

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
обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30

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

Михайло ФАТЮК

Керівник

Віталій СЕНЧИШИН

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ФАТІЮКУ Михайлу Романовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30

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

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Планування заходів з профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності на підприємстві

5.2 Аналіз небезпеки дотику до струмопровідних частин електроустановок. Напруга дотику і крокова напруга

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення обойми барабана горохомолотарки – 1.0 (форм. А1)
2. Складальне креслення обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30– 1.0 (форм. А3)
3. Складальне креслення кондуктора для складання та зварювання обойми – 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 ФАТЮК

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віталій СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30 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 drum cage for the pea thresher PGM-30 manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	11
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	12
1.3.4 Вимоги до складання	12
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	17
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	19
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	24
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	27
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	29
2.6.1 Заготівельні операції	30
2.6.2 Складальні операції	31
2.6.3 Складально-зварювальні операції	32

					<i>КР.422.28.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Фатюк				Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення обойми барабана горохомолотарки Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Генчишин Віт.						4	73
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	33
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	33
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	36
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	36
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	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	.	.	.	.	.	52
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	52
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	59
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	60
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	61
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	64
5.1	Планування заходів з профілактики виробничого травматизму та						
	професійної захворюваності на підприємстві	.	.	.	.	.	64
5.2	Аналіз небезпеки дотику до струмопровідних частин						
	електроустановок. Напруга дотику і крокова напруга	.	.	.	.	.	66
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	70
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	71
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	73

ВСТУП

Зварювання є сучасним і прогресивним способом отримання нероз'ємних з'єднань, який широко застосовується в промисловості та будівництві. Зварювальне виробництво постійно розвивається, охоплюючи майже всі сфери господарської діяльності. Воно оснащено новітнім обладнанням і технологіями та за рівнем автоматизації процесів і масштабами виконуваних робіт посідає провідне місце у світі.

Кінцева мета зварювального виробництва полягає у створенні економічних конструкцій, які за формою, механічними та фізичними властивостями відповідають умовам експлуатації та призначенню.

Процес зварювання є досить складним, особливо з огляду на різноманітність методів, що базуються на використанні різних фізичних явищ.

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

Сьогодні рівень механізації та автоматизації постійно зростає, що сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню культури зварювального виробництва та умов роботи.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Завантажувач горохомолотарки ПГМ-30 виконує роль проміжної ланки між горохозбиральною машиною та молотаркою. Скошений горох транспортером подається до ПГМ-30, після чого надходить під барабан.

Розглянутий у роботі барабан є елементом механізму, на якому закріплені гребінки. Вони призначені для розчісування заплутаної горохової маси та подачі стручків у горохомолотарку.

Барабан є зварною конструкцією II класу масою 305,7 кг. До його складу входять обойми, диски, обичайки, кутники та спиці.

Гребінка належить до зварних конструкцій III класу та має масу 4,5 кг. Її основними елементами є спиці, стояк і пальці.

У даній роботі вдосконалення технологічного процесу виготовлення стосується обойм, що входять до складу барабана горохомолотарки у кількості двох одиниць.

Обойма барабана горохомолотарки виготовляється з маловуглецевої конструкційної сталі марки Ст3Гпс. Її конструкція включає вилку, стінку та диск. Основні габаритні параметри виробу такі: зовнішній діаметр – 1610 мм, висота – 24 мм, товщина стінки – 8 мм.

Загальний вигляд конструкції наведено на рисунку 1.1.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

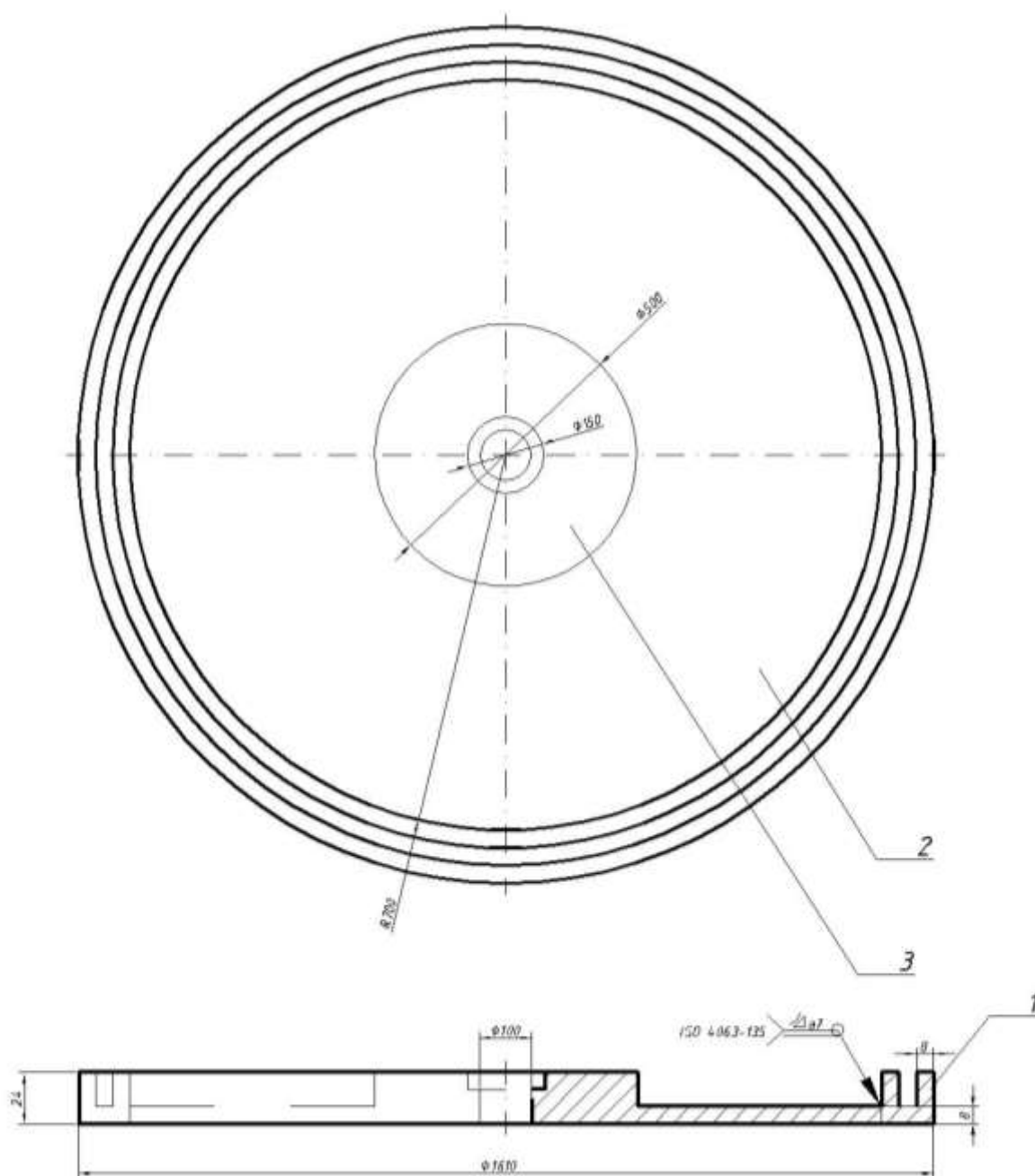


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд обойми барабана горохомолотарки

1 – вилка, 2 – стінка, 3 – диск

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Під час виготовлення конструкції необхідно дотримуватися таких технічних вимог:

					<i>KP.422.28.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

а) підготовка кромок та складання зварюваних деталей повинні відповідати робочим кресленням як за чистотою, так і за розмірами конструктивних елементів;

б) усі зварювальні роботи слід виконувати в закритому приміщенні, яке захищає робоче місце від опадів та інших негативних впливів;

в) з'єднання, підготовлені до зварювання, мають бути представлені та прийняті технічним контролем;

г) обладнання для зварювання повинно відповідати своїм технічним характеристикам;

д) ручне дугове зварювання застосовується лише у випадках, коли використання інших методів є неможливим.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення конструкції застосовується маловуглецева конструкційна сталь марки Ст3Гпс. Вміст вуглецю в цьому матеріалі не перевищує 0,25%. Хімічний склад сталі наведено в таблиці 1.1 [2].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3Гпс, %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
				не більше				
0,14-0,22	0,80-1,1	0,15	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

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

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі Ст3Гпс

Границя текучості, σ_{02} , МПа	Границя міцності σ_b , МПа	Відносне видовження, δ_5
245	370-490	26

Ця сталь застосовується для виготовлення несучих елементів зварних конструкцій, що працюють під змінними навантаженнями в діапазоні температур від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+425\text{ }^{\circ}\text{C}$, забезпечуючи надійну зварюваність.

