повинен мати достатній діаметр для забезпечення стабільної роботи приводу. Допустиме зниження тиску в магістралі не повинно перевищувати 10% від номінального значення.

Пневматичні приводи працюють на стисненому повітрі, яке перед використанням проходить ретельне очищення від пилу та вологи, що сприяє підвищенню їх надійності та довговічності.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Якщо в пристосуванні встановлено два або більше пневмоциліндри, їх робота здійснюється або одночасно, або в заданій послідовності. У таких випадках доцільно використовувати один загальний кран (золотник) для керування. Для зниження рівня шуму відпрацьоване повітря відводиться через глушники.

Гвинтові притискачі є універсальними, простими за конструкцією та надійними в експлуатації. Вони дозволяють суттєво зменшити прикладене зусилля порівняно з необхідним притискним. Окрім них, у складанні також застосовують важільні затискачі з пневматичним приводом, які можуть мати різні конструктивні виконання.

Притискачі відрізняються тим, що створюють зусилля з одного боку, притискаючи деталь до упору або до суміжної поверхні іншої деталі. Натомість затискачі діють з обох боків, охоплюючи деталь між двома протилежно розташованими робочими поверхнями, що забезпечує її фіксацію шляхом затискання.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 корпусу стріли крана

Показник	Одини- ці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	1500x350x150	1500x350x150
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Сталь 20	кг	162	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,6	
захисний газ (суміш – Ar 82% +CO ₂ 18%)	м ³	3,22	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	8,5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Сталь 20	грн	45,35	45,2
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	144,25	143,9
захисний газ (суміш – Ar 82% +CO ₂ 18%)	грн	39,5	39
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	42,5	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення корпусу стріли крана

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Правлення	$\frac{3}{П}$	Правильна машина UFR7x630	1210000	15	молоток	150	III	$\frac{4,5}{4,3}$
Штампуння	$\frac{3}{П}$	Машина роторно-штампувальна ROT-500	1856000	18,5			III	$\frac{4,6}{4,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально-зварювальний кондуктор	711000		молоток зубило плоске WURTH 18x150мм	150 337	IV	$\frac{5,7}{4,9}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зв. напівавтомат Kaiser MIG-300	14500	8 (кВА)			IV	$\frac{4,7}{4,4}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Bosch Universal Grind 750-125	3440	2	окуляри зах. Uvex-ultravision щітка NovoTools NTWWB1 5022ST 150x22,2 молоток	415 345 150	III	$\frac{4,3}{3,5}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$				збільш. лупа THE "EYE" GARDNER 5x	375	VI	3,0
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Електроталь	48000	4			III	1,9

Штучна норма часу:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) по технологічних операціях: по заводу 26,9;

по проекту 24,6;

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

по проекту 1,9.

Загальна штучна норма часу: по заводу 28,8;

по проекту 26,5.

Для виготовлення корпусу стріли 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.8]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

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

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

Розрахунок проводять за формулою [10, с.9]:

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

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Кількість робочих місць для виконання правління при виготовленні корпусу стріли крана:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для виконання штампування заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,7 \cdot 6100}{1903 \cdot 5,1} = 2,95 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

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

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

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

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

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [10, с.13]:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

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

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

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [10, с.13]:

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

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається

$K_{вн} = 5,1 \dots 5,2$;

Необхідна кількість правильників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість штампувальників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

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

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
правильники	3	3	III	III
штампувальники	3	3	III	III
складальники	4	3	III	III
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер ділянки	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	26	24	—	—

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 прејскурантної 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				
3/П	Сталь 20			кг	45,35	45,2	7346,7	7322,4	44814870	44666640			
3/П	Зв. дріт Св-08Г2С			кг	144,25	143,9	86,55	86,34	527955	526674			
3/П	Захисна суміш – Ag 82% +CO ₂ 18%			кг	39,5	39	127,19	125,58	775859	766038			
Р- ом							7560,44	7534,32	46118684	45959352			
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	2,27	2,26	367,34	366,12	2240743,5	2233332	42,5	42,5	259250	259250		
3/П	5	7,21	7,2	4,33	4,32	26397,75	26333,7						
3/П	5	1,98	1,95	6,36	6,28	38792,95	38301,9						
Р- ом		11,46	11,41	378,02	376,72	2305934,2	2297967,6	42,5	42,5	259250	259250		

