

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
калача доменної печі

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

Максим БІЛОШИЦЬКИЙ

Керівник

Володимир ГАВРИЛЮК

Рецензент

Віктор СЕНЧИШИН

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

«__» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

БІЛОШИЦЬКОМУ Максиму Віталійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
калача доменної печі

Керівник роботи ГАВРИЛЮК Володимир Ярославович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від 29. 04. 2025 року № 4/9-209

Термін подання студентом роботи 20.06.2025р.

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 Страховий ризик і страховий випадок при загальнообов'язковому державному соціальному страхуванні

5.2 Планування та розробка заходів з охорони праці та протипожежного захисту

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення калача доменної печі – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення калача доменної печі – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стенду складального – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення тельфера електричного 4509 – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Оксана РЕДЬКВА, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)
Охорона праці	Лілія СЕМКІВ, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (дата)

Дата видачі завдання 19.05.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	22.05.2025	
2	Технологічний розділ	26.05.2025	
3	Конструкторський розділ	04.06.2025	
4	Організаційно-економічний розділ	09.06.2025	
5	Охорона праці	12.06.2025	
6	Графічна частина	16.06.2025	
7	Перевірка на плагіат	18.06.2025	

Студент

(підпис)

Максим БІЛОШИЦЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення калача доменної печі 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 blast furnace hearth 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.

3MICT

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	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	10
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	10
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	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	19
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	24
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	28
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	29
2.6.1 Заготівельні операції	29
2.6.2 Складальні операції	31
2.6.3 Складально-зварювальні операції	31

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення калача доменної печі Пояснювальна записка			Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Білошицький								4	70	
Перевір.		Гаврилюк						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск				
Реценз.		Сенчишин										
Н. Контр.		Залуцька										
Затв.		Дранівська										

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	32
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	34
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	37
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	37
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	39
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	41
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	41
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	47
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	50
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	51
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	57
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	58
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	59
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	62
5.1	Страховий ризик і страховий випадок при загальнообов'язковому						
	державному соціальному страхуванні	.	.	.	.	.	62
5.2	Планування та розробка заходів з охорони праці та						
	протипожежного захисту	.	.	.	.	.	64
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	66
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	67
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	70

ВСТУП

В умовах неперервного ускладнення конструкцій, постійного зростання об'ємів зварювальних робіт, велику роль відіграє правильне проведення технологічної підготовки виробництва, в значній мірі визначаючій її трудомісткість і терміни освоєння, економічні показники, використання засобів механізації та автоматизації. Найбільший ефект технологічної підготовки досягається при комплексному вирішенні питань – технологічного відпрацювання самих конструкцій, розроблення технологічних процесів та їх оснащення на всіх етапах виробництва.

Ріст технічного рівня виробництва, введення в експлуатацію складного зварювального устаткування безпосередньо пов'язані з підвищенням вимог до рівня загальноосвітньої і технічної підготовки кадрів, що працюють в області зварювального виробництва, в першу чергу робітників – зварювальників.

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].

Зварювання все ширше використовується у різних галузях народного господарства завдяки можливості відносно нескладної механізації та автоматизації процесу, що в загальному приведе до збільшення продуктивності праці.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Калач доменної печі є металевою конструкцією, яка використовується у металургійному виробництві і є складовою частиною даного типу устаткування. Їх основне призначення – це з'єднання охолоджувальних плит, які запобігають інтенсивному перегріванню кладки печі, що може викликати її руйнування. Робочий діапазон температур даного типу обладнання становить від 90°C до 115°C при створеному тиску 0,4 – 0,9 МПа. Кресленик калача доменної печі із зазначенням відповідних позицій деталей представлений на рисунку 1.1.

