

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
воріт відкатних

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

Михайло КОПЧА

Керівник

Микола СТАШКІВ

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

КОПЧІ Михайлу Миколайовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
воріт відкатних

Керівник роботи СТАШКІВ Микола Ярославович
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Наслідки впливу електричного струму на організм людини

5.2 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки проекту вдосконалення технологічного процесу виготовлення воріт відкатних

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення воріт відкатних – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення воріт відкатних – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення зварювального маніпулятора – 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)

Михайло КОПЧА

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Микола СТАШКІВ

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення воріт відкатних 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 sliding gates manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	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	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	13
1.3.4 Вимоги до складання	13
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	14
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	17
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	20
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	25
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	28
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	30
2.6.1 Заготівельні операції	31
2.6.2 Складальні операції	32
2.6.3 Складально-зварювальні операції	32

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення воріт відкатних Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.	Копча										
Перевір.	Сташків									4	70
Реценз.								ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск			
Н. Контр.	Залуцька										
Затв.	Дранівська										

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	33
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	33
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	33
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	34
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	37
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	37
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	39
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	42
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	48
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	51
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	52
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	58
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	58
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	61
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	63
5.1	Наслідки впливу електричного струму на організм людини	.	.	.	.	.	63
5.2	Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки						
	проекту вдосконалення технологічного процесу виготовлення						
	воріт відкатних	.	.	.	.	.	65
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	68
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	70

ВСТУП

Сучасні можливості зварювання практично не мають обмежень. Завдяки розвитку технологій, сьогодні зварюють тонкостінні оболонки для радіоактивних ізотопів з високолегованих сталей товщиною всього 0,8 мм, а також масивні елементи, такі як захисні кожухи атомних реакторів і деталі пресів товщиною до 3400 мм. Крім традиційного з'єднання металів, зварювальні технології охоплюють широкий спектр матеріалів, включаючи пластмаси, скло, кварц та інші неметали.

Зварювання є незамінним процесом, який широко використовується практично в усіх галузях народного господарства. Проте найважливішу роль воно відіграє у машинобудуванні та будівельній індустрії.

Сучасні напрямки розвитку зварювального виробництва охоплюють низку стратегічно важливих тенденцій: перехід від клепаних, литих та кованих конструкцій до більш економічних зварних аналогів; розширення номенклатури та обсягів виробництва зварювальних матеріалів; активне впровадження високопродуктивних методів автоматичного та напіваавтоматичного зварювання, які сприяють підвищенню продуктивності праці.

Застосування зварювання відкрило можливість виготовлення унікальних гідравлічних і парових турбін, конструкція яких включає деталі та вузли складної геометрії і великої товщини, виготовлені з різноманітних легованих сталей та біметалів. У таких виробках часто використовують маловуглецеву або низьколеговану сталь товщиною понад 6 мм, поверхня якої покрита шаром високолегованої сталі або алюмінієво-магнієвим сплавом. Це дозволяє поєднувати механічну міцність основного матеріалу з корозійною стійкістю та термостійкістю покриття, що є критично важливим для експлуатації турбін в екстремальних умовах.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Відкатні ворота – це конструкції, що відкриваються шляхом переміщення полотна вздовж огорожі, паралельно своїй осі. Вони призначені для перекриття широких проїздів, забезпечуючи зручний в'їзд та виїзд на приватні подвір'я, промислові об'єкти, складські території та інші обгороджені ділянки.

Конструкція відкатних воріт включає три основні елементи: металеву раму, напрямну балку та обшивку. Рама виготовляється з профільної труби розміром 60×30×3,0 мм, що забезпечує жорсткість і стабільність конструкції. Напрямна балка виконується з сталевого кутника 63×63×5,0 мм, який слугує опорною поверхнею для переміщення полотна воріт. Обшивка – це гарячекатаний лист товщиною 2 мм, що формує зовнішній вигляд воріт і додає їм міцності. Для виготовлення всіх елементів використовується маловуглецева сталь звичайної якості Ст2пс.

Габаритні розміри відкатних воріт становлять:

- довжина – 6000 мм;
- висота – 2063 мм.

Загальний вигляд конструкції представлено на рисунку 1.1.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

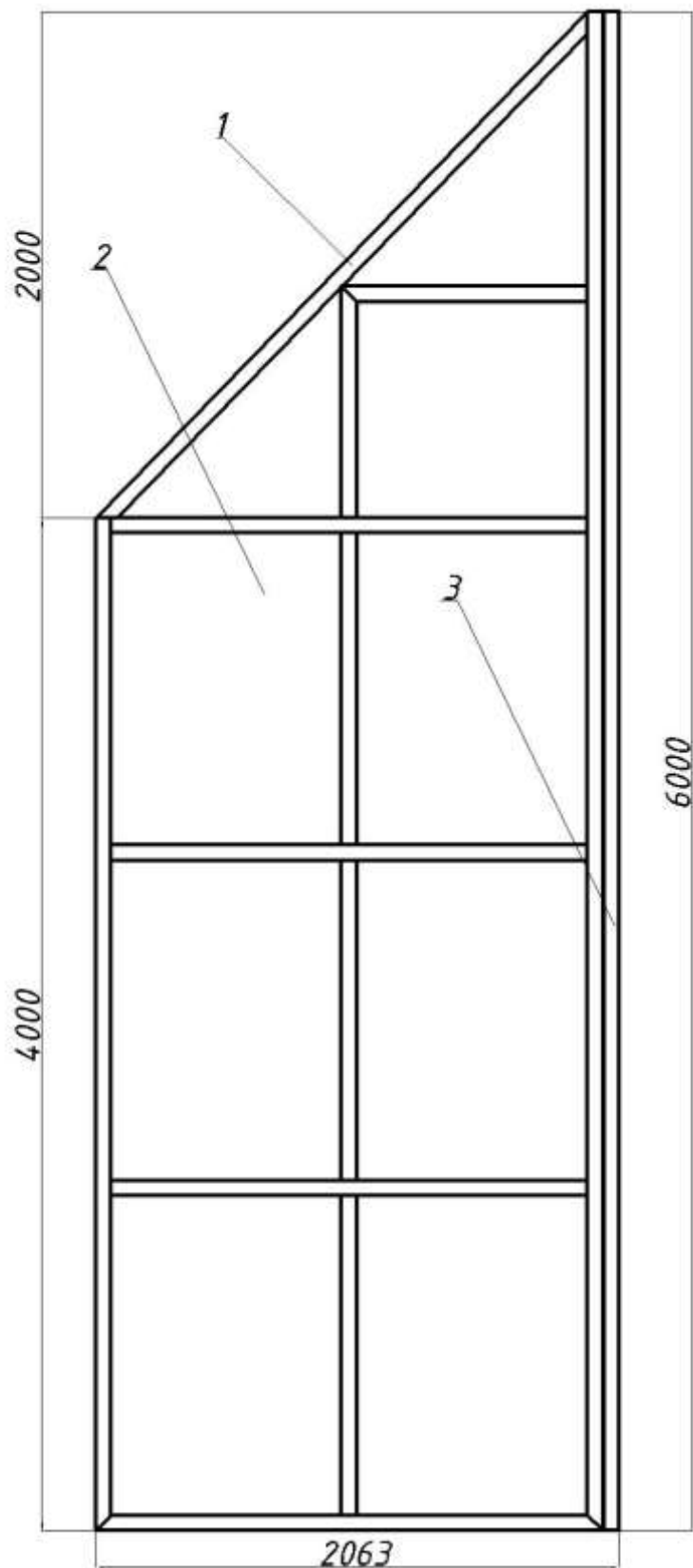


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд воріт відкатних

1 – рама, 2 – обшивка; 3 – напрямна балка

					<i>КР.422.12.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

До виробу та процесу його зварювання висуваються такі основні технічні вимоги:

1. Точне дотримання розмірів деталей, що забезпечує правильність складання та відповідність конструкції проєктній документації.
2. Контроль параметрів режиму зварювання, які мають гарантувати належну якість зварних з'єднань. Ці параметри визначаються залежно від: товщини зварюваних елементів, марки сталі, що використовується, типу зварювальних матеріалів, конструктивних особливостей з'єднання.
3. Очищення зварних швів від шлаку після завершення зварювання – це необхідна умова для забезпечення довговічності та надійності з'єднання.
4. Підготовка лицевих поверхонь до фарбування відповідно до вимог стандартів: вони повинні бути очищені від бризок металу, окалин та інших дефектів, що можуть вплинути на якість покриття.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Матеріалом для виготовлення відкатних воріт слугує конструкційна маловуглецева сталь марки Ст2пс. Механічні характеристики сталі Ст2пс наведено в таблиці 1.1, хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі Ст2пс [1]

Стан постачання	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5
	МПа		%
	не менше		
Прокат гарячекатаний	225	330-430	32

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст2пс, % [1]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,09-0,15	0,25-0,50	0,05-0,17	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є їх зварюваність – здатність матеріалу утворювати якісне з’єднання відповідно до заданої технології зварювання. Ця властивість визначає, наскільки зварне з’єднання відповідає вимогам, що висуваються конструкцією виробу та умовами його експлуатації. Технологічна зварюваність розглядається як ступінь відповідності механічних, фізичних та експлуатаційних властивостей зварного шва властивостям основного металу.