Під час зварювання маловуглецевих сталей невеликої товщини на стандартних режимах, що забезпечують низьку швидкість охолодження, у структурі металу шва та прилеглої зоні зазвичай не утворюються гартувальні структури в областях перегріву повної чи часткової рекристалізації.

Зварюваність металу визначають на основі розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{\text{екв}}$ [3, с.127]:

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

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

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{1,1}{6} + \frac{0,15}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,519 \text{ \%}$$

Додавання марганцю до сталі сприяє підвищенню її ударної в'язкості та покращує зварюваність. Введення невеликої кількості міді (0,3–0,4%) забезпечує підвищену корозійну стійкість матеріалу.

Під час зварювання цієї марки сталі слід виконувати попередній підігрів. Для кращого захисту зварювальної ванни необхідно обрати оптимальний метод зварювання та ретельно очистити кромки. Після завершення процесу проводять термічну обробку – нормалізацію при температурі $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ та відпуск у діапазоні $600\text{--}650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для виробництва обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30 необхідно використовувати матеріали та напівфабрикати, що відповідають встановленим стандартам і технічним умовам.

Марку сталі для виготовлення зварної конструкції слід обирати з урахуванням її класу та показників зварюваності. Для забезпечення необхідних механічних властивостей і високої ударної в'язкості рекомендується використовувати сталь із підвищеним вмістом марганцю.

Напівфабрикати повинні бути вільними від тріщин та інших дефектів, що знижують їх експлуатаційну надійність. Допустимі дефекти, які не виходять за межі від'ємного допуску, дозволяється усувати шляхом шліфування або засвердлювання.

Матеріали та напівфабрикати повинні відповідати встановленим технічним вимогам, а їх якість має підтверджуватися сертифікатами виробників.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Несуча здатність та економічність зварної конструкції значною мірою залежать від точності підготовки деталей до зварювання, чистоти їх поверхонь і якості складання. Підготовку кромek зварюваних елементів дозволяється виконувати будь-якими методами механічної обробки або газовим різанням, при цьому поверхня різy має бути рівною, а нерівності не повинні перевищувати 0,5 мм.

Основною вимогою технічних умов при проектуванні конструкції є гарантування достатньої жорсткості під час дії експлуатаційних навантажень.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Точність розмірів обойм барабана завантажувача горохомолотарки ПГМ-30 зазвичай забезпечується подальшою механічною обробкою. Відхилення геометричної форми зварного виробу, а також перекося чи зміщення окремих елементів, що виникають у процесі заготівельних, складальних та зварювальних робіт, регламентуються технічними умовами виготовлення конструкції.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Упродовж усього періоду експлуатації зварні з'єднання мають забезпечувати необхідну міцність, витривалість та стійкість при заданих навантаженнях і в робочому середовищі. Міцність металу шва повинна бути рівноцінною міцності основного металу.

На міцність зварного з'єднання значно впливають тріщини, непровари, крихкість металу в зоні біля шва та інші дефекти. Тому під час розробки технологічного процесу зварювання особливу увагу слід приділяти правильному вибору матеріалів, методів, режимів зварювання та відповідних пристосувань, що забезпечують мінімальну ймовірність виникнення дефектів.

Геометричні осі елементів, що з'єднуються, мають сходитися в одній точці – центрі вузла. При цьому необхідно забезпечити можливість накладання швів для кріплення розкосів і стояків у положенні, зручному для виконання зварювальних робіт.

1.3.4 Вимоги до складання

Перед складанням усі деталі та заготовки перевіряються відповідно до креслень. При цьому контролюють їх габаритні розміри, якість підготовки кромek, кути зрізу та чистоту поверхні. Підготовка кромek і зазори між складальними елементами повинні відповідати зазначеним вимогам:

- а) при ручному дуговому зварюванні – 111 SMAW;
- б) при автоматичному зварюванні під шаром флюсу – 121 SAW;

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

в) при зварюванні в середовищі захисних газів – 131 MIG, 135 MAG.

Складання необхідно виконувати у спеціальних складальних пристосуваннях або на стендах.

Основний метал у зонах зварювання має бути ретельно очищений від іржі, мастил, вологи, окалини та інших забруднень, що можуть спричинити появу дефектів у зварних швах.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час розробки технологічного процесу складання та зварювання слід максимально зменшувати перерізи швів і ширину біляшовної зони, дотримуючись вимог високої якості. Досягти необхідної якості зварного з'єднання можливо лише за умови забезпечення вільного доступу до місця зварювання.

Якщо у зварному з'єднанні присутні дефекти, допустимі без усунення, їх сумарна довжина не повинна перевищувати 15% від загальної довжини шва.

У конструкції забороняється наявність тріщин у зварних швах, тріщин у зоні термічного впливу, пропалів, непроварів та пор у швах.

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

Для виготовлення вузлів завантажувача горохомолотарки ПГМ-30 (обойм барабана) застосовують напіваавтоматичне дугове зварювання плавким електродом у середовищі вуглекислого газу. Процес виконується за допомогою напіваавтомата Кентавр MIG-420 DigitAll.

Під час виготовлення обойми барабана параметри режиму зварювання наведені в таблиці 1.3.

Оскільки товщина зварюваних деталей дорівнює 8 мм, зварювання виконують із попереднім розробленням кромки на одній із них.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Таблиця 1.3 - Параметри режиму зварювання обойми

Параметри	Значення
Струм зварювання, А	270
Напруга на дузі, В	27
Діаметр електродного дроту, мм	1,0
Марка електродного дроту	СВ-08Г2С
Захисний газ	CO ₂
Товщина зварюваного металу, мм	8

Під час виготовлення різних конструкцій зварювання набуває все ширшого застосування. Проте навіть найкраща розробка технології зварювального процесу не може повністю гарантувати відсутність випадкових дефектів у зварних з'єднаннях. До таких дефектів належать непровари, тріщини, підрізи, напливи, шлакові включення, газові пори та інші недоліки.

Якість – це комплекс властивостей продукції, які визначають її здатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення.

Зварні з'єднання повинні проходити механічні випробування для перевірки відповідності їх міцності та пластичності вимогам технічних умов виготовлення. До основних обов'язкових видів таких випробувань належать:

а) статичні випробування на розтяг і згин, що визначають межу міцності та пластичності металів;

б) динамічні випробування на ударну в'язкість.

Одним із найпоширеніших методів контролю якості зварних з'єднань є візуальний огляд, який використовується для перевірки якості даного виробу.

Виготовлення вузлів завантажувача горохомолотарки ПГМ-30 включає низку операцій: спочатку виготовляють ліву та праву обойми, а також каркас із необхідного сортового прокату. До каркасу приварюють обичайку, що складається з чотирьох металевих листів. Перед зварюванням листи обичайки проходять вальцювання для надання потрібної форми.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

У чинному технологічному процесі виготовлення вузлів завантажувача, зокрема обойм барабана, наявні такі недоліки:

- застосовується напівавтоматичне зварювання у середовищі вуглекислого газу, яке супроводжується значним розбризкуванням електродного металу та потребує використання додаткового підігрівача через замерзання газу;

- процес зварювання здійснюється без спеціальних пристосувань, що знижує точність геометрії конструкції та, відповідно, її якість;

- існує потреба у впровадженні більш сучасного зварювального обладнання у виробництво.

Пропозиції щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення обойми:

- застосовувати напівавтоматичне зварювання у газовій суміші MIX-1 (82% аргону та 18% вуглекислого газу), що полегшує виконання робіт, забезпечує кращий захист зварювальної ванни та зменшує розбризкування електродного металу;

- використовувати спеціальні пристосування та обладнання для запобігання зміщенню металу під час зварювання та надійної фіксації елементів конструкції;

- впроваджувати сучасні моделі зварювального устаткування.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибір способу зварювання для виготовлення даної конструкції здійснюється на основі аналізу таких чинників: технічних та економічних вимог до зварних з'єднань, зварюваності матеріалу, необхідного рівня продуктивності, можливостей механізації й автоматизації процесу, а також безпечності та нешкідливості виконання робіт.