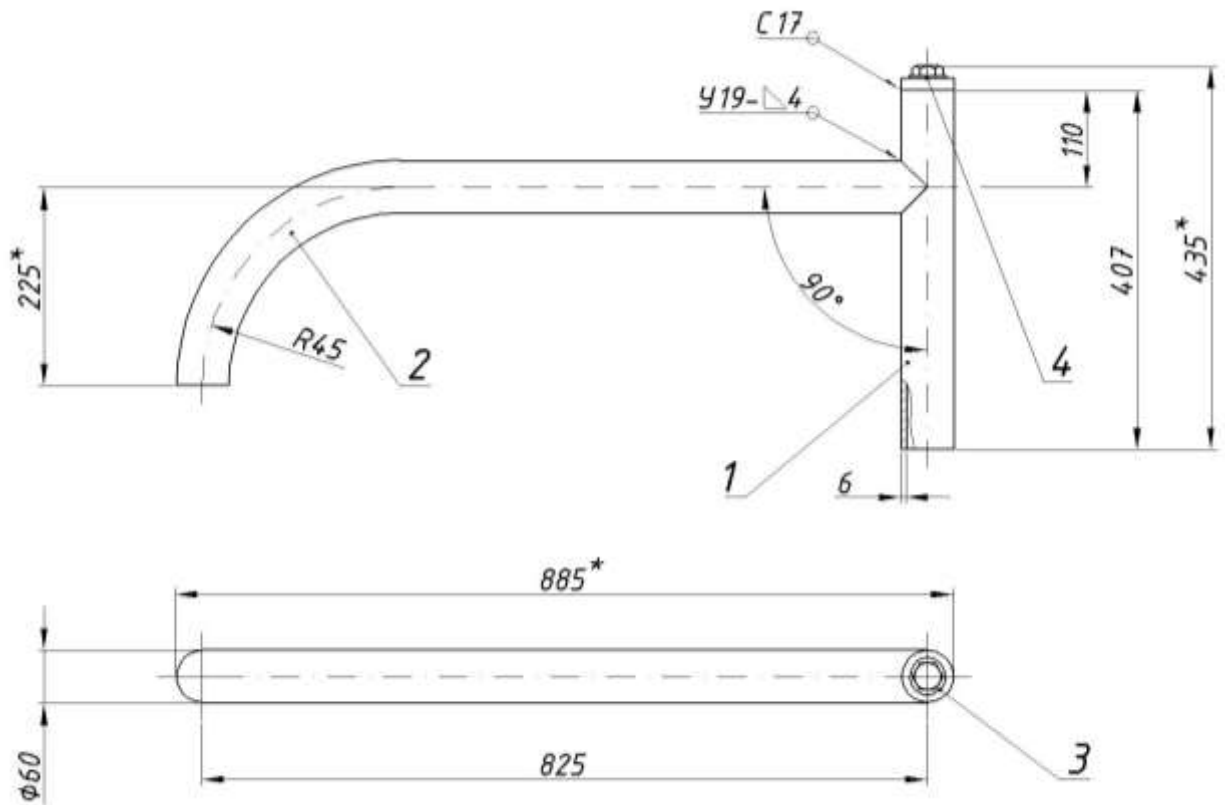


Рисунок 1.1 – Калач доменної печі

1 – труба, 2 – коліно, 3 – бобишка, 4 – заглушка

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Для виготовлення елементів калача доменної печі в основному використовуються круглі труби $\varnothing 60$ мм із товщиною стінки 6 мм. Габаритні розміри конструкції калача є наступними: довжина 885 мм, висота 435 мм.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Виготовлення калача доменної печі повинно виконуватись із дотриманням вимог:

- зменшення габаритних розмірів деталей та складальних одиниць за рахунок правильного компоновання;
- зменшення різноманітності форм деталей та складальних одиниць використовуючи методи уніфікації збільшуючи при цьому їх кількість при можливості масового виробництва, але потрібно вибирати найбільш складну форму заготовки та великих розмірів, цим буде створюватись резерв металу по відношенню до інших заготовок менших розмірів. Між вимогами компоновання та уніфікації потрібно вибрати правильний баланс, оскільки в деяких випадках вони суперечать одна одній. Тому в процесі проектування конструкції потрібно враховувати найбільш важливу вимогу компоновання чи уніфікації, яка буде відповідати максимальній технологічності конструкції;
- легке механічне оброблення використовуваних матеріалів за рахунок простіших форм та уніфікації деталей чи складальних одиниць, з можливістю застосування високопродуктивного обладнання і технологічного устаткування;
- формування зварних з'єднань з механічними умовами, які задовольняють технічні умови на виготовлення конструкції.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення калача доменної печі використовуємо конструкційну, вуглецеву якісну Сталь 35.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки низькій вартості і високим експлуатаційним властивостям, Сталь 35 широко використовується в будівництві і машинобудуванні. Дана сталь використовується в металоконструкціях, а також для виготовлення валів, циліндрів, шестерень, осей, дисків, шнеків і траверс. В окремих випадках Сталь 35 використовують для виготовлення великогабаритних механізмів. Але ця марка сталі задовільно зварюється, що вимагає підігрівання перед або в процесі зварювання.