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.16]:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [10, с.16]:

$$Z_{oo} = Z_{oo} (D_1 + D_2), \quad (4.6)$$

де D_1 - доплата за шкідливість, грн, $D_1 = 12...24\%$, приймаємо $D_1 = 20\%$; D_2 - інші доплати, грн, $D_2 = 15...20\%$, приймаємо $D_2 = 15\%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [10, с.17]:

$$Z_{no} = Z_{oo} \cdot P, \quad (4.7)$$

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:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 2,3 \cdot 56,5 \cdot 4,5 = 584,78 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 584,78 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,67 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 584,78 \cdot 0,4 = 233,91 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 2,3 \cdot 56,5 \cdot 4,3 = 558,79 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 558,79 \cdot (0,2 + 0,15) = 195,58 \text{ грн};$$

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 558,79 \cdot 0,4 = 223,51 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці штампувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,1 \cdot 59 \cdot 4,6 = 569,94 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 569,94 \cdot (0,2 + 0,15) = 199,48 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 569,94 \cdot 0,4 = 227,98 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,1 \cdot 59 \cdot 4,5 = 557,55 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 557,55 \cdot (0,2 + 0,15) = 195,14 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 557,55 \cdot 0,4 = 223,02 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,2 \cdot 58,5 \cdot 5,7 = 733,59 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 733,59 \cdot (0,2 + 0,15) = 256,76 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 733,59 \cdot 0,4 = 293,44 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,2 \cdot 58,5 \cdot 4,9 = 630,63 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 630,63 \cdot (0,2 + 0,15) = 220,72 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 630,63 \cdot 0,4 = 252,25 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,5 \cdot 59,5 \cdot 4,7 = 699,13 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 699,13 \cdot (0,2 + 0,15) = 244,69 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 699,13 \cdot 0,4 = 279,65 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,5 \cdot 59,5 \cdot 4,4 = 654,5 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 654,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 229,08 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 654,5 \cdot 0,4 = 261,8 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 2,7 \cdot 58,5 \cdot 4,3 = 679,19 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 679,19 \cdot (0,2 + 0,15) = 237,72 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 679,19 \cdot 0,4 = 271,67 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 2,7 \cdot 58,5 \cdot 3,5 = 552,83 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 552,83 \cdot (0,2 + 0,15) = 193,49 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 552,83 \cdot 0,4 = 221,13 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$Z_{oo} = 3,3 \cdot 62,5 \cdot 3,0 = 618,75 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 618,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 216,56 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 618,75 \cdot 0,4 = 247,5 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$Z_{oo} = 5,2 \cdot 60 \cdot 1,9 = 592,8 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 592,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 207,48 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 592,8 \cdot 0,4 = 237,12 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [10, с.16]:

$$Z_{од} = r_{од} \cdot C_p \cdot \Phi_{ef}, \quad (4.8)$$

де $Z_{од}$ - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{од}$ - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

C_p - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{од} = 2 \cdot 67,25 \cdot 1850 = 248825 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 248825 \cdot 0,35 = 87088,75 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 248825 \cdot 0,4 = 99530 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 67,25 \cdot 1850 = 248825 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 248825 \cdot 0,35 = 87088,75 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 248825 \cdot 0,4 = 99530 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 67,25 \cdot 1850 = 124412,5 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 124412,5 \cdot 0,35 = 43544,38 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 124412,5 \cdot 0,4 = 49765 \text{ грн.}$$

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.17]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

$$З_{оп} = 1 \cdot 17900 \cdot 12 = 214800 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 214800 \cdot 0,35 = 75180 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 214800 \cdot 0,4 = 85920 \text{ грн.}$$

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 12350 \cdot 12 = 148200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 148200 \cdot 0,35 = 51870 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 148200 \cdot 0,4 = 59280 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
правильники	443844,23	424117,82	155345,48	148441,24	177537,69	169647,13
штампувальники	432584,46	423180,45	151404,56	148113,16	173033,78	169272,18
складальники	742393,1	478648,17	259837,58	167526,86	296957,23	191459,27
зварювальники	530635,88	496765,5	185722,56	173867,93	212254,35	198706,2
зачищувальники	515501,42	279729,45	180425,5	97905,31	206200,57	111891,78
контролери	313087,5		109580,63		125235	
транспортувальники	149978,4		52492,44		59991,36	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	248825		87088,75		99530	
ремонтники	248825		87088,75		99530	
електрики	124412,5		43544,38		49765	
ІТР	214800		75180		85920	
МОП	148200		51870		59280	
Разом	4113087,46	3550569,79	1439580,61	1242699,43	2581044,36	2356037,29