Під час виготовлення цієї конструкції вибір способу зварювання обмежується розташуванням та довжиною швів. У таких умовах доцільно застосовувати:

- а) ручне дугове зварювання;
- б) напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів;
- в) газове зварювання.

Автоматичне зварювання під шаром флюсу для цієї конструкції не використовується.

Перевагою ручного дугового зварювання є простота обладнання та відносно низькі виробничі витрати. Водночас цей метод має суттєві недоліки: низьку продуктивність, шкідливі умови праці, потребу у високій кваліфікації зварника, відсутність автоматизації та значну ймовірність виникнення браку.

Напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низьку переваг: високу продуктивність, часткову автоматизацію процесу, невеликі витрати на виробництво, якісні зварні з'єднання, можливість контролювати переміщення дуги та ванни розплавленого металу, а також виконувати роботи в різних просторових положеннях і з металами різної товщини (від 0,2–0,9 мм до 10–20 мм).

До недоліків належать інтенсивне розбризкування електродного металу, що спричиняє забруднення обладнання, потреба у джерелі постійного струму та необхідність захисту від світлової й теплової радіації через відкриту дугу.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Газове зварювання має такі переваги: плавний режим нагріву, відсутність потреби в електроживленні, простота та низька вартість, а також можливість зварювати як чорні, так і кольорові метали та їх сплави.

Недоліки цього способу полягають у вибухонебезпечності, складності механізації й автоматизації, чутливості до протягів і низьких температур, а також у придатності лише для зварювання металів невеликої товщини.

Таким чином, для виготовлення обойми барабана застосовують напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, зокрема у суміші МІХ-1 (82% аргону та 18% вуглекислого газу).

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

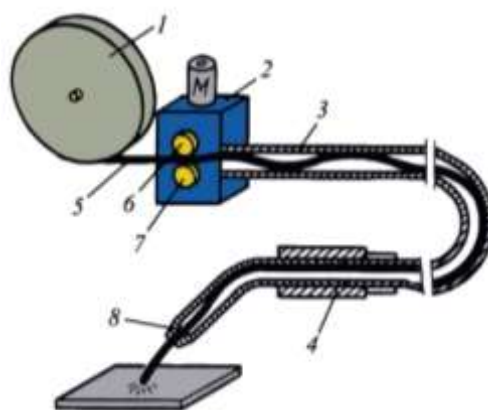


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів [1, с.163]

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

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Як захисний газ можуть застосовуватися інертні гази, вуглекислий газ або їхні суміші.

Інертні гази використовують для зварювання хімічно активних металів (титан, алюміній, магній, молібден тощо), а також у випадках, коли необхідно отримати шви, однорідні за складом з основним і присадним металом – наприклад, при роботі з високолегованими, жароміцними та корозійностійкими сталями.

Основними перевагами зварювання у середовищі вуглекислого газу є його економічність, доступність та висока якість швів, що забезпечило широке застосування цього газу при роботі з маловуглецевими сталями. Недоліки полягають у значному розбризкуванні металу та наявності домішок (води й кисню), які спричиняють окислення зварювальної ванни.

Заміна традиційного вуглекислого газу на захисні зварювальні суміші дозволяє без зміни технології та обладнання істотно підвищити швидкість процесу. Це досягається завдяки стабільнішій дузі, кращому перенесенню та нагнітання металу у зварювальну ванну, що забезпечує високу надійність і якість шва. Робочий діапазон регулювання режимів за напругою та струмом значно розширюється: наприклад, швидкість подачі дроту може зрости з 6–7 до 12–14 м/хв. У таких сумішах легко реалізується струменеве перенесення, що формує майже ідеальний зварний шов.

Отже, під час виготовлення даної конструкції застосовується суміш MIX-1 (82% Ar + 18% CO₂). При напівавтоматичному електродуговому зварюванні основним матеріалом виступає зварювальний дріт, а допоміжним – захисний газ.

Аргон у промисловості отримують із повітря методом низькотемпературної ректифікації, одночасно добуваючи кисень та азот. Це інертний газ, який постачається у рідкому або газоподібному стані. Відповідно до ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання обойми використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою 99,998%.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Вуглекислий газ, що використовується для зварювання, має відповідати вимогам ДСТУ 4817:2007. Згідно з цим стандартом, залежно від вмісту CO₂ передбачено кілька сортів газу:

- сорт 1 – з найвищим вмістом діоксиду вуглецю, призначений для відповідальних зварювальних робіт, де потрібна висока якість шва;
- сорт 2 – допускає дещо більшу кількість домішок, використовується для менш відповідальних конструкцій;
- сорт 3 – має нижчі вимоги до чистоти, застосовується у випадках, коли якість шва не є критичною.

Для зварювання конструкції як захисний газ застосовується вуглекислий газ першого сорту, що має найвищий вміст діоксиду вуглецю.

Для зварювання використовується легований дріт марки Св-08Г2С, хімічний склад якого наведено в таблиці 2.1.

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

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

Для підвищення ефективності зварювання та якості шва дріт Св-08Г2С повинен мати обміднену поверхню.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні параметрів режиму зварювання важливо забезпечити необхідні розміри, форму та якість шва. Тому доцільніше виконувати не вибір, а розрахунок параметрів. Оскільки зварювання обойми барабана

завантажувача здійснюється кутовими з'єднаннями, розрахунок проводиться для з'єднання з катетом 7 мм. Схему наведено на рисунку 2.2.

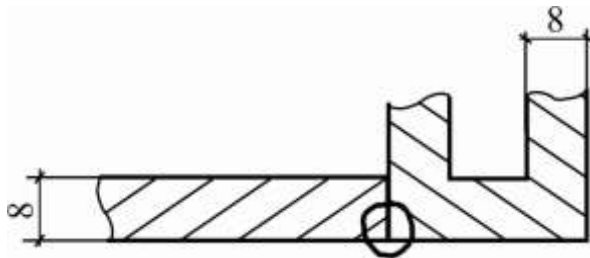


Рисунок 2.2 - Конструктивні елементи зварного шва

Основними параметрами режиму зварювання у суміші захисних газів, які суттєво впливають на розміри і форму швів, є:

- діаметр і марка електродного дроту d_e , мм;
- зварювальний струм $I_{зв}$, А;
- напруга на дузі U_d , В;
- швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}$, м/год;
- швидкість зварювання $V_{зв.}$, м/год;
- витрати захисного газу Q_g , л/хв.

Згідно з державним стандартом, при зварюванні металу в суміші захисних газів кромки елементів товщиною понад 10 мм необхідно розробляти, зменшуючи кут до 40° та притуплення до 1–2 мм при зазорі 0–5 мм. Стикові з'єднання з товщиною від 1 до 10 мм рекомендується виконувати однобічним зварюванням без розроблення кромок.

При розрахунку режиму слід забезпечити отримання катета шва необхідної величини.

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

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

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

де K – катет шва, $K=7$ мм,

$$F_n = \frac{7^2}{2} = \frac{49}{2} = 24,5 \quad \text{мм}^2.$$

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

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

$$h_n = \sqrt{24,5} = 4,95 \quad \text{мм}.$$

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

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 49} = 9,9 \quad \text{мм}.$$

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

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

Тоді:

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

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

Отже:

$$H = \frac{9,9}{1,2} = 8,25 \quad \text{мм}.$$

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

$$h_0 = 8,25 - 4,95 = 3,3 \quad \text{мм.}$$

Для зварювання конструкції із вуглецевої сталі з катетом 7 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,2 мм.

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

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

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

$$I_{зв} = \frac{3,3}{1,45} \cdot 100 = 227,59 \quad I_{зв} \approx 230 \quad \text{А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 230 А.

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

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=11,6$ г/А·год [4, 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:

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \quad \text{мм}^2.$$

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже:

$$V_{н.д.} = \frac{11,6 \cdot 10^{-3} \cdot 230}{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 303,18 \quad м/год.$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=300$ м/год.

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

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

$$U_{\phi} = 20 + \frac{50 \cdot 230}{1000 \cdot \sqrt{1,2}} \pm 1 = 30,5 \pm 1 \quad В.$$

Приймаємо $U_{д}=30$ В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [4, 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 $d_e = 1,2$ мм – $A = 4 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{3\phi} = \frac{4 \cdot 10^3}{230} = 17,59 \quad м/год.$$

Приймаємо $V_{зв}=18$ м/год.