Механічні властивості Сталі 35 приведені в таблиці 1.1, а хімічний склад в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості Сталі 35 [2]

Стан постачання	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ_2	ψ
		%	
	не менше		
Прокат гарячекатаний	530	20	45

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Сталі 35, % [2]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
не більше								
0,32-0,40	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,04	0,25	0,25	0,25	0,08

Придатність матеріалу до формування зварних з'єднань називається зварюваністю, тобто це властивість металу зварюватися при встановленій технології, яка обумовлюється конструкцією та експлуатацією виробу. Технологічна зварюваність вказує на відповідність властивостей зварного з'єднання основному металу.

Для розрахунку зварюваності використовується формула еквівалентного вмісту вуглецю $C_{екв}$ [3, с.127]:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де С, Мп, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, В – вміст хімічних елементів у сталі, %.

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0,40 + \frac{0,80}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,25}{10} + \frac{0,25}{5} + \frac{0,25}{15} = 0,637 \quad \%$$

Якщо еквівалентний вміст вуглецю перевищує 0,45 %, то це вказує на те, що зварюваність даної сталі обмежена і її можна зварювати тільки з використанням попереднього підігрівання, оскільки це зменшить швидкість охолодження сталі, а відповідно буде менша схильність до утворення тріщин.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Виготовлення калача доменної печі повинно відбуватись згідно нормативно-технічних документів, стандартних, а також галузевих документів.

Матеріали з яких виготовляється калач, а це основний метал та зварювальний дріт мають використовуватись згідно вимог, що містяться в технологічних картах на виготовлення конструкції.

На вибір марки сталі впливають її зварюваність та клас міцності конструкції. Але крім цього основний матеріал повинен забезпечувати отримання високих механічних властивостей, які б задовольняли умови експлуатації конструкції, високу її технологічність, безпечність та доступність.

Матеріали, які використовуються для виконання зварювання повинні забезпечувати:

- відповідні конструктивні розміри та властивості зварного шва;

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- комфортні умови виконання процесу зварювання;
- високу якість і продуктивність процесу;
- безпечні санітарно-гігієнічні умови праці в процесі виробництва.

Всі матеріали та напівфабрикати повинні поставлятися з комплектом відповідних документів, що підтверджують їх якість. Якщо є якісь недоліки при виконанні технологічного процесу пов'язані із якістю матеріалів, то відділ технічного контролю здійснює додаткові дослідження з метою підтвердження їх властивостей паспортним даним.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Якість та економічність зварної конструкції залежить від точності отримуваних заготовок під зварювання, чистоти їх поверхонь та правильності і послідовності виконання складальних операцій. Розроблення кромek виконується методами механічного різання із забезпеченням рівної поверхні різку, при цьому величина можливих нерівностей не повинна перевищувати 0,5 мм.

Важливою технічною вимогою, яка висувається до конструкції є її належна жорсткість, яка повинна витримувати навантаження, які виникатимуть в процесі експлуатації.

Шорсткість має важливе значення для поверхонь, які між собою контактують, але враховуючи тип даної конструкції загальна її шорсткість становить $R_a = 50$.

Точність розмірів калача доменної печі повинна бути досягнута відразу ж після зварювального процесу, без додаткового використання рихтувальних робіт. В технічних умовах на виготовлення конструкції повинні міститися вимоги, які стосуються геометричної форми, розмірів, можливого перекосу і зміщення деталей одна відносно іншої в процесі виконання технологічних операцій.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Головне, що повинні забезпечувати зварні з'єднання виробу чи конструкції – це забезпечувати надійну їх роботу у відповідних умовах експлуатації. Навіть після закінчення достатньо тривалого часу вони повинні зберігати свою міцність і витривалість. Особливо це важливо при виготовленні особливо відповідальних конструкцій, механізмів та інших пристроїв.