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю C_e [2, с.127]:

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

де C, Mn, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст відповідного елемента в сталі, %.

Отже:

$$C_e = 0,15 + \frac{0,5}{6} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,34 \quad \%$$

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю в сталі становить менше 0,45, попереднє або супутнє підігрівання перед зварюванням не є необхідним. Такий показник свідчить про добру зварюваність матеріалу та низький ризик утворення холодних тріщин.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для забезпечення високої якості з'єднань потрібно використовувати сертифіковані та перевірені матеріали. Контроль якості матеріалів і напівфабрикатів здійснюється на основі відповідних сертифікатів, які підтверджують їх відповідність технічним умовам та стандартам. У випадках, коли виявлено зовнішні дефекти або відсутні сертифікати, матеріали можуть бути допущені до виробництва лише після проведення комплексної перевірки, що включає: хімічний аналіз, механічні випробування та визначення зварюваності.

Для забезпечення належного стану напівфабрикатів і деталей їх слід зберігати в закритих, сухих приміщеннях. Наявність поверхневих дефектів сприяє накопиченню вологи та забруднень, що, своєю чергою, прискорює процес корозії та знижує стійкість металу до зовнішніх впливів. З метою підвищення корозійної стійкості необхідно забезпечити високу чистоту поверхні виробів та усунути дрібні нерівності, які можуть слугувати осередками для утворення іржі.

Усі матеріали та напівфабрикати, що надходять у виробництво, повинні супроводжуватись сертифікатами якості постачальника або відповідними паспортами. У разі відсутності таких документів, допуск до виробничого процесу можливий лише після проведення попередніх випробувань, які підтверджують відповідність матеріалів встановленим вимогам. Якість та технічні характеристики матеріалів мають бути офіційно підтверджені виробником у сертифікатах якості. Якщо сертифікати не надані, оцінку придатності та відповідності матеріалу здійснює заводська лабораторія шляхом проведення необхідних досліджень і випробувань.

Зварювальний дріт підлягає обов'язковій перевірці на чистоту поверхні, оскільки наявність забруднень або оксидного шару може негативно вплинути

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

на якість зварного з'єднання. Для збереження його властивостей дріт необхідно зберігати в умовах, що виключають контакт з вологою та агресивними середовищами, аби запобігти забрудненню та процесам окислення. Захисні гази також проходять контроль на предмет відсутності шкідливих домішок і вологи.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Шорсткість поверхні – це параметр, що кількісно характеризує мікронерівності, які виникають на поверхні виробу. Вона визначає ступінь відхилення реального профілю поверхні від ідеально гладкої геометричної форми на заданій базовій довжині.

Міцність деталей значною мірою залежить від шорсткості їх поверхні. Особливо це актуально при дії змінних або циклічних навантажень, коли навіть незначні нерівності можуть стати осередками концентрації напружень, що призводить до передчасного руйнування конструкції.

До основних вимог, що висуваються до якості обробки поверхні та виготовлення деталей, належать:

- 1) зниження шорсткості поверхні – чим вона менша, тим нижча ймовірність утворення поверхневих тріщин, особливо при дії змінних навантажень, що викликають втому металу;
- 2) точне дотримання геометричних розмірів деталей згідно з кресленнями, у межах встановлених допусків;
- 3) забезпечення низької шорсткості поверхні також необхідне для досягнення естетичного вигляду виробу, полегшення догляду та підтримання чистоти поверхонь.

Під час проектування та виготовлення відкатних воріт необхідно забезпечити точне дотримання геометричних розмірів і форми конструкції, відповідно до технічної документації. Розв'язання цього завдання передбачає встановлення комплексу технічних вимог, серед яких ключовими є:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- розробка конструкції з урахуванням особливостей виробничого процесу, що забезпечує технологічність виготовлення;
- коректне оформлення всіх зварних з'єднань, з урахуванням способу їх обробки, форми підготовки кромки, а також розмірних допусків;
- дотримання технологічних режимів, спрямованих на запобігання виникненню внутрішніх напружень і деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Під час виготовлення відкатних воріт конструкція виробу та розміщення зварних з'єднань повинні відповідати таким вимогам:

- забезпечення можливості виконання зварювальних робіт відповідно до встановлених технологічних норм і вимог;
- вільний доступ для розміщення нагрівальних пристроїв у випадках, коли необхідне місцеве підігрівання;
- зручність проведення контролю якості зварних з'єднань;
- можливість виконання ремонтних робіт.

Зварні з'єднання конструкції повинні максимально відповідати властивостям основного металу. З цією метою встановлюються мінімально допустимі показники механічних властивостей, серед яких основними є: ударна в'язкість, пластичність і міцність.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання деталей і вузлів перед зварюванням повинно здійснюватися у спеціалізованих складально-зварювальних пристосуваннях, стендах або установках, які гарантують точність позиціонування елементів та стабільність геометрії зварних вузлів і конструкції в цілому. Габаритні розміри основних деталей, що визначають загальні розміри вузлів, необхідно призначати з урахуванням усадки металу, яка виникає внаслідок термічного впливу під час зварювання.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

При визначенні базових розмірів складально-зварювальних пристосувань, стендів та установок необхідно враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання як окремих вузлів, так і конструкції в цілому.

Прихоплення елементів конструкції слід виконувати виключно у визначених точках і в тій послідовності, яка передбачена технологічним процесом.

Під час складання деталей перед зварюванням необхідно ретельно очищати основний метал у зонах майбутніх зварних з'єднань. Поверхня повинна бути вільною від іржі, мастила, вологи, окалини та інших забруднень, які можуть негативно вплинути на якість зварювання та спричинити утворення дефектів.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість конструкції забезпечується за умови дотримання таких ключових вимог:

- аналіз технологічності на етапі проектування;
- дотримання встановлених параметрів зварювання;
- забезпечення високої точності складання;
- використання виключно сертифікованих і якісних матеріалів;
- проведення контролю якості зварних швів із застосуванням відповідних методів;
- повна відсутність дефектів у зварних з'єднаннях.

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

У процесі виготовлення відкатних воріт використовуються заготовки, виготовлені з профільного та листового прокату.

Технологічний процес виготовлення відкатних воріт включає низку основних виробничих операцій, що забезпечують послідовне формування

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

готового виробу: правлення, розмічування, різання, складання, зварювання, транспортування, контроль якості, фарбування та складування готової продукції.

Обробка заготовок у процесі виготовлення відкатних воріт включає низку підготовчих операцій:

1) правлення листового прокату здійснюється у холодному стані на листоправильних вальцях, а також із використанням ручного слюсарного інструменту;

2) розмічування деталей виконується вручну за допомогою розмічувальних приладів та інструментів;

3) різання матеріалу проводиться механічним способом – із застосуванням кутових шліфувальних машинок;

4) очищення заготовок здійснюється механічними методами, зокрема за допомогою тих самих КШМ.

Для виготовлення відкатних воріт застосовується метод ручного дугового зварювання покритими електродами. Як джерело живлення використовуються інверторні зварювальні апарати марки «Кентавр СВ-245ТРВ» з номінальним зварювальним струмом 200 А, що гарантує стабільну роботу дуги та якісне проплавлення металу. Зварювання здійснюється електродами класу Е50 марки «Моноліт», з рутиловим товстим покриттям типу Р21, $\varnothing$ 3 мм.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Параметри режиму ручного дугового зварювання

Катет шва, мм	3
Діаметр електроду, мм	3
Струм зварювання, А	120

Під час ручного дугового зварювання покритими електродами спостерігається підвищене розбризкування електродного металу, що є характерною особливістю цього методу порівняно з іншими способами зварювання. Частина крапель розплавленого металу, які вилітають із зони дуги, може налипати на поверхню виробу або частково сплавлятися з основним металом.

Одним із суттєвих недоліків чинного технологічного процесу є застосування ручних затискних пристроїв. Ці пристрої потребують постійного втручання складальника-зварювальника, що призводить до збільшення тривалості складання та підвищення трудомісткості процесу.