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [4, 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 1,2 мм $j=90...400$ А/мм² [5, с.244],

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{230}{200}} = 1,21 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Витрати захисного газу $Q_{\Gamma} = 16 \text{ л/хв}$ [4, 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	230
Напруга на дузі	$U_{д}$	В	30
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,2
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	18
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	300
Витрати захисного газу	Q_{Γ}	л/хв	16

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Устаткування для дугового зварювання в середовищі захисних газів може бути як універсальним, так і спеціалізованим. Його особливість полягає в наявності вузлів, агрегатів та допоміжних пристроїв, що забезпечують газовий захист металу шва та зони термічного впливу від дії повітря. Конструктивні та технічні характеристики джерела живлення, напівавтомата й систем керування визначаються вимогами технологічного процесу зварювання в захисних газах.

Для напівавтоматичного зварювання в суміші аргону та вуглекислого газу застосовується інверторний напівавтомат SSVA-270-Р.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Багатофункціональне джерело струму інверторного типу SSVA-270-P може служити [6]:

- джерелом постійного струму для напівавтоматичного зварювання з механізованою подачею зварювального дроту 0,6 - 1,2 мм у середовищі захисних газів (MIG/MAG);
- джерелом постійного струму з регульованим нахилом ВАХ для ручного дугового зварювання (ММА) покритими електродами 1,6 - 6мм з будь-яким типом покриття та вихідним струмом до 270А;
- джерелом постійного струму у складі апаратури для зварювання вольфрамовим електродом, що не плавиться, в середовищі інертних газів з контактним підпалом дуги (TIG) [6].

Використання інверторних технологій із мікропроцесорним керуванням параметрами дуги забезпечує наступні переваги [6]:

- висока потужність при малому розмірі та вазі;
- виключно високі параметри енергозбереження;
- стабільні параметри зварювання на будь-яких значеннях зварювального струму;
- стійка дуга, яка не залежить від коливань напруги мережі (165 – 275В);
- в режимі MIG/MAG комфортне зварювання у великому діапазоні товщин металів, що зварюються;
- зварювання алюмінію дротом 1-1,2 мм у режимі MIG/MAG у середовищі інертного газу (аргон);
- система контролю вхідної напруги дозволяє захистити апарат при включенні до мережі 380В;
- режими «Гарячий старт», «Форсована дуга», «Антиприлипання» полегшують роботу у важкодоступних місцях, дозволяють проводити зварювання навіть початківцям;
- інтелектуальна система управління охолодженням забезпечує максимальний коефіцієнт постійного навантаження (ПН);

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- система скидання напруги холостого ходу дозволяє проводити безпечні зварювальні роботи в колодязях, всередині ємкостей, у сирих приміщеннях;
- висока працездатність, надійність та ремонтпридатність джерел струму SSVA;
- можливість розширення функціональних можливостей, покращення споживчих властивостей шляхом оновлення Програмного забезпечення мікроконтролера [6].

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

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата SSVA-270-P [6]

Назва параметру	Значення
Номінальна напруга живлення, В	220
Споживча потужність, кВт	не більше 5,5
Діапазон вихідних струмів, А	5 – 270
Постійне навантаження (ПН)	до 160 А – 100% 240 А – 60% 270 А-45%
Коефіцієнт корисної дії, %	88
Коефіцієнт потужності, cos φ	0,67
Швидкість подачі дроту, режим MIG/MAG, м/хв	0,3 – 15
Рекомендований діаметр дроту, режим MIG/MAG, мм	0,6 – 1,2
Діапазон регулювання вихідної напруги, В	10 – 29
Опір ізоляції при напрузі 2,5кВ, МОм	не менше 50
Габаритні розміри ДхШхВ, мм	480х360х270
Маса, кг	19,4



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата SSVA-270-P [6]

Даний інверторний напівавтомат комплектується пальником типу RF GRIP 25, виробник Abicor binzel.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики зварювального пальника RF 25 GRIP [7]

Номінальний зварювальний струм, А	200-250
Діаметр електродного дроту, мм	0,8-1,2
Довжина шлангів, м	3,0

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Якість вихідних матеріалів – основного металу, зварювального дроту та захисного газу – має відповідати встановленим вимогам. Спершу перевіряють відповідність сертифікатних даних технологічному процесу зварювання, а потім здійснюють огляд і контроль якості згідно з нормативною документацією та стандартами.

У зварювальних машинах перевіряють регулюючі механізми, прилади, якість та довжину струмопідвідних провідників, а також стан контактів і

мундштуків. На установках для роботи в середовищі захисних газів контролюють справність редукторів, витратомірів, шлангів і пальників.

Режим зварювання контролюють насамперед для дотримання параметрів процесу – струму, напруги та швидкості у встановлених межах. Перевірка здійснюється візуально за показами приладів і за зовнішнім виглядом шва.

Якість окремих швів додатково контролюють шляхом порівняння з еталонними зразками.

Зовнішній огляд дозволяє оцінити якість і підготовку зварних швів перед зварюванням. Це найдоступніший та найоперативніший метод контролю, який дає достатньо інформації. За його допомогою виявляють тріщини, підрізи, свищі, пропали, напливи та інші дефекти. Геометричні параметри шва визначають шаблонами або вимірювальними інструментами.

З технологічних та конструктивних міркувань контроль обойми барабана здійснюють такими методами:

- візуально-оптичним (зовнішній огляд);
- вибірковим методом ультразвукової дефектоскопії.

Ультразвукову дефектоскопію виконують ехо-імпульсним методом, що ґрунтується на відбиванні хвиль від несучільностей, акустичний опір яких відрізняється від опору основного металу. Відбитий сигнал реєструється й відображається на екрані приймача. Метод називається імпульсним, оскільки озвучення об'єкта здійснюється короткими імпульсами. Ознакою дефекту є поява ехо-сигналу. Цей спосіб застосовують для контролю стикових, кутових, напусткових і таврових з'єднань. Він дозволяє виявляти дефекти у деталях товщиною до 6000 мм, зокрема площею 0,7 мм² на глибині до 100 мм. Контроль проводиться при однобічному доступі до з'єднання з використанням одного перетворювача для випромінювання та приймання сигналів. Схеми контролю наведено на рисунку 2.4.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

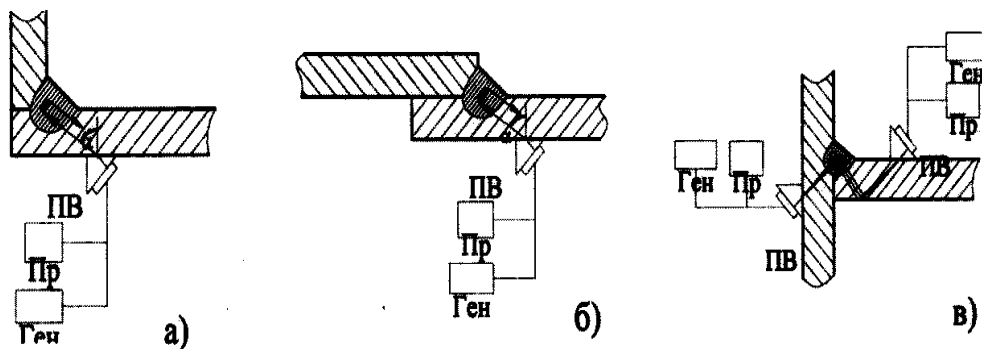


Рисунок 2.4 - Схеми ультразвукового контролю зварних з'єднань

а) - схема контролю кутових з'єднань; б) - схема контролю напусткових з'єднань; в) - схема контролю таврових з'єднань; ПВ - перетворювач випромінювання; ПР - приймач; Ген - генератор; α - кут введення ультразвукової хвилі

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Вдосконалений технологічний процес виготовлення конструкції має низку переваг порівняно з базовим, зокрема:

- а) розраховані параметри режиму зварювання є більш економічними;
- б) заводське обладнання попереднього процесу відзначається нижчою продуктивністю;
- в) використання суміші MIX-1 замість вуглекислого газу значно покращує захист металу шва.

Зазначені переваги забезпечують покращення механічних властивостей шва, зменшують розбрикування металу, скорочують трудомісткість виготовлення, підвищують продуктивність та забезпечують відчутний економічний ефект.

Технологічний процес виготовлення конструкції включає операції, наведені на рисунку 2.5.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 2.5 - Схема технологічного процесу виготовлення

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення заготовок обойми виконують такі операції:

- розмічування;
- різання;
- точіння;
- штампування.