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	3	П
Основні матеріали:	7560,44	7534,32
сталь Сталь 20	7346,7	7322,4
зв. дріт Св-08Г2С	86,55	86,34
захисна суміш (Аг 82% +СО ₂ 18%)	127,19	125,58
Поворотні відходи	42,5	
Паливо та енергія на технологічні цілі	560	557
Основна заробітна плата основних робітників	512,79	420,58
Додаткова заробітна плата основних робітників	179,48	147,2
Премії та надбавки основних робітників	205,12	168,23
Відрахування на соціальне страхування	12,56	10,3
Відрахування на медичне страхування	22,44	18,4
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	275,34	275,34
Цехові (дільничні) витрати	160,67	160,67
Всього цехова собівартість	9446,34	9249,54

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 затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
правильне	3	3	1210000	1210000	60500	60500
штампувальне	2	2	1856000	1856000	92800	92800
складальне	4	3	711000	711000	35550	35550
зварювальне	3	3	14500	14500	725	725
зачищувальне	3	2	3440	3440	172	172
транспортне	1	1	48000	48000	2400	2400
Інструменти:						
молоток	9	8	150	150	7,5	7,5
зубило	7	5	337	337	16,85	16,85
захисні окуляри	3	2	415	415	20,75	20,75
щітка	3	2	345	345	17,25	17,25
збільшувальна лупа	2	2	375	375	18,75	18,75
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	9725000	9725000	5	486250	486250
Устаткування:					
правильне	3690500	3690500	8	295240	295240
штампувальне	3804800	3804800	8	304384	304384
складальне	2879550	2168550	7	201568,5	151798,5
зварювальне	44225	44225	6,5	2874,63	2874,63
зачищувальне	10492	7052	8	839,36	564,16
транспортне	50400	50400	7	3528	3528
Інструменти:			16		
молоток	1357,5	1207,5		217,2	193,2
зубило	2375,85	1701,85		380,14	272,3
захисні окуляри	1265,75	850,75		202,52	136,12
щітка	1052,25	707,25		168,36	113,16
збільшувальне лупа	768,75	768,75		123	123
Разом	20211787,1	19495763,1		1295775,7	1245477,06

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [10,с.26]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=14258,75$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=13790,13$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=9446,34$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=9249,54$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((14258,75 + 0,15 \cdot 9446,34) - (13790,13 + 0,15 \cdot 9249,54)) \cdot 6100 = 3038654 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [10,с.27]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=76538713$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=74672479$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [10,с.26]:

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E_{yp} = 6100 \cdot (14258,75 - 13790,13) = 2858582 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{76538713 - 74672479}{2858582} = 0,65 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	6100	6100
Кількість технологічного устаткування	шт	14	12
Собівартість товарної продукції	грн	14258,75	13790,13
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	26	24
- основних робітників	чол	19	17
Фондомісткість продукції	грн/шт	9446,34	9249,54
Умовна річна економія	грн	-	2858582
Річний економічний ефект	грн	-	3038654
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,65
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	21490,48	20535,35
- штампувальники	грн	20945,3	20489,96
- складальники	грн	26959,43	23175,65
- зварювальники	грн	25692,84	24052,88
- зачищувальники	грн	24960,05	20316,32
- контролери	грн	22739,06	22739,06
- транспортувальники	грн	21785,4	21785,4

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Природне освітлення, його нормування та розрахунок для зварювальної дільниці

Природне освітлення характеризується тим, що створюючи в приміщенні освітленість її показник змінюється в надзвичайно широких межах. В якості нормованої величини для природного освітлення прийнята відносна величина-коефіцієнт природного освітлення. На рисунку 5.1 приведена схема визначення коефіцієнта природного освітлення.

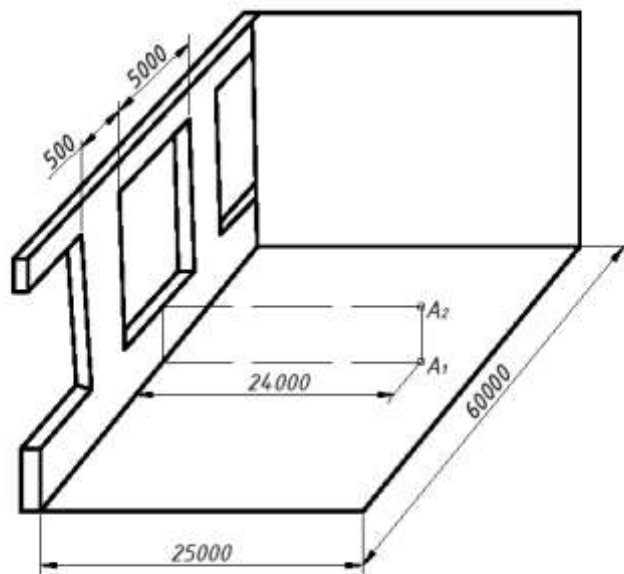


Рисунок 5.1 – Схема визначення коефіцієнта природного освітлення в спроектованому цеху [11, с.308]

Проведемо розрахунок природного освітлення по двох точках A_1 і A_2 .