З огляду на виявлені недоліки чинного технологічного процесу, доцільно реалізувати такі заходи:

- оптимізувати процеси різання та зачищення заготовок, впровадивши більш ефективні методи обробки;
- розробити та впровадити вдосконалену технологію зварювання, яка дозволить підвищити продуктивність робіт, зменшити розбризкування електродного металу та покращити якість зварних з'єднань;
- модернізувати затискні пристрої, замінивши ручні механізми на механізовані або автоматизовані;
- впровадити сучасне виробниче обладнання, яке відповідає актуальним вимогам технології.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Під час виготовлення даного зварного виробу можуть застосовуватись такі способи зварювання, залежно від конструктивних особливостей:

- ручне дугове зварювання (РЗЕ) дозволяє отримати достатньо якісні зварні з'єднання, що відповідають вимогам міцності та надійності. Однак цей метод має суттєвий недолік – високу трудомісткість, оскільки потребує значних фізичних зусиль з боку зварників і слюсарів. Зокрема, після завершення зварювання необхідно виконувати оббивання шлаку;

- напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів є одним із найбільш економічно вигідних способів зварювання серед усіх розглянутих. Цей метод не потребує видалення шлаку після зварювання, що значно скорочує час обробки шва та зменшує обсяг ручної праці;

- газове зварювання теоретично може бути застосоване для виготовлення даного виробу, однак його якість поступається іншим, більш сучасним методам зварювання. Цей спосіб вимагає використання горючих газів (наприклад, ацетилену) та спеціальної газової апаратури, що, у свою чергу, передбачає суворе дотримання правил техніки безпеки через підвищену пожежну небезпеку. Крім того, газове зварювання характеризується низькою продуктивністю та невисокою швидкістю виконання робіт.

Для виготовлення даної зварної конструкції застосовується напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, оскільки цей метод є відносно економічним, забезпечує високу якість з'єднань та не потребує видалення шлаку після завершення процесу. Завдяки автоматизованій подачі дроту та стабільному горінню дуги, напівавтоматичне зварювання дозволяє суттєво знизити трудові витрати.

Зварювання в середовищі захисного газу має низку суттєвих переваг, що роблять його оптимальним вибором для виготовлення металевих конструкцій.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

До основних технічних переваг належать: простота організації процесу, можливість виконання зварювання як у напівавтоматичному, так і в автоматичному режимі, зручність роботи в різних просторових положеннях, висока якість і швидкість виконання зварних швів.

З огляду на технічні переваги та економічну доцільність, для виготовлення відкатних воріт застосовується метод напівавтоматичного зварювання в захисній газовій суміші МІХ-2, що складається з аргону (81%), вуглекислого газу (18%) та кисню (1%). Схематичне зображення процесу наведено на рисунку 2.1.

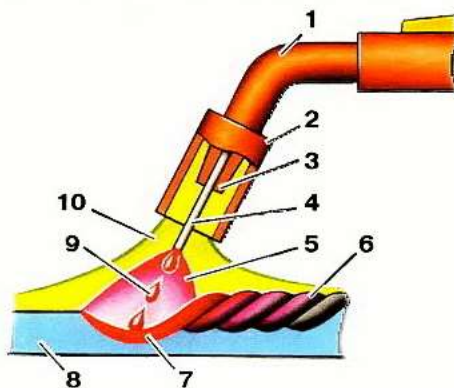


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів

1 - пальник; 2 - сопло; 3 – струмопровідний мундштук; 4 – електродний дріт; 5 - зварювальна дуга; 6 – зварний шов; 7 – зварювальна ванна; 8 - основний метал; 9 – краплі електродного металу; 10 – газовий захист

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Виготовлення воріт відкатних застосовується сталь марки Ст2пс.

Вибір зварювальних матеріалів є критично важливим етапом технологічної розробки, оскільки саме від їх правильного підбору залежить якість та надійність зварних з'єднань. Тільки за умови грамотного узгодження

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

основних і допоміжних матеріалів можна досягти рівномірності металу шва з основним металом.

Коректний вибір зварювальних матеріалів безпосередньо впливає на механічні та фізико-хімічні властивості металу шва, що, у свою чергу, визначає надійність і довговічність конструкції в умовах її експлуатації.

Під час вибору зварювальних матеріалів необхідно враховувати низку важливих умов:

- забезпечення безпористості шва;
- формування швів із високою міцністю.

Застосування захисних зварювальних газових сумішей замість традиційного вуглекислого газу дозволяє суттєво підвищити ефективність процесу зварювання без необхідності зміни технології чи переоснащення обладнання. Це досягається завдяки: підвищеній стабільності дуги, покращеному перенесенню та нагнітання розплавленого металу в зварювальну ванну, розширеному діапазону регулювання режимів зварювання. Для прикладу, швидкість подачі зварювального дроту може бути збільшена з 6–7 м/хв до 12–14 м/хв, що прямо впливає на продуктивність. У таких сумішах легко реалізується режим струменевого перенесення металу, який забезпечує майже ідеальну форму шва.

Для зварювання конструкції відкатних воріт використовується захисна газова суміш MIX-2, що складається з 81% аргону, 18% вуглекислого газу та 1% кисню. Водночас, згідно з технічними умовами ТУ 2114-001-76237928-2013, зварювання воріт може здійснюватися газоподібним аргоном високої чистоти, з масовою часткою аргону не менше 99,998%.

Для зварювання конструкції як захисний газ використовується вуглекислий газ вищого сорту, який відповідає вимогам високої чистоти – максимально допустимий вміст домішок не перевищує 0,2%.

У промисловості кисень отримують шляхом розділення повітря, зокрема методом фракційної ректифікації. Залежно від ступеня очищення, технічний

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

кисень класифікується на три сорти: №1 – 99,7% O₂, №2 – 99,55% O₂, №3 – 99,2% O₂. Оскільки зварювання конструкції здійснюється в захисній газовій суміші МІХ-2 (81% Ar + 18% CO₂ + 1% O₂), то до її складу входить технічний кисень третього сорту.

В якості зварювального дроту використовуємо легований дріт марки Св-08Г2С, хімічний склад якого приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [3, 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

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити отримання зварних швів заданих розмірів, форми та якості, що відповідають вимогам до міцності та надійності конструкції. У зв'язку з цим раціональніше не просто обирати параметри зварювання, а здійснювати їх технічний розрахунок, враховуючи тип з'єднання, товщину металу, катет шва та умови експлуатації виробу. Зварювання відкатних воріт виконується за допомогою таврових з'єднань, які вимагають точного розрахунку режиму для кутового шва з катетом 3 мм. Схематичне зображення кутового з'єднання наведено на рисунку 2.2.

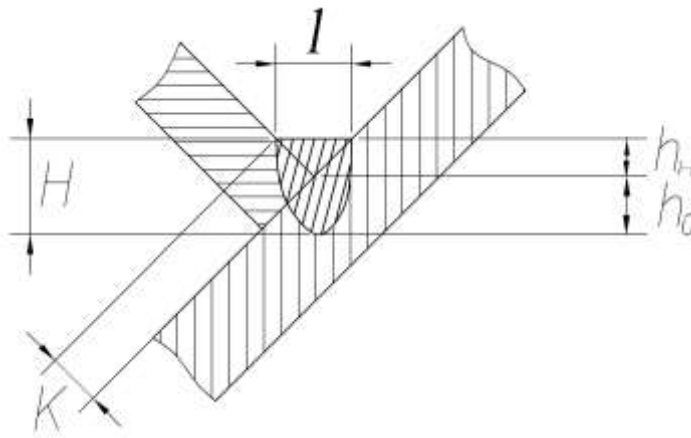


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

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

Згідно з вимогами стандарту, при зварюванні металу в середовищі захисних газів необхідно враховувати товщину елементів конструкції та відповідно обирати тип підготовки кромки. Для деталей товщиною понад 10 мм обов'язковим є попереднє розроблення кромки. При цьому: кут розроблення зменшується до 40° , притуплення крайки становить 1–2 мм, зазор між елементами – в межах 0–5 мм. Для стикових з'єднань з товщиною від 1 мм до 10 мм стандарт рекомендує застосовувати однобічне зварювання без розроблення кромки.

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

Визначаємо площу наплавленого металу F_n за формулою [3, с.196]:

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

де K – катет шва, $K=3$ мм,

$$F_n = \frac{3^2}{2} = \frac{9}{2} = 4,5 \quad \text{мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу h_n за формулою [3, с.197]:

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

$$h_n = \sqrt{4,5} = 2,12 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо ширину шва l , за формулою [3, с.197]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 9} = 4,24 \quad \text{мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [3, 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 [3,с.196], приймаємо $\psi_m=1,2$.