Розмічування здійснюють за допомогою рулетки, металевої лінійки, маркера, кернера та спеціальних шаблонів, що підвищують продуктивність і зменшують трудові витрати.

Різання стінки виконують на установці плазмового різання Jasic CUT 100, зображеній на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд установки плазмового різання Jasic CUT 100

Деталь – диск виготовляють методом точіння на токарному верстаті 16K25.

Вилку виготовляють методом штампування з додатковим підігріванням на кривошипному пресі Yangli J23-10B.

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням здійснюють візуальну перевірку відповідності заготовок вимогам креслення. Під час монтажу забезпечують правильне взаємне розташування деталей, яке вони повинні мати у готовій конструкції. Складальна конструкція має бути достатньо жорсткою й міцною, щоб уникнути деформацій під час зварювання. Для складання та зварювання обійми застосовують спеціальні складально-зварювальні пристосування — кондуктори.

Складання конструкції здійснюють так: встановлюють заготовки – диск, стінку та вилку, виконують прихоплення, після чого готовий вузол передають на зварювання.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання налаштовують напівавтомат і газове обладнання, встановлюючи силу струму, витрату захисного газу та швидкість подачі електродного дроту.

Під час складання, коли елементи виробу встановлені у проектне положення, виконують прихоплення в місцях майбутніх швів. Після цього здійснюють повне зварювання готової конструкції.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після зварювання виконують зачищення швів та видалення бризок металу з поверхні. Для опоряджувальних операцій застосовують окуляри захисні ICER затемнені, молоток слюсарний Dnipro-M Ultra з ручкою фіберглас 500 г, кутова шліфмашину Makita 9565CVR із зачисним кругом по металу Klingspor A24 Extra та дискову щітку Modeco MN-69-142. Після зачищення виріб проходить контроль якості на відсутність зовнішніх дефектів.

2.6.5 Допоміжні операції

До допоміжних операцій належать роботи, що не формують безпосередньо зварний шов, але забезпечують якість, точність та ефективність основного процесу.

До них належать підготовчі роботи, а саме: очищення поверхонь від окалини, іржі, мастил, механічна або хімічна обробка крайок і підігрівання деталей перед зварюванням.

Крім того дані операції включають до свого складу організаційно-технічні заходи, такі як: транспортування та складування заготовок, маркування деталей та підготовка та обслуговування обладнання.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють усі етапи виготовлення зварної конструкції, зокрема:

- перевірку входних зварюваних матеріалів;
- контроль зварювальних матеріалів;
- оцінку якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та процесу зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Зовнішнім оглядом перевіряють форму та розташування швів відповідно до креслення, наявність дефектів і можливі деформації. Додатково проводять вибірковий ультразвуковий контроль ехо-імпульсним методом, що дозволяє оцінити якість виготовленої продукції.

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводять для визначення їх кількості, необхідної для виготовлення конструкції, а також для забезпечення економного й раціонального використання у виробництві промисловості та будівництва. Загальні правила нормування витрат і відходів, а також методи їх визначення встановлено ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [8].

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

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

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

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=230$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=4,9$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 230 \cdot 4,9 \cdot 10^{-3} = 16,9 \quad \text{кг.}$$

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

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 16,9 \cdot 0,7 = 11,83 \quad \text{кг,}$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 16,9 \cdot 0,5 = 8,45 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{el} = 11,83 + 8,45 = 20,28 \quad \text{кг.}$$

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

$$H_g = Q_p \cdot K_g, \quad (2.16)$$

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$H_z = 11,83 \cdot 0,85 = 10,05 \quad \text{л / хв.}$$

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, $K_n=0,75$;

$$E = \frac{30}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,96 \quad \text{кВт.}$$

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;

$$E = \frac{0,01 \cdot 30 \cdot 230 \cdot 0,03}{0,9 \cdot 0,75} = 3,07 \quad \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Конструювання нових або модернізація існуючих зварювальних пристосувань ґрунтується на трьох основних етапах:

1. Аналіз креслень і технічних умов. Важливо оцінити технологічність конструкції, враховуючи конфігурацію деталей, точність виготовлення та стан поверхонь.

2. Розроблення технологічного процесу. Процес складання й зварювання має бути детально опрацьований на рівні маршрутного чи розгорнутого технологічного опису та врахований при проектуванні пристосувань.

3. Вивчення виробничої програми. Оцінюють складність пристосування та визначають доцільність його оснащення механізмами механізації й автоматизації.

Таким чином, тип пристосування визначається способом зварювання та складання, особливостями конструкції виробу, матеріалом і поперечним перерізом деталей, вимогами до якості та точності розмірів, а також необхідним рівнем продуктивності.

Вибір пристосування здійснюють шляхом техніко-економічного порівняння, обираючи, як правило, найбільш раціональний у технічному та економічно вигідний варіант.

Технологічний процес складання та зварювання виробу включає операції складання і зварювання окремих вузлів та виробу в цілому. В залежності від складності зварного виробу здійснюють його розчленування на складальні одиниці, що дозволяє застосовувати прогресивну технологію складання та зварювання на основі модернізації існуючої, застосування стандартної та розробки нової технологічної оснастки. По конструктивному

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оформленню та за характером використання складально-зварювальну оснастку поділяють на універсальну, спеціалізовану та спеціальну [9, с. 16].

Універсальна оснастка призначена для широкої номенклатури зварних виробів в одиничному та дрібносерійному виробництві. Така складально-зварювальна оснастка включає безліч взаємозамінних нормалізованих і стандартизованих елементів, що дає широкі можливості забезпечувати переналагодження оснастки при переході підприємства на виготовлення нових типів конструкцій. Таким чином, для одиничного та дрібносерійного виробництва, що характеризується широкою номенклатурою виробів та незначною програмою випуску, доцільно використовувати універсальну оснастку. Комплекти універсальних складально-зварювальних пристроїв замовляються підприємствами через спеціальні прокатні бази [9, с. 16, 17].

Спеціалізована складально-зварювальна оснастка застосовується для виробництва групи однотипних виробів в серійному та крупносерійному виробництві зварних конструкцій. В одиничному та дрібносерійному виробництві вона застосовується досить рідко через необхідність великих витрат на її проектування та виготовлення [9, с. 17].

Спеціальна складально-зварювальна оснастка використовується для виготовлення одного або декількох конкретних виробів в крупносерійному та масовому виробництві зварних конструкцій. Вона забезпечує більш високу продуктивність праці та найкращу якість зварних конструкцій у порівнянні з універсальною оснасткою [9, с. 17].

Складальну-зварювальну оснастку, що застосовується у зварювальному виробництві, класифікують за декількома ознаками [9, с. 18].

1. За функціональним призначенням: пристрої для складання виробів; складально-зварювальні пристрої; зварювальні пристрої; пристрої для повороту виробу в зручне для зварювання положення; пристрої для переміщення виробу під час зварювання; пристрої для переміщення зварювальних апаратів.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. За методом зварювання – пристрої для електродугового зварювання, для електрошлакового зварювання та для контактного зварювання.

3. За ступенем спеціалізації – пристрої універсальні, спеціалізовані та спеціальні.

4. За ступенем механізації і автоматизації – пристрої ручні, механізовані, напіваавтоматичні та автоматичні.

5. За необхідністю зміни положення – пристрої поворотні та неповоротні.

6. За видом установлення у виробничих приміщеннях – пристрої стаціонарні, пересувні та переносні.

7. За джерелом енергії силових приводів обертання, переміщення та притиску заготовок – пристрої пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні, вакуумні, електромагнітні, електромеханічні, комбіновані.

8. За типом зварних конструкцій – пристрої для плоско листових конструкцій (для полотнищ), для оболонкових конструкцій, для балкових конструкцій, для рамних та решітчастих конструкцій, для корпусних конструкцій, для деталей машин та приладів.

9. За ефективністю впливу на рівень залишкових деформацій зварного виробу: пасивні пристрої – пристрої, що передбачають утримування виробу в оснастці під час його зварювання та наступного охолодження; активні пристрої – пристрої, що передбачають попереднє навантаження зварюваних заготовок з метою компенсації залишкових деформацій зварного виробу [9, с. 18].

Для виготовлення обойм барабана завантажувача застосовують поворотний складально-зварювальний кондуктор, на якому виконують складання деталей, їх фіксацію затискачами та остаточне зварювання.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань для виготовлення обойми барабана завантажувача забезпечують потрібну послідовність складально-зварювальних операцій. Деталі встановлюють у пристосування по упорах і фіксаторах, після чого закріплюють притисками.