Тому до якості зварних з'єднань пред'являються відносні вимоги, які в основному залежать від експлуатаційного призначення виробів і конструкцій. Однак існують деякі загальні вимоги без дотримання яких не забезпечиться відповідна роботопридатність, довговічність і надійність з'єднань в умовах експлуатації:

- механічні властивості, від них напряму залежить надійність зварної конструкції, оскільки вони визначають стійкість до витримування експлуатаційних навантажень, зусиль ударів та ін. і до цих властивостей відносять – границю міцності, відносне видовження і твердість;

- технологічні вимоги, вони визначають правильність технології їх виконання, при цьому для будь-якого зварного з'єднання повинна виконуватись вимога повного проплавлення, так як від цього залежить якість і надійність;

- зовнішній вигляд, шов повинен бути без підрізів і напливів із плавним переходом від наплавленого металу до основного, розмір катета, кількість проходів та форма підсилення повинна бути вказана у конструкторській документації.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання є однією з найголовніших операцій технологічного процесу, яке полягає у проектуванні деталей згідно відповідних баз конкретного устаткування. Всі заготовки фіксуються та закріплюються і створюють

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

жорстку конструкцію відносно заданих креслень чи технологічних карт. Після того, як відбулося складання деталей, зразу виконуються прихоплення сусідніх стиків та загальне зварювання всієї конструкції.

Тому складальні роботи по виготовленню калача доменної печі виконуються за рахунок наступних показників:

- висока точність складання, яка забезпечує габаритну форму та розміри, що контролюються вимірювальними інструментами;
- для кращого проплавлення деталей повинні створюватися відповідні зазори згідно лінійної площини без перекосів;
- використання спеціальної складальної оснастки, яка буде задовольняти форму майбутньої конструкції з відповідною продуктивністю процесу;
- складання, а також зварювання виробу мають відповідати всім вимогам даної технології.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Розроблення технологічного процесу складання і зварювання калача доменної печі повинно виконуватись при забезпеченні високої якості конструкції із мінімальною зоною термічного впливу. Якість зварного з'єднання залежить від умов виконання та від положення при зварюванні. При нижньому положенні зварного шва забезпечується його найвища якість.

Необхідна якість зварювання забезпечується враховуючи такі умови:

- використання відповідних матеріалів для зварювальних робіт;
- відсутність дефектів;
- забезпечення правильності і потрібної точності складання;
- контролювати якість зварювання спеціальним методом контролю.

Присутність тріщини, непроварів і пор в зоні термічного впливу та в зварному шві не допускається.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Технологією виробництва калача доменної печі передбачено процеси розмічування і різання металу на заготовки потрібних розмірів, згинання труби для забезпечення потрібного діаметру.

Важливою частиною калача є коліно, що представляє собою конструкцію у вигляді дуги, яка виготовляється з труби $\varnothing 60 \times 6$ мм, тому для його формування використовуються трубозгинальні верстати. Всі інші складові деталі калача виготовляються також із труб і листового металу.

Виконання прихоплень в процесі складання та загального зварювання здійснюється методом напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу.

Тому ознайомившись із заводською технологією виготовлення калача доменної печі можна визначити її недоліки:

- процес напівавтоматичного зварювання під флюсом утруднений при зварюванні вертикальних швів;
- неможливість спостереження за процесами горіння дуги та кристалізацією наплавленого металу;
- захист розплавленого металу при даному способі зварювання забезпечується розплавленим шлаком, який залишається на поверхні зварного шва і його потрібно додатково видаляти;
- у складальних пристосуваннях не забезпечується точна фіксація виробу через спрацювання гвинтових механічних затискачів.

Враховуючи попит даного роду конструкцій потрібно збільшувати програму випуску продукції, а також використання відповідного основного матеріалу потребує деяких удосконалень наявного технологічного процесу виготовлення. Ці зміни стосуються використання іншого типу технологічного зварювального устаткування та застосування більш продуктивного зварювального обладнання.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також вдосконалення існуючої технології виготовлення відбувається заміною способу зварювання під флюсом, зварюванням в захисному газі. Зміна зварювального обладнання позитивно позначається на енергоефективності технологічного процесу.