Отже:

$$H = \frac{4,24}{1,2} = 3,53 \quad \text{мм}.$$

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

Визначаємо глибину проплавлення h_0 , за формулою [3, с.197]:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$h_0 = 3,53 - 2,12 = 1,41 \quad \text{мм.}$$

Для зварювання конструкції із вуглецевої сталі з катетом 3 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,0 мм.

Визначаємо зварювальний струм $I_{зв}$ за формулою [3, с.192]:

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,3$ [3, с.193].

$$I_{зв} = \frac{1,41}{1,3} \cdot 100 = 108,46 \quad I_{зв} \approx 110 \quad \text{А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 110 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [3,с.194]:

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=11,6$ г/А·год [3, с.189];

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

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

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,0^2}{4} = 0,88 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{n.д.} = \frac{11,6 \cdot 10^{-3} \cdot 110}{0,88 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 184,93 \quad \text{м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=185$ м/год.

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [3, с.194]:

$$U_{\phi} = 20 + \frac{50 \cdot I_{3\phi}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_{\phi} = 20 + \frac{50 \cdot 110}{1000 \cdot \sqrt{1,0}} \pm 1 = 25,5 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо $U_{\phi}=25$ В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [3, с.194]:

$$V_{3\phi} = \frac{A}{I_{3\phi}}, \quad (2.10)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 1,0$ мм – $A = 2 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{м/год}$ [3, с.194]:

$$V_{3\phi} = \frac{2 \cdot 10^3}{110} = 18,18 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{зв}=18$ м/год.

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [3, с.193]:

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{3\phi}}{j}}, \quad (2.11)$$

де j – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,0 мм $j=90 \dots 400 \text{ А/мм}^2$ [4, с.244],

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{110}{150}} = 0,9676 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d = 8$ мм.

Витрати захисного газу $Q_g = 9$ л/хв [3, с.226].

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	110
Напруга на дузі	U_d	В	25
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,0
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	18
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	185
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	9

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для зварювання конструкції відкатних воріт використовується зварювальний напівавтомат ПДГ-315 “Буран”, який призначений для роботи в складних виробничих умовах та здатний виконувати широкий спектр зварювальних завдань. Цей апарат має вбудований механізм подачі дроту.

Для забезпечення надійної роботи, а також для підвищення терміну придатності напівавтомат ПДГ-315 “Буран” [5]:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- виконаний по класичній схемі джерела живлення електричної дуги;
- має інтенсивне охолодження найбільш тепло навантажувальних вузлів;
- комплектується газоелектричним пальником фірми BINZEL (Німеччина);
- комплектується чотирьох роликовим подавальним механізмом фірми “Cooptim”;
- комплектується пневматичним клапаном фірми “Camozzi”;
- захист від перенавантажень [5].

Зварювання напівавтоматом ПДГ-315 “Буран” в суміші MIX-2 має наступні переваги [5]:

- 1) продуктивність праці зростає в 2 – 4 рази, в порівнянні з дуговим зварюванням;
- 2) відповідальні зварювальні роботи виконуються без додаткової підготовки;
- 3) при зварювання малих товщин не спостерігається “ведення” металу;
- 4) при даному зварюванні не змінюється склад металу і не утворюються мікротріщини;
- 5) відсоток браку набагато нижчий;
- 6) шов не шлакується.

Технічні характеристики напівавтомата представлені у таблиці 2.3, а його загальний вигляд на рисунку 2.3 [5].

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата ПДГ-315 “Буран”

Напруга мережі, В	380	Періодичність вмикання ПВ, %	60
Споживана потужність, кВт	12,9	Межі регулювання напруги на дузі, В	17-34
Номінальний зварювальний струм, А	315	Напруга холостого ходу, В	45
Число ступенів регулювання струму	12	Тип охолодження	Р
Межі регулювання зварювального струму, А	30-330	Клас захисту	IP21
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,4	Маса, кг	120
Швидкість подачі електродного дроту, м/хв	0,2-22	Габаритні розміри, мм	830x350x700



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата ПДГ-315 “Буран” [5]

Одним із найважливіших елементів будь-якого зварювального апарата є зварювальний пальник, оскільки саме він відповідає за збудження дуги,

формування зварювального шва та направлення потоку захисного газу в зону зварювання.

У поєднанні з напівавтоматом ПДГ-315 “Буран” використовується зварювальний пальник марки Binzel ABIMIG GRIP A 255 LW, який забезпечує надійність, ергономіку та високу продуктивність зварювального процесу. Технічні характеристики пальника наведено в таблиці 2.4 [6].

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики зварювального пальника Binzel ABIMIG GRIP A 255 LW

Номінальний зварювальний струм, А	250
Спосіб захисту дуги	газовий
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,2
Довжина шлангів, м	3,0

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварних з’єднань є важливим етапом технологічного процесу, метою якого є виявлення наявності або відсутності дефектів, а також визначення їхніх розмірів, характеру та розташування. Отримана інформація дозволяє: оцінити можливість проведення ремонту або доопрацювання конструкції, встановити причини виникнення дефектів, розробити профілактичні заходи для запобігання їх повторній появі.

Радіаційна дефектоскопія – це один із найбільш ефективних методів неруйнівного контролю, що дозволяє виявляти внутрішні дефекти зварних з’єднань, недоступні для візуального огляду. В основі цього методу лежить використання іонізуючого електромагнітного випромінювання, зокрема: рентгенівських променів і гама-випромінювання. Обидва типи випромінювання мають електромагнітну природу та здатні проникати крізь матеріал.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Рентгенівське та гама-випромінювання мають значно більшу енергію порівняно зі світловим випромінюванням, що зумовлює їхню високу проникаючу здатність. Ця властивість лежить в основі радіаційних методів контролю зварних з'єднань, які дозволяють виявляти внутрішні дефекти без руйнування конструкції. Суть методу полягає у зміні інтенсивності рентгенівського або гама-випромінювання після проходження крізь матеріал. Під час проходження променів через зварне з'єднання, частина енергії поглинається залежно від густини, товщини та структури матеріалу.

Ультразвукова дефектоскопія – це метод неруйнівного контролю, що базується на використанні пружних механічних коливань, які поширюються в матеріалі та дозволяють виявляти внутрішні дефекти конструкцій. Пружні коливання, що розповсюджуються в повітрі, зазвичай сприймаються як звуки і мають акустичну природу. Якщо частота таких коливань перевищує 20 кГц – поріг чутливості людського слуху – вони класифікуються як ультразвукові. У дефектоскопії застосовуються ультразвукові хвилі з частотою в діапазоні приблизно від 0,5 до 20 МГц.

Суть ультразвукової дефектоскопії полягає в наступному: Ультразвукові коливання, які генерує випромінювач, поширюються крізь матеріал виробу. У разі наявності дефектів у структурі металу, частина хвиль відбивається, утворюючи відбите поле, а інша частина розсіюється, формуючи дифрагзоване поле розсіювання.

При наявності дефекту значних розмірів у матеріалі утворюється так звана акустична тінь, тобто зона, в яку ультразвукові хвилі не проникають або суттєво послаблюються. Поверхня дефекту діє як відбивач, змінюючи напрямок поширення хвиль і створюючи ехо-сигнал, який фіксується приймачем-шукачем. Аналізуючи послаблення ультразвукової хвилі, і наявність та інтенсивність відбитого сигналу (ехо), можна діагностувати наявність дефекту в зварному шві, а також оцінити його розміри, глибину та характер.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Магнітний і електромагнітний контроль. У межах малих об'ємів матеріалу, так званих магнітних доменів ($V = 10^{-5} \dots 10^{-8} \text{ см}^3$), власні магнітні поля електронів, які виникають внаслідок їх обертання навколо власних осей, взаємно компенсуються, і в початковому стані деталь є розмагніченою. Проте під дією зовнішнього магнітного поля домени орієнтуються в напрямку прикладеного поля, що призводить до утворення спільного магнітного поля в матеріалі.

Під час магнітної дефектоскопії деталь попередньо намагнічують, у результаті чого магнітні силові лінії набувають певного напрямку в тілі матеріалу. Якщо в зоні контролю присутній дефект, його магнітна проникність у тисячі разів нижча, ніж у основного металу. Через це магнітні лінії обходять дефект, утворюючи зону розсіювання магнітного поля, яка фіксується за допомогою індикаторних засобів.

Візуально-оптичний метод контролю є одним із найстаріших способів оцінки якості зварних з'єднань, проте й сьогодні він залишається актуальним і широко застосовуваним у виробничій практиці. Зовнішній огляд швів часто проводиться: неозброєним оком, за допомогою збільшувальних засобів, таких як лупи, мікроскопи та оптичні лінзи. Для зварних з'єднань, які недоступні для прямого спостереження або приховані конструктивними елементами, застосовують спеціалізовані оптичні прилади.