Опори пристосувань поділяють на основні та допоміжні. Основні визначають просторове положення деталі й закріплюються в корпусі пристосування, тоді як допоміжні забезпечують додаткову стійкість у випадках можливого перекидання. У складально-зварювальних пристосуваннях основними опорами слугують штирі. Великі деталі з обробленими базовими поверхнями встановлюють на пластини. Регульовані гвинтові опори можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних. Допоміжні опори не впливають на точність базування.

Упори застосовують для фіксації деталей по бічних поверхнях. Уздовж контуру деталі використовують планки та ребра. Вони можуть бути постійними, відкидними, відвідними або знімними, з рельєфною, сферичною чи плоскою базовою поверхнею. Постійні упори закріплюють на корпусі пристосування гвинтами або зварюванням. Для підвищення зносостійкості їх робочі поверхні зміцнюють термообробкою чи наплавленням.

Рационально, коли упори одночасно виконують функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовують у випадках, коли конструкція виробу не дає змоги легко зняти його після прихоплення чи зварювання. Робоча частина упорів повинна мати довжину не менше подвійної товщини стінок закріплюваних деталей.

Для формування базових поверхонь пристосувань та правильної орієнтації деталей застосовують постійні упори. Вони одночасно виконують роль опорної бази й закріплюються на корпусі складально-зварювальних пристосувань гвинтами або зварюванням. Додатково використовують регульовані упори.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для отримання зварних конструкцій високої якості необхідне точне складання деталей виробу, тобто їх правильне взаємне встановлення та надійне закріплення.

Процес складання зварного виробу включає послідовність операцій. Спочатку деталі виробу або вузла подають до місця складання, після чого встановлюють у складальному пристосуванні в проектному положенні. У цьому положенні їх закріплюють і виконують зварювання. Подавання та встановлення деталей здійснюється універсальним або спеціальним транспортним обладнанням. Орієнтацію деталей визначають установчі елементи пристосування чи суміжні деталі, а фіксацію забезпечують затискні елементи.

Притискні механізми призначені для надійного закріплення установлених у пристрої заготовок, деталей, складальних одиниць відповідно з вимогами технологічної документації в процесі всього періоду складання та зварювання [9, с. 126].

Класифікація притискачів, що застосовуються в зварювальних пристроях може бути різноманітною. Так за ступенем механізації розрізняють притискачі немеханізовані та механізовані. До немеханізованих притискачів відносяться такі конструктивні типи притискачів: гвинтові, клинові, ексцентрикові, важільні, байонетні, комбіновані та пружинні. Немеханізовані притискачі потребують застосування мускульної сили і використовуються в одиничному й дрібносерійному виробництвах [9, с. 127, 128].

Механізовані притискачі оснащені силовим приводом і включають такі притискачі: пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні та електромагнітні. До пневматичних притискачів відносяться притискачі прямої дії, вакуумні та комбіновані. У свою чергу притискачі прямої дії включають пневмоциліндри, пневмокамери та пневматичні шланги [9, с. 128].

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До комбінованих притискачів відносяться притискачі, які заблоковані з декількох простих механізмів та оснащені силовим приводом. Це пневмоклинові та пневмоважільні притискачі [9, с. 128].

Механізовані притискачі використовуються в складально-зварювальній оснастці, що призначена для серійного та багатосерійного виробництва [9, с. 128].

Для складання та зварювання вузлів завантажувача горохомолотарки ПГМ-30 застосовують поворотні складально-зварювальні кондуктори, що забезпечують підвищення продуктивності праці та зменшення трудових витрат робітників.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	ø1610x24	ø1610x24
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3Гпс	кг	95	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	2,28	
захисний газ (суміш МІХ-1 – Аг 82% +CO ₂ 18%)	л/хв	10	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	7,5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3Гпс	грн	40,2	40,08
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	159	158
захисний газ (суміш МІХ-1 – Аг 82% +CO ₂ 18%)	грн	43,45	43,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	30	

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка кернер маркер	369 178 92 40	III	$\frac{2,6}{2,4}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Плазм. різ. Jasic CUT 100	32580	15,2 (кВА)			III	$\frac{2,4}{2,2}$
Точіння	$\frac{3}{П}$	Токарний верстат 16K25	180000	11			III	$\frac{1,6}{1,5}$
Штампування	$\frac{3}{П}$	Кривош. штампув. прес Yangli J23-10B	220000	1,1			III	$\frac{2,5}{1,8}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складально- зварювальн. кондуктор	694400		МОЛОТОК	335	IV	$\frac{3,1}{2,5}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтом. SSVA-270-P	28500	5,5			IV	$\frac{3,2}{2,6}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Makita 9565CVR	6400	0,72	щітка Modeco MN-69-142 МОЛОТОК диск Klingspo r A24 Extra	191 335 94	III	$\frac{2,4}{2,3}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразв.де фектоскоп УДЗ-71	250000				VI	1,8
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Тельфер електричн ий	77000	1,8			III	$\frac{1,6}{1,4}$

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					43

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 19,6;

по проекту 17,1;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,6;

по проекту 1,4.

Загальна штучна норма часу: по заводу 21,2;

по проекту 18,5.

Для виготовлення обойми горохомолотарки ПГМ-30 застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [10, с.8]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,07) \approx 1882 \text{ год.}$$

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

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

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

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

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

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

B_{np} – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{np} = 5100$ шт.

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні обойми барабана горохомолотарки ПГМ-30:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,36 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,1 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,1 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,2 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,84 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу точіння необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{1,6 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,06 \approx 2 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$n = \frac{1,5 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 1,94 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання штампування складає:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,23 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,8 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,32 \approx 2 \text{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 4 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,22 \approx 3 \text{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,2 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 4,13 \approx 4 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{2,6 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,35 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 3,1 \approx 3 \text{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,3 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,97 \approx 3 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{1,8 \cdot 5100}{1882 \cdot 2,1} = 2,32 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [10, 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, 5100 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$K_{кр}$ - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається $K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{5100 \cdot 1 \cdot 0,6}{2100 \cdot 0,7} = 2,08 \approx 2 \text{ шт.}$$

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

4.2 Розрахунок кількості працівників

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

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

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 $B_{np} = 5100 \text{ шт.}$;

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

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

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,6}{1850 \cdot 2,1} = 3,41 \approx 3_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,4}{1850 \cdot 2,1} = 3,15 \approx 3_{чол}.$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,4}{1850 \cdot 2,1} = 3,15 \approx 3_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,2}{1850 \cdot 2,1} = 2,89 \approx 3_{чол}.$$

Необхідна кількість робітників для виконання токарних робіт:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,6}{1850 \cdot 2,1} = 2,1 \approx 2_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,5}{1850 \cdot 2,1} = 1,97 \approx 2_{чол}.$$

Необхідна кількість штампувальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,5}{1850 \cdot 2,1} = 3,28 \approx 3 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,8}{1850 \cdot 2,1} = 2,36 \approx 2 \text{чол}.$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 3,1}{1850 \cdot 2,1} = 4,07 \approx 4 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,5}{1850 \cdot 2,1} = 3,28 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 3,2}{1850 \cdot 2,1} = 4,2 \approx 4 \text{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,6}{1850 \cdot 2,1} = 3,41 \approx 3 \text{чол}.$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,4}{1850 \cdot 2,1} = 3,15 \approx 3 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 2,3}{1850 \cdot 2,1} = 3,02 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{5100 \cdot 1,8}{1850 \cdot 2,1} = 2,36 \approx 2 \text{чол.}$$

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:				
розмічувальники	3	3	III	III
різальники	3	3	III	III
токарі	2	2	III	III
штампувальники	3	2	III	III
складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	4	3	IV	IV
зачищувальники	3	3	III	III
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	33	30	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів			Од. вим .	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн					
							на один виріб		на програму			
3/П	Сталь Ст3Гпс			кг	40,2	40,08	3819	3807,6	19476900		19418760	
3/П	Зв. дріт Св-08Г2С			кг	159	158	362,52	360,24	1848852		1837224	
3/П	Суміш МІХ-1 – Аг 82% +CO ₂ 18%			кг	43,45	43,25	434,5	432,5	2215950		2205750	
Р- ом							4616,02	4600,34	23541702		23461734	
В- нт	Транспортно-заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн				
	% ц. куп .	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму		
3/П	5	2,01	2	190,95	190,38	973845	970938	30	30	153000	153000	
3/П	5	7,95	7,9	18,13	18,01	92442,6	91861,2					
3/П	5	2,17	2,16	21,73	21,63	110797,5	110287,5					
Р- ом		12,13	12,07	230,8	230,02	1177085,1	1173086,7	30	30	153000	153000	

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

					<i>КР.422.28.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

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

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [10, с.16].