Ці запропоновані зміни дозволять підвищити механізацію і автоматизацію процесу виготовлення калача доменної печі, також підвищиться продуктивність виконання відповідних робіт, а відповідно трудомісткість зменшиться, це буде мати позитивний вплив на подальшу собівартість конструкції.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Доцільність застосування того чи іншого способу зварювання ще аналізується на стадії проектування конструкції та залежить від її технологічності, зварюваності основного металу, техніко-економічних показників, а також ефективності механізації та автоматизації зварювальних процесів. Вибір способу зварювання має важливе значення, тому що це основна операція при виготовленні зварних конструкцій від якої залежить якість виготовлюваної продукції.

Калач доменної печі зварюється швами невеликої довжини, що знаходяться в різних просторових положеннях, тому це буде мати вирішальний вплив для вибору способу зварювання. Найбільш доцільними способами зварювання для даної конструкції будуть ручне дугове та напівавтоматичне зварювання в середовищу захисних газів. Конфігурації конструкції калача не дозволяє використання автоматичних способів зварювання.

Так як калач доменної печі виготовляється у великих кількостях, то ручне дугове зварювання не забезпечує необхідної продуктивності процесу, тому що потрібно вручну змінювати електроди по ходу їх використання, а також додаткове знімання шлаку з поверхонь швів, який виконує захисну функцію в процесі горіння дуги та плавлення металу. Хоча спосіб є відносно простим, загальнодоступним, універсальним та дозволяє отримувати якісні шви. Його в основному застосовують тоді, коли використання інших способів є не можливим або недоцільним.

Напівавтоматичне зварювання має багато переваг порівняно з ручним, а саме: механізована подача зварювального дроту, що робить його більш продуктивним, захист металу зварювальної ванни захисними газами без формування шлакового шару на поверхні шва, тому непотрібні роботи по

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додатковому його зніманні, висока універсальність, маневреність, що дозволяє зварювати шви різної довжини та в різних просторових положеннях, хоча нижнє положення забезпечує найкращі умови для формування швів. Зварювання в захисних газах має багато переваг, але і цьому способу притаманні недоліки, які пов'язані з надмірним розбризкуванням, що потребує додаткового зачищення прилягаючих поверхонь зварних деталей, а також виконання цього способу зварювання можливе тільки в закритих приміщеннях без протягів, тому що відкритий простір негативно впливає на захисні функції газового середовища здуваючи його.

Тому в технологічному процесі виготовлення калача доменної печі використовується спосіб напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів, а саме у суміші MIX-1, де аргону 82% і вуглекислого газу 18%.

Схема даного способу зварювання приведена на рисунку 2.1.

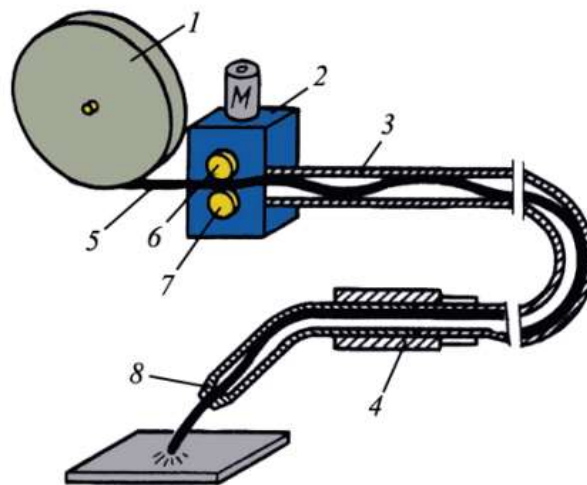


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів [1, с.163]

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

Відповідно до попередньо вибраного способу зварювання калача доменної печі, то в якості матеріалів він застосовує – зварювальний дріт, що плавить себе та основу і захисний газ (суміш), який служить захистом реакційної зони зварювання. Правильний вибір відповідних матеріалів визначає показники якості наступних зварних швів, що мають відповідати обраним технологічним властивостям та не повинні володіти будь-яким типом дефектів, що власне погіршують попередні властивості.

Для ще більшого захисного покращення та кращого проварювання деталей калача буде використовуватись суміш МІХ-1, її склад наступний:

- аргону 82%;
- вуглекислого газу 18%.