Оперативне усунення дефектів, виявлених під час візуального контролю, а також аналіз причин їх виникнення дозволяє своєчасно коригувати технологічний процес. Такий підхід зменшує потребу в додаткових етапах контролю, скорочує витрати часу і ресурсів.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення зварної конструкції – це сукупність послідовних операцій, спрямованих на отримання міцного, надійного та

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

якісного з'єднання окремих елементів виробу шляхом зварювання. Його сутність полягає у контрольованому поєднанні металевих деталей із забезпеченням відповідних механічних, геометричних та експлуатаційних характеристик.

Основні етапи процесу: підготовка матеріалів, складання конструкції, вибір зварювального обладнання та режимів, зварювання, охолодження та очищення швів, контроль якості, коригування та інші доопрацювання.

2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання якісних заготовок, з яких формується зварна конструкція, необхідно виконати низку підготовчих операцій, що забезпечують точність, чистоту та відповідність геометричних параметрів.

Операція правлення виконується з метою усунення кривизни та геометричних деформацій заготовок. Для різних типів прокату застосовується відповідне обладнання: профільний прокат вирівнюється за допомогою згинального верстата MilleMiglia SV 60 CN, листовий прокат обробляється на листопрямильних вальцях.

Операція розмічування виконується з використанням ручного інструменту, що забезпечує точність і швидкість підготовки заготовок до подальшої обробки. Застосування цих засобів дозволяє забезпечити точність геометрії, зменшити похибки при складанні та оптимізувати час виконання операції.

Операція різання заготовок виконується з урахуванням типу металопродукту та особливостей його геометрії. Листовий прокат розрізається за допомогою гільйотинних ножиць марки GMR. Профільний прокат обробляється на абразивно-відрізному верстаті маятникового типу Д-300, який призначений для точного поперечного різання.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання проводиться візуальна перевірка відповідності заготовок вимогам креслень, що дозволяє виявити відхилення у розмірах, формі або якості обробки. Під час складання забезпечується взаємне розміщення деталей відповідно до їх положення у готовому виробі. Конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб запобігти деформаціям під час зварювання. Для фіксації елементів у правильному положенні та забезпечення точності з'єднань використовуються складально-зварювальні кондуктори.

Складання конструкції виконується поетапно з дотриманням точності розміщення елементів та забезпечення їх фіксації. Основні дії включають:

- встановлення заготовок рами та прямої балки;
- фіксація деталей притисками;
- виконання прихоплення рами та прямої балки;
- монтаж обшивки;
- повторна фіксація обшивки притисками;
- прихоплення елементів конструкції у відповідних місцях.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

На основі розрахованих параметрів режиму зварювання здійснюється налагодження зварювального напівавтомата. У процесі налаштування встановлюють: силу зварювального струму, витрату захисного газу, швидкість подачі зварювального дроту.

Після встановлення елементів виробу у відповідне проектне положення, виконують прихоплювання в зонах майбутніх зварних швів. Після завершення прихоплювання переходять до повного зварювання конструкції.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт виконується зачищення зварних швів та видалення металевих бризок з поверхні конструкції. Цей етап є важливим для забезпечення естетичного вигляду виробу, підготовки до фарбування або подальшої експлуатації. Для виконання опоряджувальних операцій використовуються такі інструменти та засоби індивідуального захисту окуляри захисні Top Tools прозорі, молоток Stanley Dynagrip 500 г, зубило для металу Stanley 25 x 300 мм, кутова шліфувальна машина Дніпро-М МШК 1250р, щітка дискова з рифленого дроту 125 x 22 мм.

2.6.5 Допоміжні операції

У процесі виготовлення відкатних воріт, окрім основних технологічних операцій, виконуються допоміжні роботи, а саме: такелажні, транспортні і налагоджувальні.

Перед початком зварювальних робіт здійснюється налагодження обладнання. На цьому етапі: регулюють витрату захисного газу, встановлюють параметри режиму зварювання і перевіряють справність та точність роботи напівавтомата.

У процесі виготовлення відкатних воріт виконуються допоміжні операції, що забезпечують ефективну логістику, безпечне переміщення та завершення виробничого циклу.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють комплекс перевірок на всіх етапах виробництва. До основних видів контролю належать:

- перевірка якості металопродукту, відповідності марок сталі, сертифікації та відсутності поверхневих дефектів;

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

- оцінка стану електродного дроту, захисного газу, флюсів, їх відповідності нормам та умовам зберігання;
- візуальна та інструментальна перевірка точності розмірів, геометрії, чистоти поверхонь, правильності складання та параметрів зварювання;
- застосування методів неруйнівного контролю для виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів.

На завершальному етапі виготовлення конструкції здійснюється зовнішній візуальний огляд, під час якого перевіряється: форма та розміщення зварних швів відповідно до технічного креслення, наявність зовнішніх дефектів та деформації конструкції. Після візуального контролю проводиться вибірковий ехо-імпульсний ультразвуковий контроль.

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів здійснюється з метою: визначення оптимальної кількості ресурсів, необхідної для виготовлення зварної конструкції, забезпечення раціонального та економного використання матеріалів у зварювальному виробництві, підвищення ефективності технологічного процесу на підприємствах. Основні правила нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх визначення, регламентуються державним стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [7].

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

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [7,с.6]:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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

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

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=110$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=1,8$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 110 \cdot 1,8 \cdot 10^{-3} = 2,97 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою [7,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, $K_p=0,7$;

$$Q_p = 2,97 \cdot 0,7 = 2,08 \quad \text{кг.},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 2,97 \cdot 0,5 = 1,485 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{ел} = 2,08 + 1,485 = 3,565 \quad \text{кг.}$$

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [7,с.10]:

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

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

$$H_z = 2,08 \cdot 0,9 = 1,872 \quad \text{л / хв.}$$

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;

$$E = \frac{0,01 \cdot 25 \cdot 110 \cdot 0,03}{0,9 \cdot 0,75} = 1,22 \quad \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Після виконання прихоплювання елементів конструкції, на зварювальних пристосуваннях здійснюється повне зварювання виробу.

Вибір та розроблення пристосувань є важливим етапом технологічної підготовки виробництва, що забезпечує точність, ефективність і стабільність виготовлення виробів. Конструювання нових пристосувань або модернізація існуючих здійснюється на основі:

- вивчення креслень та технічних умов на зварну конструкцію є одним із ключових етапів технологічної підготовки виробництва. Під час розроблення зварних виробів питання їх технологічності часто залишаються поза увагою конструктора, що може ускладнити процес виготовлення та складання. Тому при розробленні технологічного процесу, а також при виборі або конструюванні зварювального пристосування, виникає потреба у глибокому аналізі технологічності конструкції. Особливу увагу слід звертати на: геометрію та конфігурацію деталей, що входять до складальних одиниць, точність виготовлення заготовок – відхилення від розмірів можуть ускладнити складання та вплинути на якість зварних з'єднань і стану поверхонь;

- створення технологічного процесу виготовлення виробу є ключовим етапом у підготовці виробництва, що визначає послідовність операцій, засоби механізації та якість кінцевого результату. Раціональний процес складання та зварювання конструкції повинен бути: опрацьований на рівні маршрутного або розгорнутого технологічного процесу і ретельно проаналізований конструктором пристосування, з урахуванням особливостей виробу;

- аналіз виробничої програми є важливим етапом у підготовці серійного або масового виготовлення виробу. Він передбачає оцінку обсягів випуску,

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тривалості виробничого циклу, а також вимог до технічного оснащення процесу.

Вибір оптимального типу зварювального пристосування визначається комплексом технологічних та конструктивних факторів, серед яких: спосіб зварювання та складання, конструкція виробу, матеріал і поперечний переріз деталей, вимоги до якості складання та зварювання, зокрема точність розмірів і допуски, задана продуктивність виробництва.

У сучасному виробництві важливо прагнути до зниження трудомісткості складальних і допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості продукції та покращення умов праці для робітників. У серійному та масовому виробництві перевага надається механізованим високошвидкісним пристосуванням. Такі пристосування дозволяють відмовитися від використання м'язової сили людини, зменшити фізичне навантаження та підвищити продуктивність. Працівник у цьому випадку виконує функції керування, а також завантаження та вивантаження виробів, особливо тоді, коли повна автоматизація процесу є технічно складною або економічно недоцільною.

Вибір конкретного типу зварювального пристосування з-поміж доступних варіантів здійснюється на основі техніко-економічного аналізу, який враховує: технічну доцільність та економічну ефективність. Як правило, обирається той варіант, який є найбільш раціональним з технічної точки зору та економічно вигідним для виробництва.