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

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

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

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

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

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

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 53,5 \cdot 2,4 = 577,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 577,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 202,23 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 577,8 \cdot 0,4 = 231,12 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 55,5 \cdot 2,4 = 666 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 666 \cdot (0,2 + 0,15) = 233,1 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 666 \cdot 0,4 = 266,4 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 55,5 \cdot 2,2 = 610,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 610,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 610,5 \cdot 0,4 = 244,2 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці токарів:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 54,5 \cdot 1,6 = 654 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 654 \cdot (0,2 + 0,15) = 228,9 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 654 \cdot 0,4 = 261,6 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 54,5 \cdot 1,5 = 613,13 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 613,13 \cdot (0,2 + 0,15) = 214,59 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 613,13 \cdot 0,4 = 245,25 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці штампувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6 \cdot 53,8 \cdot 2,5 = 807 \text{ грн};$$

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$З_{до} = 807 \cdot (0,2 + 0,15) = 282,45 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 807 \cdot 0,4 = 322,8 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6 \cdot 53,8 \cdot 1,8 = 581,04 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 581,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 203,36 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 581,04 \cdot 0,4 = 232,42 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 54,7 \cdot 3,1 = 847,85 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 847,85 \cdot (0,2 + 0,15) = 296,75 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 847,85 \cdot 0,4 = 339,14 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 54,7 \cdot 2,5 = 683,75 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 683,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 239,31 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 683,75 \cdot 0,4 = 273,5 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 55,5 \cdot 3,2 = 888 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 888 \cdot (0,2 + 0,15) = 310,8 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 888 \cdot 0,4 = 355,2 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 55,5 \cdot 2,6 = 721,5 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 721,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 252,53 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 721,5 \cdot 0,4 = 288,6 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,7 \cdot 54 \cdot 2,4 = 609,12 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 609,12 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,19 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 609,12 \cdot 0,4 = 243,65 \text{ грн};$$

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,7 \cdot 54 \cdot 2,3 = 583,74 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 583,74 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,31 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 583,74 \cdot 0,4 = 233,5 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 57,5 \cdot 1,8 = 672,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 672,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 235,46 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 672,75 \cdot 0,4 = 269,1 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 8 \cdot 55,5 \cdot 1,6 = 710,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 710,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 248,64 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 710,4 \cdot 0,4 = 284,16 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 8 \cdot 55,5 \cdot 1,4 = 621,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 621,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 217,56 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 621,6 \cdot 0,4 = 248,64 \text{ грн}.$$

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

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

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

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

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

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 64,2 \cdot 1850 = 237540 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 237540 \cdot 0,35 = 83139 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 237540 \cdot 0,4 = 95016 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 64,2 \cdot 1850 = 237540 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 237540 \cdot 0,35 = 83139 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 237540 \cdot 0,4 = 95016 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 64,2 \cdot 1850 = 118770 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 118770 \cdot 0,35 = 41569,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 118770 \cdot 0,4 = 47508 \text{ грн}.$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою[10, с.17]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = 1 \cdot 17000 \cdot 12 = 204000 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 204000 \cdot 0,35 = 71400 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 204000 \cdot 0,4 = 81600 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 13300 \cdot 12 = 159600 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 159600 \cdot 0,35 = 55860 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 159600 \cdot 0,4 = 63840 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	475096,05	438550,2	166283,62	153492,57	190038,42	175420,08
різальники	505494	463369,5	176922,9	162179,33	202197,6	185347,8
токарі	330924	310241,25	115823,4	108584,44	132369,6	124096,5
штампувальники	612513	294006,24	214379,55	102902,18	245005,2	117602,5
складальники	858024,2	518966,25	300308,47	181638,19	343209,68	207586,5
зварювальники	898656	547618,5	314529,6	191666,48	359462,4	219047,4
зачищувальники	462322,08	443058,66	161812,73	155070,53	184928,83	177223,46
контролери	340411,5		119144,03		136164,6	
транспортувальники	359462,4	314529,6	125811,84	110085,36	143784,96	125811,84
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	237540		83139		95016	
ремонтники	237540		83139		95016	
електрики	118770		41569,5		47508	
ІТР	204000		71400		81600	
МОП	159600		55860		63840	
Разом	5800353,23	4628201,7	2030123,63	1619870,6	3229718,79	2760858,18

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	З	П
Основні матеріали:	4616,02	4600,34
сталь Ст3Гпс	3819	3807,6
зв. дріт Св-08Г2С	362,52	360,24
захисний газ (суміш МІХ-1 – Аг 82% +СО ₂ 18%)	434,5	432,5
Поворотні відходи	30	
Паливо та енергія на технологічні цілі	83,96	82,38
Основна заробітна плата основних робітників	949,59	719,76
Додаткова заробітна плата основних робітників	332,36	251,91
Премії та надбавки основних робітників	379,84	287,1
Відрахування на соціальне страхування	23,27	17,63
Відрахування на медичне страхування	41,55	31,49
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	314,39	314,39
Цехові (дільничні) витрати	192,49	192,49
Всього цехова собівартість	6903,47	6467,49

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:						
різальне	3	3	32580	32580	1629	1629
токарне	2	2	180000	180000	9000	9000
штампувальне	3	2	220000	220000	11000	11000
складальне	4	3	694400	694400	34720	34720
зварювальне	4	3	28500	28500	1425	1425
зачищувальне	3	3	6400	6400	320	320
контрольне	2	2	250000	250000	12500	12500
транспортне	2	2	77000	77000	3850	3850
Інструменти:						
молоток	10	8	335	335	16,75	16,75
диск зачисний	5	5	94	94	4,7	4,7
щітка	5	5	191	191	9,55	9,55
рулетка	3	3	369	369	18,45	18,45
кернер	3	3	92	92	4,6	4,6
лінійка	3	3	178	178	8,9	8,9
маркер	3	3	40	40	2	2
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будови та споруди	7990500	7990500	5	399525	399525	
Устаткування:						
різальне	99369	99369	8,5	8446,365	8446,365	
токарне	369000	369000	8,5	31365	31365	
штампувальне	671000	451000	8,5	57035	38335	

Продовження таблиці 4.7

складальне	2812320	2117920	7	196862,4	148254,4
зварювальне	115425	86925	7,5	8656,88	6519,38
зачищувальне	19520	19520	8,5	1659,2	1659,2
контрольне	512500	512500	6,5	33312,5	33312,5
транспортне	157850	157850	7,5	11838,75	11838,75
Інструменти:			15		
молоток	3366,75	2696,75		505,01	404,51
диск зачисний	286,7	286,7		43	43
щітка	582,55	582,55		87,38	87,38
рулетка	3339,45	2970,45		500,92	445,57
кернер	280,6	280,6		42,09	42,09
лінійка	1610,9	1432,9		241,64	214,94
маркер	362	322		54,3	48,3
Разом	12757312,95	11813155,95		750175,43	680541,38

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

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

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=11657,28$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=10646,84$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=6903,47$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=6467,49$ грн/шт);

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

$$E_{\Phi} = ((11657,28 + 0,15 \cdot 6903,47) - (10646,84 + 0,15 \cdot 6467,49)) \cdot 5100 = \\ = 5486768,7 \text{ грн.}$$

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

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 47214831$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 44116836$ грн);

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

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

$$E_{yp} = 5100 \cdot (11657,28 - 10646,84) = 5153244 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{47214831 - 44116836}{5153244} = 0,6 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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	5100	5100
Кількість технологічного устаткування	шт	16	13
Собівартість товарної продукції	грн	11657,28	10646,84
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	33	30
- основних робітників	чол	26	23
Фондомісткість продукції	грн/шт	6903,47	6467,49
Умовна річна економія	грн	-	5153244
Річний економічний ефект	грн	-	5486768,7
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,6
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	23003,66	21234,15
- різальники	грн	24475,5	22435,88
- токарі	грн	24034,5	22532,34
- штампувальники	грн	29657,25	21353,22
- складальники	грн	31158,49	25127,81
- зварювальники	грн	32634	26515,13
- зачищувальники	грн	22385,16	21452,45
- контролери	грн	24723,56	24723,56
- транспортувальники	грн	26107,2	22843,8

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Планування заходів з профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності на підприємстві

Планування заходів з профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності має важливе місце на підприємствах зварювального профілю. Так як даний процес супроводжується підвищенням негативним впливом на організм людини.