Найбільші витрати припадають на використання власне зварювального дроту, а тільки 10% йде на витрачання захисного газу або суміші, що характеризується більшою кількістю першого для заповнення основи. Основними перевагами сумішей порівняно з газом (CO_2) є зменшення, а в деяких випадках цілковите усунення розбризкування зварювального металу, яке суттєво погіршує поверхневу естетику деталей чи обладнання та вимагає додаткового видалення, також зовнішній вид шва стає точніший з плавним переходом до основного матеріалу. Використання сумішей дозволяє ефективно застосовувати дріт, так як його об'єм робіт скорочується на 10 – 20%, також зникає необхідність у додатковому виконанні допоміжних робіт по зачищенню прилягаючих поверхонь деталей і обладнання від крапель прилиплого металу. Дані суміші сприяють виконанню процесів зварювання на більших швидкостях зі зберіганням повного проплавлення кромки, що також позитивно впливає на продуктивність процесу.

Виготовлення калача доменної печі відбувається із конструкційної сталі марки Сталь 35, отже найдоцільнішим вибором буде застосування дроту Св-08Г2С, який найкраще підходить для цього основного металу, що відноситься

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

до низьковуглецевого класу. Дана марка дроту містить в своєму складі підвищений вміст кремнію, а також марганцю, що дозволяє добре легувати з'єднувальні метали та легко розкислювати реакційний простір ванни, яке утворює рівномірність стикувальних ділянок елементів.

Дріт Св-08Г2С володіє хімічним складом, який описується в таблиці 2.1 [3, с.177].

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [3, с.177]

Марка дроту	Вміст, %						
	C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0.5-0.11	1.8-2.1	0.70-0.95	0.20	≤0.25	0.025	0.030

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Розрахунок параметрів режиму зварювання виконується із умови необхідної міцності зварних з'єднань, які повинні відповідати основному металу. Основним показником, який береться до уваги при розрахунку зварного шва на міцність є наступне: для стикового шва – ширина, а для кутового – величина катета шва. Калач доменної печі зварюється двома типами зварних швів – стиковим С17 та кутовим У19. Основним з'єднанням буде кутове, що сполучає коліно із трубою, тому всі розрахунки стосуватимуться саме його, при цьому повинна виконуватися умова забезпечення катета шва величиною 4 мм. Схема даного типу з'єднання показана на рисунку 2.2.

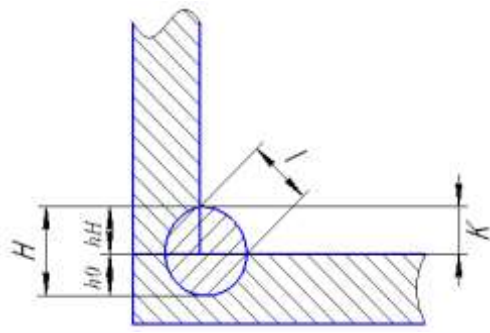


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

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

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

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

де K – катет шва, $K=4$ мм,

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

Висота наплавленого металу h_n визначається за формулою [4, с.197]:

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

$$h_n = \sqrt{8} = 2,83 \text{ мм.}$$

Ширина шва l визначається за формулою [4, с.197]:

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

$$l = \sqrt{2 \cdot 16} = 5,66 \text{ мм.}$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Загальну висота шва Н визначається за формулою [4, с.196]:

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

Виконавши перестановки:

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

значення ψ_m становить 0,8 – 2,0 мм [4,с.196], вибираємо $\psi_m=1,1$.

Потім:

$$H = \frac{5,66}{1,1} = 5,14 \text{ мм.}$$

Глибина проплавлення h_0 визначається за формулою [4, с.197]:

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

$$h_0 = 5,14 - 2,83 = 2,31 \text{ мм.}$$

Зварювання кутового шва з катетом 4,0 мм повинно виконуватись зварювальним дротом діаметром 0,8 мм.

Зварювальний струм $I_{зв}$ визначається 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].

$$I_{зв} = \frac{2,31}{1,45} \cdot 100 = 159,6 \text{ А.}$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконавши розрахунок сила зварювального струму складатиме 160 А.

Швидкість подачі електродного дроту визначається за формулою [5,с.212]:

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

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

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

$F_{ел}$ – площа поперечного перерізу електрода, яку розраховують за формулою:

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,5 \text{ мм}^2.$$

Тоді:

$$V_{п.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 160}{0,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7800} = 489,96 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі зварювального дроту $V_{п.д.}=490$ м/год.