Складально-зварювальне обладнання класифікується за ступенем універсальності та призначенням на:

- Універсальне обладнання – призначене для роботи з широкою номенклатурою виробів. Відзначається гнучкістю застосування, можливістю адаптації до різних типів конструкцій, що особливо актуально для дрібносерійного або одиничного виробництва.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Спеціальне обладнання – розробляється для виготовлення одного або кількох конкретних виробів. Забезпечує високу продуктивність і якість, тому найчастіше використовується у масовому та крупносерійному виробництві.

- Спеціалізоване обладнання – орієнтоване на обмежену групу виробів зі схожими конструктивними ознаками. Застосовується переважно у серійному виробництві, де важлива стабільність процесу та повторюваність операцій.

Вибір типу обладнання залежить від:

- а) типу та масштабу виробництва;
- б) конструктивних особливостей виробу;
- в) вимог до продуктивності, точності та якості зварювання.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань, що застосовуються у процесі виготовлення воріт, забезпечують чітку послідовність складально-зварювальних операцій, сприяючи точності та стабільності технологічного процесу. У процесі складання деталі конструкції розміщуються в пристосуванні згідно з технологічною схемою, встановлення здійснюється по упорах і фіксаторах. Після цього деталі надійно закріплюються притискачами, що запобігає зміщенню під час зварювання.

Опори, що використовуються в конструкції складально-зварювальних пристосувань, поділяються на основні та допоміжні, кожен тип виконує свою функцію у процесі фіксації деталей. Основні опори Служать для точного визначення положення деталі в просторі. Вони жорстко закріплюються в корпусі пристосування і забезпечують базування елементів конструкції. Найпоширенішим видом основних опор є штирі, які забезпечують фіксацію по базових отворах або поверхнях. Для великих деталей з обробленими базовими поверхнями застосовують пластини, що дозволяють рівномірно розподілити навантаження. Допоміжні опори використовуються для додаткової підтримки

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі, особливо у випадках, коли існує ризик її перекидання або деформації. Вони не впливають на точність базування, але забезпечують стійкість і безпечність процесу складання.

Упори відіграють ключову роль у фіксації деталей по їхніх бічних поверхнях, забезпечуючи точне позиціонування. Для фіксації по контуру деталі застосовуються планки та ребра, які повторюють форму виробу та забезпечують стабільність розміщення. За конструктивним виконанням упори поділяються на постійні, відкидні, відвідні та знімні. За формою базової поверхні упори можуть бути рельєфні, сферичні і плоскі.

Для забезпечення точного базування та надійної фіксації деталей у зварювальних пристосуваннях раціонально, щоб упори одночасно виконували функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовуються у випадках, коли конструкція виробу ускладнює його зняття після прихоплювання або зварювання. Робоча частина упора повинна мати довжину не менше ніж дві товщини стінки фіксованої деталі.

Для забезпечення точного базування та орієнтації деталей у складально-зварювальних пристосуваннях застосовуються постійні упори, які одночасно виконують функцію опорної бази. Постійні упори жорстко закріплюються на корпусі пристосування та забезпечують стабільне положення деталі під час складання та зварювання і виконуються з урахуванням форми базових поверхонь виробу. Для гнучкості налаштування та адаптації до різних типів виробів також застосовуються регульовані упори.

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій критично важливим є точне складання деталей, що передуює зварювальним роботам. Це означає правильне взаємне розташування елементів згідно з кресленням та надійне закріплення деталей у заданому положенні.

Процес складання зварної конструкції включає низку послідовних технологічних операцій, кожна з яких має важливе. Подача деталей до місця складання, з яких формується виріб або зварний вузол, транспортуються до

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

робочої зони за допомогою універсального або спеціального транспортного обладнання. Встановлення деталей у складальному пристосуванні у заздалегідь визначеному положенні, яке задається установчими елементами пристосування або суміжними деталями, що формують базу для точного позиціонування. Фіксація деталей у встановленому положенні надійно закріплюються затискними елементами, що запобігає їх зміщенню під час зварювання.

У конструкції розроблених складально-зварювальних пристосувань широко застосовуються: пневматичні притискачі, призми і різноманітні упори. Таким чином, основне призначення складального обладнання у зварювальному виробництві полягає в фіксації деталей у заданому положенні та надійному закріпленні елементів конструкції.

Для ефективного складання та зварювання технологічних складальних одиниць, таких як каркас і противага, застосовуються складально-зварювальні пристосування типу маніпуляторів.

Зварювальні маніпулятори – це автоматизоване обладнання, призначене для спрощення та оптимізації процесу з'єднання металевих елементів. У зв'язку з активним розвитком промислового виробництва, особливо широке застосування отримали зварювальні обертачі – пристрої, що дозволяють обертати деталі навколо осей для зручного виконання зварювальних робіт.

Універсальні зварювальні обертачі, або маніпулятори, характеризуються максимальною кількістю ступенів вільності, що дозволяє їм виконувати широкий спектр зварювальних та допоміжних технологічних операцій.

Саме тому при виготовленні відкатних воріт доцільно застосовувати універсальні зварювальні обертачі.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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 воріт відкатних

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	2063х600	2063х600
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
сталь Ст2пс	кг	156,5	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	3,5	
захисний газ (суміш МІХ-2 – Ar 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	кг	1,87	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	9,5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
прокат:			
сталь Ст2пс	грн	325,6	325,1
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	144,21	140,72
захисний газ (суміш МІХ-2 – Ar 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	грн	38,25	37,5
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	38	

Таблиця 4.2 - Характеристика процесу виготовлення воріт відкатних

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	$\frac{3}{П}$	Верстат згинальний MilleMiglia SV 60 CN	910000	3,2	молоток	606	III	2,1
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка кернер олівець	247 156 174 75	III	$\frac{2,4}{2,2}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Гільйотинні ножиці GMR Верстат відрізний Д-300	643000 22500	7,5 4,0			III	$\frac{2,8}{2,3}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Дніпро-М МШК 1250р	1920	1,25	щітка дискова з рифленого дроту 125 x 22 мм	97	II	2,0
Складання	$\frac{3}{П}$	Зварювальний маніпулятор	558500	0,37	молоток зубило	606 822	IV	$\frac{2,9}{2,4}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат ПДГ-315 "Буран"	73250	12,9			IV	$\frac{3,4}{3,1}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Дніпро-М МШК 1250р	1920	1,25	диск зачисний ЗАК 125x6,0x22 молоток	59 606	II	$\frac{2,7}{2,2}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвуковий дефектоскоп УД 2	122000				VI	2,2
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Тельфер електричний 3,2т; 12 м	129000	4,5			III	1,2

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 20,5;

по проекту 19,5;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,2;

по проекту 1,2.

Загальна штучна норма часу: по заводу 21,7;

по проекту 19,7.

Для виготовлення воріт відкатних застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [8, 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, $K_p = 0,03...0,1$.

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,09) \approx 1842_{год}.$$

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 [8, 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.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=1,2$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 2200 шт.$

Кількість робочих місць для виконання правлення заготовок (за двома варіантами):

$$n = \frac{2,1 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,09 \approx 2 шт.$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні воріт відкатних:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,39 \approx 2 шт,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,2 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,19 \approx 2 шт.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,8 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,79 \approx 3 шт,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,3 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,29 \approx 2 шт.$$

Для очищування необхідно (за двома варіантами):

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{2,0 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 1,99 \approx 2_{шт},$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,9 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,89 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,39 \approx 2_{шт}.$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 3,38 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 3,09 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,7 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,69 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{2,2 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,19 \approx 2 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{2,2 \cdot 2200}{1842 \cdot 1,2} = 2,19 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [8, с.13]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 2200 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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{2200 \cdot 1 \cdot 1,4}{2100 \cdot 0,7} = 2,1 \approx 2 \text{шт.}$$

Приймаємо два електричних тельфери для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 [8, с.13]:

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

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 2200$ шт;

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

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

Необхідна кількість працівників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,1}{1850 \cdot 1,2} = 2,08 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,4}{1850 \cdot 1,2} = 2,39 \approx 2 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,2}{1850 \cdot 1,2} = 2,18 \approx 2 \text{ чол.}$$

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,8}{1850 \cdot 1,2} = 2,77 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,3}{1850 \cdot 1,2} = 2,28 \approx 2 \text{чол}.$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,0}{1850 \cdot 1,2} = 1,98 \approx 2 \text{чол}.$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,9}{1850 \cdot 1,2} = 2,87 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,4}{1850 \cdot 1,2} = 2,38 \approx 2 \text{чол}.$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 3,4}{1850 \cdot 1,2} = 3,37 \approx 3 \text{чол},$$