Виробничий травматизм – це явище, що характеризується сукупністю виробничих травм і нещасних випадків на виробництві [11].

Професійне захворювання – це патологічний стан людини, обумовлений надмірним напруженням організму, або дією шкідливого виробничого чинника під час трудової діяльності [11].

Нещасні випадки та професійні захворювання є наслідком незадовільних умов праці, що виникають у процесі виробництва в результаті дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише за умови ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято розділяти причини виробничого травматизму і професійної захворюваності на дві групи чинників: виробничо-технічні або об'єктивні (організаційні, технічні, гігієнічні) і «людські» (суб'єктивні), або, як їх прийнято називати, психофізіологічні чинники [11].

Організаційні причини: відсутність або неякісне проведення інструктажу і навчання; недостатній контроль охорони праці; відсутність інструкцій з охорони праці; незадовільна організація та утримання робочих місць; порушення правил експлуатації обладнання, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання обладнання, механізмів та інструменту не за призначенням [11].

Технічні причини: несправність виробничого обладнання, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисних загороджень, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування [11].

Санітарно-гігієнічні причини: несприятливі метеорологічні умови; висока концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони; незадовільні умови освітлення; високий рівень шуму і вібрації; незадовільні мікрокліматичні умови; наявність шкідливих випромінювань; порушення правил особистої гігієни [11].

Психофізіологічні причини: помилкових дій внаслідок високої важкості та напруженості праці, підвищеної стомлюваності, зниження уважності; монотонні умови праці; недостатня професійна підготовленість; порушення правил безпечного виконання робіт, трудової і виробничої дисципліни; невідповідність психофізіологічних даних працюючого виконуваний роботі або його хворобливий стан [11].

Основні заходи щодо попередження та усунення причин виробничого травматизму та професійної захворюваності поділяються: на *технічні* та *організаційні* [11], що вносяться до плану з питань охорони праці та затверджуються роботодавцем.

До технічних заходів належать заходи з *виробничої санітарії* та *техніки безпеки*.

Заходи з *виробничої санітарії* передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, які запобігають вплив на працюючих шкідливих виробничих факторів. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря; теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного обладнання; заміна шкідливих речовин і матеріалів

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму роботи і відпочинку, санітарного та побутового обслуговування [11].

Заходи з *техніки безпеки* передбачають систему організаційних і технічних заходів і засобів, що запобігають вплив на працюючих небезпечних виробничих факторів. До них відносяться: розробка та впровадження безпечного обладнання; механізація і автоматизація технологічних процесів; використання попереджувальних пристосувань, автоматичних блокуючих засобів; правильне і зручне розташування органів управління обладнанням; розробка та впровадження систем автоматичного регулювання, контролю та управління технологічними процесами, принципово нових нешкідливих та безпечних технологічних процесів [11].

До *організаційних заходів* належать: правильна організація праці, навчання, контроль і нагляд з охорони праці; дотримання трудового законодавства, міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації і пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів і випробувань транспортних і вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском [11].

Таким чином, планування заходів з профілактики виробничого травматизму та професійної захворюваності на підприємстві є основою для нормального його функціонування без шкоди для працюючих.

5.2 Аналіз небезпеки дотику до струмопровідних частин електроустановок. Напруга дотику і крокова напруга

Залежно від типу електроустановки її експлуатація можлива з використанням однофазної або трифазної електричної мережі.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

В однофазних мережах змінного струму і мережах постійного струму можуть бути два види прямого дотику [12, с.225]:

- 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 [12, 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.

У трифазних електричних мережах можуть бути три види прямого дотику [12, с.225, 226]:

- 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 електричних мереж, можемо зробити такі висновки [12, 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;

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

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

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

Під *напругою непрямого дотику* через корпус електроустановки розуміють процес, коли людина потрапляє в електричне поле дії, якщо вона стоїть на ґрунті (струмопровідній основі) і торкається корпусу пошкодженої електроустановки [12, с.228].

Під *напругу кроку* потрапляє людина, переміщуючись поверхнею землі в зоні розтікання струму замикання на землю (локальна земля). Напруга кроку дорівнює різниці потенціалів точок поверхні ґрунту, на яких перебувають ноги людини [12, с.229].

Струмовідні частини електроустановок (далі ЕУ) не повинні бути доступні для випадкового прямого дотику до них, а доступні для дотику відкриті і сторонні провідні частини не повинні перебувати під напругою, що становить небезпеку ураження електричним струмом і в нормальному режимі роботи, і в разі пошкодження ізоляції.

Для запобігання ураженню електричним струмом у нормальному режимі роботи слід застосувати окремо або в поєднанні такі заходи захисту від прямого дотику [12, с.231]:

- основну ізоляцію струмовідних частин;
- огорожі та оболонки в ЕУ;
- бар'єри в ЕУ;
- розміщення струмовідних частин поза зоною досяжності;
- розміщення струмовідних частин на недосяжній висоті або у недоступному місці;
- блокування безпеки в ЕУ;
- орієнтацію в ЕУ.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Захист від прямого дотику не вимагається, якщо номінальна напруга ЕУ не перевищує [12, с.231]:

– 25 В змінного або 60 В постійного струму в разі застосування системи БНН (безпечної наднизької напруги), якщо електричне обладнання експлуатується в сухих приміщеннях;

– 25 В змінного і 60 В постійного струму в разі застосування системи ЗНН (захисної наднизької напруги), якщо обладнання перебуває в зоні дії зрівнювання потенціалів і експлуатується тільки в сухих приміщеннях;

– 6 В змінного або 15 В постійного струму в усіх інших випадках.

Отже, прямий чи непрямий дотик людини до струмовідних елементів електроустановок може призвести до небажаних наслідків, а зокрема, летальних випадків, тому попередньо на підприємстві повинні бути вжиті певні заходи захисту, які б не призвели до таких ситуацій.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота розглядає можливі варіанти удосконалення технології виготовлення обойм барабана горохомолотарки ПГМ-30 та необхідні варіанти обладнання для її практичної реалізації.

У чинному технологічному процесі виготовлення вузлів завантажувача, зокрема обойм барабана, наявні такі недоліки:

- застосовується напівавтоматичне зварювання у середовищі вуглекислого газу, яке супроводжується значним розбризкуванням електродного металу та потребує використання додаткового підігрівача через замерзання газу;

- процес зварювання здійснюється без спеціальних пристосувань, що знижує точність геометрії конструкції та, відповідно, її якість;

- існує потреба у впровадженні більш сучасного зварювального обладнання у виробництво.

Пропозиції щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення обойми:

- застосовувати напівавтоматичне зварювання у газовій суміші MIX-1 (82% аргону та 18% вуглекислого газу), що полегшує виконання робіт, забезпечує кращий захист зварювальної ванни та зменшує розбризкування електродного металу;

- використовувати спеціальні пристосування та обладнання для запобігання зміщенню металу під час зварювання та надійної фіксації елементів конструкції;

- впроваджувати сучасні моделі зварювального устаткування.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь Ст3Гпс. Характеристики, хімічний склад, механічні властивості, застосування: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st3gps> (дата звернення: 21.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Інверторний напівавтомат SSVA-270P. Інверторні напівавтомати: веб-сайт. URL: <https://svarcentr.com.ua/ua/svarochny-poluavtomat-ynvertornoho-tipa-ssva-270p> (дата звернення: 25.05.2026).
7. Зварювальний пальник RF 25 GRIP. Зварювальні пальники для MIG/MAG: веб-сайт. URL: <https://eweld.com.ua/ua/svarochnye-gorelki-dlya-poluavtomatov/svarochnaya-gorelka-rf-25-grip-4m> (дата звернення: 25.05.2026).
8. 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).

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

9. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навч. посібник. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Київ: Арістей, 2006. 272 с.

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

11. Травматизм та професійні захворювання в галузі. Охорона праці та цивільна безпека: веб-сайт. URL: https://aop.nmu.org.ua/ua/metodicki/specialist/org/lzi/Тема5_Розслідування%20НВ.pdf (дата звернення: 11.06.2026).

12. 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.

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.28.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		