Напруга на дузі визначається за формулою [4, с.194]:

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 160}{1000 \cdot \sqrt{0,8}} = 27,16 \pm 1 \text{ В.}$$

Напруга становить $U_d=27$ В.

Швидкість зварювання визначається за формулою [4, с.194]:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

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

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, Якщо $d_e = 0,8$ мм – $A = 2,5 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{зв} = \frac{2,7 \cdot 10^3}{160} = 16,88 \text{ м/год.}$$

Швидкість буде рівною $V_{зв} = 17$ м/год.

Виконуємо перевірку діаметра зварювального дроту за формулою [4, с.193]:

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де γ – допустима густина електричного струму, для дроту $\varnothing 0,8$ мм $\gamma = 75 \dots 300$ А/мм² [4, с.193],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{160}{300}} = 0,83 \text{ мм,}$$

що задовольняє відповідну умову.

Виліт зварювального дроту буде складати $l_d = 12$ мм [6, с.103].

Витрати захисного газу $Q_r = 16$ л/хв [6, с.105].

Значення параметрів зварювання калача доменної печі представлені в таблиці 2.2.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання калача доменної печі

Назва	Символ	Одиниці вимірювання	Значення
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	160
Напруга на дузі	U_d	В	27
Діаметр зварювального дроту	d_e	мм	0,8
Виліт зварювального дроту	l_d	мм	12
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	17
Швидкість подачі дроту	$V_{п.д.}$	м/год	490
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	16

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Калач доменної печі зварюється механізованим способом в захисній суміші МІХ-1, отже враховуючи особливості конструкції та якість майбутніх зварних швів, в технологічному процесі виготовлення буде використовуватися напівавтомат Welding Dragon MIG-200P китайської компанії «Jasic», який представлений на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Зварювальний напівавтомат Welding Dragon MIG-200P

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Welding Dragon MIG-200P – це професійний зварювальний апарат із синергетичним керуванням, який дозволяє виконувати цілий комплекс зварювальних робіт та не тримати при цьому цілий парк зварювальної техніки [7].

Даним напівавтоматом можливе виконання таких видів зварювання [7]:

- напівавтоматичне класичне;
- напівавтоматичне із синергетичним керуванням;
- напівавтоматичне з синергетичним керуванням та пульсацією;
- напівавтоматичне з синергетичним керуванням та подвійною пульсацією;
- аргонодугове з контактним підпалом;
- аргонодугове з контактним підпалом та пульсацією;
- ручне дугове;
- ручне дугове з пульсацією.

Система синергетичного керування дозволяє отримувати надійні та якісні шви та при цьому полегшити рутинну роботу зварювальника. Синергетичні режими розраховані на роботу з дротом [7]:

- 0.8 - 1.0 мм (вуглецеві та корозійностійкі сталі);
- 1.0 - 1.2 мм (алюміній та його сплави).

Також синергетичні режими розраховані на роботу з кількома групами матеріалів та захисних середовищ, таких як [7]:

- вуглецеві сталі (2 варіанти газового захисту);
- корозійностійкі сталі (2 групи матеріалів);
- алюмінієві сплави (2 групи матеріалів).

З представлених синергетичних режимів для зварювання алюмінію і сплавів підійдуть режими з пульсацією струму, режим без пульсації виключно для зварювання сталей. Крім використання попередньо встановлених режимів, можливий запис власних програм зварювання (до 35) [7].

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

В основу інверторної схеми MIG-200P покладено IGBT-транзистори, що дозволяє отримати обладнання компактних габаритів та легкої ваги, із стійкою роботою та низьким рівнем шуму під час роботи. Система примусового охолодження з інтелектуальним управлінням – вентилятор працює лише під час зварювання або, коли температура внутрішніх компонентів перевищує заданий рівень (виняток – режими ручного зварювання, вентилятор у них працює постійно). Механізм подавання дроту 2-х роликівий. Розрахований працювати з котушками вагою до 5 кг. У комплекті до апарату йде пальник типу MB-24 з дистанційним керуванням, який підключається до апарата через два роз'єми: стандартний KZ-2 та додатковий роз'єм (4 pin) для керування [7].