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 3,1}{1850 \cdot 1,2} = 3,07 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,7}{1850 \cdot 1,2} = 2,68 \approx 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,2}{1850 \cdot 1,2} = 2,18 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2200 \cdot 2,2}{1850 \cdot 1,2} = 2,18 \approx 2 \text{чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 2$ 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	2	2	III	III
розмічувальники	2	2	III	III
різальники	3	2	III	III
очищувальники	2	2	II	II
складальники	3	2	III	III
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	II	II

Продовження таблиці 4.3

контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	2	2	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	29	26	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн			
					на один виріб		на програму	
З/П	Сталь Ст2пс	кг	325,6	325,1	50956,4	50878,15	112104080	111931930
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	144,21	140,72	504,74	492,52	1110417	1083544
З/П	Захисна суміш МІХ-2 – Ar 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	кг	38,25	37,5	71,53	70,13	157360,5	154275
Р- ом					51532,66	51440,8	113371857,5	113169749

Продовження таблиці 4.4

В- нт	Транспортно-заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	% ц. куп .	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
3/П	5	16,28	16,26	2547,82	2543,91	5605204	5596596,5	38	38	83600	83600
3/П	5	7,21	7,04	25,24	24,63	55520,85	54177,2				
3/П	5	1,91	1,88	3,58	3,51	7868,03	7713,75				
Р- ом		25,4	25,17	2576,63	2572,01	566592,88	565848,45	38	38	83600	83600

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 [8, с.16]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [8, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [8, с.16]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [8, с.17]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці правильників (за двома варіантами):

$$З_{ос} = 5,5 \cdot 52,8 \cdot 2,1 = 609,84 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 609,84 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,44 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 609,84 \cdot 0,4 = 243,94 \text{ грн};$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,4 = 630 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 630 \cdot (0,2 + 0,15) = 220,5 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 630 \cdot 0,4 = 252 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,2 = 577,5 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 577,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 202,13 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 577,5 \cdot 0,4 = 231 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,8 = 735 \text{ грн};$$

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$З_{до} = 735 \cdot (0,2 + 0,15) = 257,25 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 735 \cdot 0,4 = 294 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,3 = 603,75 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 603,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 211,31 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 603,75 \cdot 0,4 = 241,5 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників (за двома варіантами):

$$З_{оо} = 5,5 \cdot 52,5 \cdot 2,0 = 577,5 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 577,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 202,13 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 577,5 \cdot 0,4 = 231 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5,0 \cdot 53,7 \cdot 2,9 = 778,65 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 778,65 \cdot (0,2 + 0,15) = 272,53 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 778,65 \cdot 0,4 = 311,46 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5,0 \cdot 53,7 \cdot 2,4 = 644,4 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 644,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 225,54 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 644,4 \cdot 0,4 = 257,76 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,0 \cdot 54,5 \cdot 3,4 = 741,2 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 741,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 259,42 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 741,2 \cdot 0,4 = 296,48 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,0 \cdot 54,5 \cdot 3,1 = 675,8 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 675,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 236,53 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 675,8 \cdot 0,4 = 270,32 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,7 = 708,75 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 708,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 248,06 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 708,75 \cdot 0,4 = 283,5 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 5 \cdot 52,5 \cdot 2,2 = 577,5 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 577,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 202,13 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 577,5 \cdot 0,4 = 231 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$Z_{oo} = 5,0 \cdot 57,5 \cdot 2,2 = 632,5 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 632,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 221,38 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 632,5 \cdot 0,4 = 253 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$Z_{oo} = 9,5 \cdot 53,5 \cdot 1,2 = 609,9 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 609,9 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,47 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 609,9 \cdot 0,4 = 243,96 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [8, 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 наладжувальників:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{од} = 2 \cdot 60,4 \cdot 1850 = 223480 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 223480 \cdot 0,35 = 78218 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 223480 \cdot 0,4 = 89392 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 60,4 \cdot 1850 = 223480 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 223480 \cdot 0,35 = 78218 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 223480 \cdot 0,4 = 89392 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 60,4 \cdot 1850 = 111740 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 111740 \cdot 0,35 = 39109 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 111740 \cdot 0,4 = 44696 \text{ грн.}$$

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[8, 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:

$$З_{оп} = 1 \cdot 15650 \cdot 12 = 187800 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 187800 \cdot 0,35 = 65730 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 187800 \cdot 0,4 = 75120 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = 1 \cdot 11013 \cdot 12 = 132156 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 132156 \cdot 0,35 = 46254,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 132156 \cdot 0,4 = 52862,4 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 – Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
правильники	308579,04		108002,66		123431,62	
розмічувальники	318780	292215	111573	102275,25	127512	116886
різальники	557865	305497,5	195252,75	106924,13	223146	122199
очищувальники	292215		102275,25		116886	
складальники	590995,3 5	326066,4	206848,37	114123,24	236398,14	130426,56
зварювальники	562570,8	512932,2	196899,78	179526,27	225028,32	205172,88
зачищувальники	537941,25	292215	188279,44	102275,25	215176,5	116886
контролери	320045		112015,75		128018	
транспортувальники	308609,4		108013,29		123443,76	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	223480		78218		89392	
ремонтники	223480		78218		89392	
електрики	111740		39109		44696	
ІТР	187800		65730		75120	
МОП	132156		46254,6		52862,4	
Разом	4676256,84	3837030,54	1636689,89	1342960,69	2705225,94	2369535,42

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:	51532,66	51440,8
сталь Ст2пс	50956,4	50878,15
зв. дріт Св-08Г2С	504,74	492,52
захисна суміш MIX-2 (Ar 81% +CO ₂ 18%+ O ₂ 1%)	71,53	70,13
Поворотні відходи	38	
Паливо та енергія на технологічні цілі	36,66	36,22
Основна заробітна плата основних робітників	1726,18	1344,72
Додаткова заробітна плата основних робітників	604,16	470,65
Премії та надбавки основних робітників	690,47	537,89
Відрахування на соціальне страхування	42,29	32,95
Відрахування на медичне страхування	75,52	58,83
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	685,68	685,68
Цехові (дільничні) витрати	392,67	392,67
Всього цехова собівартість	55748,29	54962,41

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	2	2	910000	910000	45500	45500
різальне	3	2	665500	665500	33275	33275
очищувальне	2	2	1920	1920	96	96
складальне	3	2	558500	558500	27925	27925
зварювальне	3	3	73250	73250	3662,5	3662,5
зачищувальне	3	2	1920	1920	96	96
контрольне	2	2	122000	122000	6100	6100
транспортне	2	2	129000	129000	6450	6450
Інструменти:						
молоток	8	6	606	606	30,3	30,3
зубило	3	2	822	822	41,1	41,1
диск зачисний	5	4	59	59	2,95	2,95
щітка дискова	5	4	97	97	4,85	4,85
рулетка	2	2	247	247	12,35	12,35
кернер	2	2	174	174	8,7	8,7
лінійка	2	2	156	156	7,8	7,8
олівець	2	2	75	75	3,75	3,75
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	6560000	6560000	5	328000	328000
Устаткування:					
правильне	18655005	18655005	8,5	158567,5	158567,5
різальне	2029775	1364275	8,5	172530,88	115963,38
очищувальне	3936	3936	8,5	334,56	334,56
складальне	1703425	1144925	7	119239,75	80144,75
зварювальне	223412,5	223412,5	7,5	16755,94	16755,94
зачищувальне	5856	3936	8,5	497,76	334,56
контрольне	250100	250100	6,5	16256,5	16256,5
транспортне	264450	264450	7,5	19833,75	19833,75
Інструменти:			15		
молоток	4878,3	3666,3		731,75	549,95
зубило	2507,1	1685,1		376,07	252,77
диск зачисний	297,95	238,95		44,69	35,84
щітка дискова	489,85	392,85		73,48	58,93
рулетка	506,35	506,35		75,95	75,95
кернер	356,7	356,7		53,51	53,51
лінійка	319,8	319,8		47,97	47,97
олівець	153,75	153,75		23,06	23,06
Разом	12915964,3	11687854,3		833443,1	737288,9

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [8,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 ($C_{nz}=67916,15$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=65943,58$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=55748,29$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=54962,41$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((67916,15 + 0,15 \cdot 55748,29) - (65943,58 + 0,15 \cdot 54962,41)) \cdot 2200 = 4598994,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [8,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 ($\Phi_{ocz}=134728770$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=131867868$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою[8,с.26]:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E_{yp} = 2200 \cdot (67916,15 - 65943,58) = 4339654 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{134728770 - 131867868}{4339654} = 0,66 \text{ р.}$$

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	2200	2200
Кількість технологічного устаткування	шт	18	15
Собівартість товарної продукції	грн	67916,15	65943,58
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	29	26
- основних робітників	чол	22	19
Фондомісткість продукції	грн/шт	55748,29	54962,41
Умовна річна економія	грн	-	4339654
Річний економічний ефект	грн	-	4598994,4
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,66
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	22411,62	22411,62
- розмічувальники	грн	23152,5	21223,13
- різальники	грн	27011,25	22187,81
- очищувальники	грн	21223,13	2 1223,13
- складальники	грн	28615,39	23681,7
- зварювальники	грн	27239,1	24835,65
- зачищувальники	грн	26046,56	21223,13
- контролери	грн	23244,38	23244,38
- транспортувальники	грн	22413,83	22413,83

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Наслідки впливу електричного струму на організм людини

Протікання електричного струму через тіло людини супроводжується термічним, електролітичним, біологічним та механічним ефектами [9, с.209].