Визначаємо мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення за формулою [11, с.309]:

$$E_{\min} = (E_1 - E_2) \cdot K_{30} \cdot K_3 \cdot K_1 \cdot \tau_0, \quad (5.1)$$

де, $E_{\min}$ – мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення;

E_1 – коефіцієнт природного освітлення для умовного вікна висотою 7,5 м від підлоги до верхнього краю вікна;

E_2 – коефіцієнт природного освітлення для умовного вікна, яке має висоту 1,5 м (висота від підлоги до підвіконника);

$K_{зд}$ – коефіцієнт, який враховує затемнення вікон від суміжної будівлі, $K_{зд} = 1,0$ [11, с.309];

K_3 – поправочний коефіцієнт, $K_3 = 0,75$ [11, с.310];

K_1 – поправочний коефіцієнт при двох шарах віконного скла по сталевих подвійних прольотах, які відчиняються, $K_1 = 0,9$ [11, с.310];

τ_0 – коефіцієнт світлопроникнення, $\tau_0 = 0,9$.

Визначаємо $E_1 = 0,8$ і $E_2 = 0,3$ за графіком наведеним [11, с.310].

Коефіцієнт K_3 визначаємо з графіка [11, с.311] приймаємо $K_3 = 0,8$.

Отже мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення становитиме:

$$E_{\min} = (0,8 - 0,3) \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,324;$$

$$E_{\min} > E_n = 0,3\%.$$

Отже, це вказує на те, що природне освітлення в розрахованій точці зварювальної ділянки відповідає нормам для даного виробничого процесу.

5.2 Гігієнічна характеристика механізованих способів зварювання

Хімічний склад і рівні виділень зварювальних аерозолів під час механізованого зварювання в захисних газах залежать від складу зварювального дроту, захисного газу та режимів зварювання [12, с.33]. При зварюванні дротом типової марки Св-08Г2С у вуглекислому газі інтенсивність виділення зварювальних аерозолів (далі ЗА) залежно від параметрів режиму зварювання і діаметру дроту коливається від 0,2 до 1,6 г/хв, питомі виділення — від 4,6 до 20,3 г/кг дроту. При цьому, не дивлячись на незначний вміст

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

марганцю в зварювальному дроті (1,8...2,1%), його вміст в зварювальних аерозолях, що утворюється, досягає 31,1... 13,7%. Концентрація діоксиду кремнію складає 7,6...10%, а заліза — 54...85%. З підвищенням вмісту легуючих елементів (Mn, Si) у зварювальному дроті їх концентрація в зварювальних аерозолях (ЗА) та рівні виділень підвищуються.

При застосуванні дротів, мікролегованих рідкоземельними металами (РЗМ), які вміщують незначну кількість церію (0,01...0,03%) і трохи знижену кількість марганцю (1,50...1,80%), рівні виділення ЗА і вміст у ній токсичного марганцю знижується [12, с.34]. Цьому сприяє не тільки знижений вміст марганцю в дроті, але й можливість проводити зварювання струмом прямої полярності, при якій температура дуги нижча, ніж у дузі зворотної полярності. Такі переваги в гігієнічному відношенні забезпечують наявність у дроті РЗМ.

Крім ЗА, під час зварювання в захисних газах в зоні зварювальної дуги утворюються і шкідливі газоподібні речовини, склад яких визначається складом захисного газу. Під час зварювання у вуглекислому газі в повітря робочої зони виділяється монооксид вуглецю (чадний газ) з інтенсивністю 0,100...0,200 г/хв та оксиди азоту - 0,003...0,015 г/хв [12, с.34].