Термічна дія струму полягає в нагріванні тканин і випаровуванні вологи, викликає опіки, обвуглення тканин та їх розриви парою.

Електролітична дія струму проявляється в розкладі органічної речовини на катіони й аніони (її електролізі), у тому числі і крові, що зумовлює зміну її фізико-хімічних і біохімічних властивостей.

Біологічна дія струму проявляється в порушенні біологічних процесів, що протікають в організмі, супроводжується руйнуванням і збудженням тканин та скороченням м'язів.

Механічна дія струму полягає в розшаруванні, розриві та інших подібних пошкодженнях різних тканин організму (в тому числі м'язової тканини, стінок кровоносних судин та судин легеневої тканини) внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари від перегрітої струмом тканинної рідини та крові.

Сукупний результат термічної, електролітичної, біологічної та механічної дії електричного струму призводить до електричної травми. *Електротравма* – травма, зумовлена дією на людину електричного струму, електричної дуги або електромагнітного поля. Відповідно явище, яке характеризується сукупністю електротравм називається *електротравматизм* [9, с.209, 210].

Небезпека прямого дотику до струмовідних частин однофазних мереж і мереж постійного струму.

В однофазних мережах змінного струму і мережах постійного струму можуть бути два види прямого дотику [9, с.225]:

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

– однополюсний прямий дотик – це дотик людини, що стоїть на провідній основі (землі), до одного полюса мережі;

– двополюсний прямий дотик – це дотик людини до двох полюсів мережі.

Порівнюючи випадки прямого дотику в однофазних мережах змінного і постійного струму, можна стверджувати наступне [9, с.225]:

– найбільш небезпечний випадок двополюсного прямого дотику через те, що в цьому випадку сила струму через людину $I_{\text{лд}}$ матиме найбільше значення, оскільки опір тіла людини буде мінімальним, а струм протікатиме за найбільш небезпечним шляхом;

– найменш небезпечний випадок однополюсного прямого дотику в мережі ізольованій від землі, тому що у цьому випадку сила струму через людину обмежується великим значенням опору витоку.

Небезпека прямого дотику до струмовідних частин трифазних електричних мереж.

У трифазних електричних мережах (далі ЕМ) можуть бути три види прямого дотику [9, с.225]:

– однофазний прямий дотик – це дотик людини, що стоїть на провідній основі, до одного фазного провідника;

– двофазний прямий дотик – це одночасний дотик людини до двох різних фазних провідників;

– одночасний дотик до фазного і N-, PE- чи PEN- провідників у мережах напругою до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю.

Аналізуючи розглянуті випадки прямих дотиків людини до струмовідних частин трифазних ЕМ, можемо зробити такі висновки [9, с.226]:

– найбільш небезпечними є випадки прямих однофазних дотиків як за силою струму, що протікає через людину, так і за шляхом струму – за верхньою стандартною петлею;

– найменш небезпечними є випадки прямих однофазних дотиків у ЕМ з ізольованою нейтраллю;

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– небезпечними є також випадки прямих однофазних дотиків у разі аварійного стану ЕМ з ізольованою нейтраллю, коли людина потрапляє під лінійну напругу.

5.2 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час розробки проекту вдосконалення технологічного процесу виготовлення воріт відкатних

Для забезпечення життєдіяльності підприємства в процесі виготовлення воріт відкатних, обов'язковими правилами є виконання вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Зварювальні та споріднені процеси можуть виконуватись відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.32-01, Правилами пожежної безпеки при проведенні зварювальних та інших вогневих робіт на об'єктах народного господарства та Правилами пожежної безпеки в Україні [10,11]. Загальні вимоги до системи протипожежного та противибухового захисту щодо будівель і споруд регламентуються ДБН В.1.1-7:2016 [12].

Категорії виробництв за вибуховою, пожежовибуховою та пожежною небезпекою слід приймати за спеціальними відомчими переліками, затвердженими міністерствами в установленому порядку.

Виробничі приміщення та ділянки, де виконуються роботи з електродугового зварювання і киснево-ацетиленового різання металів, за пожежною та вибуховою небезпекою відносяться до виробництв категорії Г. Кількість вогнегасників та інших первинних засобів пожежогасіння для таких виробничих приміщень і ділянок має вибиратися у відповідності з вищезазначеними Типовими правилами [13, с.175].

Приміщення, в яких виконується газове зварювання і різання металів, повинні бути збудовані з елементів конструкцій за IV категорією протипожежної безпеки (протипожежна стійкість – не менше 2 годин).

Місця, призначені для проведення зварювальних робіт та встановлення обладнання мають бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

менше 5 м. Зварювальні роботи за межами виробничого приміщення можуть виконуватися тільки за умови узгодження з заводською протипожежною охороною [13, с.175].

Забороняється виконувати зварювання щойно пофарбованих конструкцій до повного висихання фарби, а також посудин, апаратів, трубопроводів комунікацій, що знаходяться під електричною напругою, підвищеним тиском, заповнених горючими та токсичними матеріалами.

Поблизу сховища карбіду кальцію мають бути розташовані засоби пожежогасіння (сухий пісок, вуглекислотні вогнегасники, тетраклорні або порошкові вогнегасники). В місцях зберігання карбіду кальцію повинні бути добре видимі плакати такого змісту: «Не використовувати воду для гасіння пожежі», «Для відкривання барабанів використовувати неіскруючий інструмент» [13, с.176].

Таким чином, обов'язковою умовою при виготовленні воріт відкатних є дотримання і виконання вимог охорони праці та пожежної безпеки, а також це дозволить забезпечити безпеку працівника на робочому місці

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі модернізації виробництва відкатних воріт було запропоновано низку технічно обґрунтованих рішень, спрямованих на підвищення ефективності, якості та продуктивності: оптимізація процесів різання та зачищення заготовок, впровадження сучасної технології зварювання, механізація затискних пристроїв та оновлення виробничого обладнання.

Виготовлення відкатних воріт здійснюється з використанням маловуглецевої сталі марки Ст2пс. Зварювання виконується напівавтоматичним способом у захисному середовищі газової суміші МІХ-2, що складається з аргону (Ar) – 81%, вуглекислого газу (CO₂) – 18% і кисню (O₂) – 1%. Як зварювальний матеріал використовується дріт марки Св-08Г2С діаметром 1,0 мм. У якості зварювального обладнання застосовується напівавтомат ПДГ-315 «Буран», комплектація якого включає зварювальний пальник Binzel ABIMIG GRIP A 255 LW.

Оскільки основна частина робіт у процесі виготовлення відкатних воріт припадає на етап складання, виникає потреба у підвищенні продуктивності праці та зниженні трудових витрат. З цією метою доцільно застосовувати зварювальні маніпулятори.

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь Ст2пс. Продукція, характеристики, застосування сталі: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st2ps> (дата звернення: 19.05.2026).
2. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
3. Технологія 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: 22.05.2026).
4. 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: 22.05.2026).
5. ПДГ-315 “Буран” напівавтомат зварювальний. ПДГ-315 Технічні характеристики: веб-сайт. URL: <http://energy-welding.com.ua/pdg-315-buran-poluavtomat-svarochnyj-detail> (дата звернення 25.05.2026).
6. Зварювальний пальник ABIMIG GRIP A 255 LW Abicor Binzel. ABIMIG GRIP A 255 LW Abicor Binzel Технічні характеристики: веб-сайт. URL: <http://svarka.kr.ua/svarochnoe-oborudovanie/gorelki-mig-mag-dlya-poluavtomatov/gazovoe-ohlazhdenie/seriya-abimig-grip/svarochnaya-gorelka-abimig-grip-255-lw-abicor-binzl> (дата звернення 25.05.2026).

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

7. 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).

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

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

10. ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

11. Правилами пожежної безпеки в Україні. Наказ №866 від 03.08.2004 МВС України. URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0219-95#Text> (дата звернення: 10.06.2026).

12. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

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

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

ДОДАТКИ

					КР.422.12.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		