При використанні в ролі захисного газу аргону або його суміші в повітрі робочої зони з'являється озон, який утворюється із кисню повітря та захисного газу під дією ультрафіолетового випромінювання дуги. Концентрація озону в початковий період зварювання висока, але потім він реагує з оксидом азоту з утворенням діоксиду азоту та кисню. Причому озон утворюється не тільки в зоні дуги, а й на деякій відстані від неї. Концентрація озону в повітрі знижується пропорційно відстані віддалення від дуги.

Під час механізованого зварювання порошковими дротами у вуглекислому газі рутилового (ПП-АН8, ПП-АН10), рутил-флюоритного (ПП-АН9, ПП-АН18), а також самозахисними дротами карбонатно-флюоритного типу (ПП-АН7, ПП-АН11) утворюються ЗА і гази, що вміщують, крім марганцю, кремнію, заліза, оксидів азоту та вуглецю, також фтористий водень,

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тетрафтористий кремній, розчинні і нерозчинні фториди. Інтенсивність виділення ЗА під час зварювання цими дротами вища, ніж при застосуванні дротів суцільного перерізу, виділення фтористого водню складає 16,6...56,7 мг/хв, тетрафтористого кремнію — 29,3...78,7 мг/хв [12, с.34].

Таким чином, під час зварювання порошковими дротами залежно від їх складу основними шкідливими речовинами, що надходять в повітря робочої зони є фтористі гази, розчинні фториди та сполуки марганцю.

При використанні хромонікелевих зварювальних і наплавних порошкових дротів, а також наплавних порошкових стрічок у складі ЗА, крім фторидів, можуть бути присутні сполуки нікелю, шестивалентного та трьох валентного хрому, які залежно від їх вмісту в ЗА можуть визначати його токсичність.

Під час зварювання активованим дротом інтенсивність утворення ЗА на оптимальних режимах нижча, ніж при використанні порошкових дротів і вища, ніж під час зварювання дротом суцільного перерізу типу Св-08Г2С. Вміст марганцю в ЗА, який утворюється під час зварювання активованим дротом, нижчий, ніж у випадку застосування дроту Св-08Г2С. Проте у складі таких ЗА з'являються легколеткі розчинні та нерозчинні сполуки фтору. При збільшенні діаметру дроту інтенсивність утворення ЗА зростає.

Найбільш токсичними компонентами ЗА під час зварювання активованими дротами є сполуки марганцю та фтору.

Рівень виділень ЗА залежить від параметрів процесу зварювання: величини зварювального струму і напруги дуги, діаметра електродного дроту та складу захисного газу. Виділення ЗА підвищується зі збільшенням окислювальної спроможності захисного газу: введення до його складу інертного газу замість вуглекислого знижує рівень виділень ЗА. Підвищення напруги дуги призводить до підвищення рівня виділення зварювальних аерозолів (ЗА) [12, с.34].

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі вдосконалення технології виготовлення корпусу стріли крана були запропоновані такі технічні рішення:

- замість ручного дугового зварювання застосувати напівавтоматичне зварювання в середовищі суміші аргону та вуглекислого газу;
- впровадити сучасне високопродуктивне обладнання для підвищення ефективності виробничого процесу.

Корпус виготовляється з маловуглецевої сталі марки Сталь 20, що обумовлює застосування напівавтоматичного зварювання в газовій суміші, яка містить 82% аргону та 18% вуглекислого газу. Як присадковий матеріал використовується зварювальний дріт марки Св-08Г2С діаметром 1,2 мм. Для виконання зварювальних робіт застосовується напівавтомат моделі Kaiser MIG-300.

У межах роботи були виконані розрахунки параметрів режиму зварювання, які становлять:

- зварювальний струм $I_{зв} - 120 \text{ А}$;
- напруга на дузі $U_d - 25 \text{ В}$;
- швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.} - 165 \text{ м/год}$;
- швидкість зварювання $V_{зв.} - 16 \text{ м/год}$;
- витрати захисного газу $Q_{г} - 9 \text{ л/хв.}$

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь 20. Продукція, характеристики, застосування сталі: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/20> (дата звернення: 20.05.2026).
2. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
3. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Зварювальний інвертор напівавтомат Kaiser MIG-300. Технічні характеристики: веб-сайт. URL: https://rozetka.com.ua/ua/kaiser_46067/p4587278/characteristics/ (дата звернення: 25.05.2026).
8. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-yakosti-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 25.05.2026).

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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. Довідкова книга з світлотехніки. Інженерні системи: веб-сайт. URL: https://books.totalarch.com/databook_on_lighting (дата звернення: 10.06.2026).

12. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві. Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей. Київ: Основа, 2004. 98 с.

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.34.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		