Все керування зосереджено на передній панелі. Налаштування параметрів зварювання здійснюється під час руху циклограмою. Для встановлення значень параметрів встановлені дві ручки, що обертаються: одна для встановлення більшості параметрів зварювання, що мають регулювання (в т.ч. сили струму), інша – для регулювання (коригування) зварювальної напруги. Натискання на ручку регулювання сили струму дозволяє рухатися циклограмою, щоб вибрати потрібний параметр для налаштування, а натискання на ручку регулювання (коригування) напруги відкриває доступ до контекстних меню (якщо вони передбачені для вибраного параметра) [7].

Перемикання режимів зварювання та роботи апарата, а також вибір встановлених режимів здійснюється кнопками на панелі, рознесеними по функціональним групам [7].

Основні особливості та функціонал зварювального напіваавтомату Welding Dragon MIG-200P [7]:

- синергетичне керування;
- широкий діапазон параметрів, що налаштовуються;
- режими роботи: 2T/2T спец./4T/4T спец./SPOT/SPOT із повтором регулювання часу допалювання дроту;

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- регулювання струму, часу та довжини дуги зварювання кратера;
- продування до та після зварювання;
- регулювання індукційності;
- режим зниження напруги х.х. (режим VRD) для ручного зварювання;
- регулювання струму форсажу дуги та гарячого старту для ручного зварювання;
- захист від перегріву та перевантаження.

Технічні характеристики напівавтомату Welding Dragon MIG-200P приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата Welding Dragon MIG-200P [7]

Найменування	Показник
Вид зварювання	MMA MIG TIG
Напруга мережі живлення, В	230 ± 15% (1 фаза)
Додаткові режими	з пульсацією
Регулювання зварювального струму, А	24 – 200
Споживча потужність активна, кВт	5,74
Періодичність вмикання (40 °C), %	35
Напруга холостого ходу, В	58
Діаметр зварювального дроту, мм	0,8 – 1,2
Кількість роликів	2
Повна споживча потужність, кВА	8,2
Швидкість подачі дроту, м/хв	2 – 14
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$)	0,7
Клас ізоляції	F
Ступінь захисту	IP21S
Габаритні розміри (Д х Ш х В), мм	510 x 390 x 230
Маса, кг	12

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Конструкція калача доменної печі є зварною, тому важливим є контроль якості зварних з'єднань, так як це місця надмірної концентрації напружень, що зумовлює появу багатьох дефектів.

Від якості з'єднань залежить працездатність самих зварних виробів та конструкцій, що супроводжується і їх безпечністю в процесі експлуатації для навколишнього середовища та людей. Відповідна якість зварювання може бути забезпечена заходами, які входять в систему керування якістю. Вимоги до якості з'єднань включають наступні основні показники:

- надійність та міцність;
- макро- і мікрогеометрія з'єднання та шва;
- дефектність з'єднання;
- структура металу і вид його термообробки [8, с. 7].

Перераховані показники описуються в нормативно-технічних документах, вказуючи доступність або недоступність тих чи інших відхилень. Звичайно використовують декілька категорій якості з'єднань, які залежать від виду виробів, їх відповідальності в умовах експлуатації. Для різних категорій якості регламентуються наступні параметри:

- допустимі види, форма, розміри та кількість дефектів;
- види і об'єми контролю – руйнівних та неруйнівних випробувань;
- достовірність виявлення тих чи інших дефектів вибраним методом контролю якості [8, с. 7-8].

Потрібно відмітити, що якість зварних з'єднань безпосередньо залежить від використовуваної технології, яка повинна відповідати сучасному рівню, а також від дотримання технологічної дисципліни.

Для визначення якості зварних з'єднань калача доменної печі потрібно використовувати візуальний огляд, що дозволяє визначити наявність поверхневих дефектів, а також проводити випробування під тиском для дослідження герметичності швів.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення калача доменної печі містить комплекс основних і допоміжних операцій без яких неможливий виробничий цикл. Сюди відносяться операції: заготівельні, складально-зварювальні, опоряджувальні, допоміжні, контрольні та інші.

2.6.1 Заготівельні операції

Конструкція калача доменної печі в основному виготовляється із труб $\varnothing 60$ мм та листового металу.

Правлення труб та подальше згинання виконується в холодному стані із застосуванням електромеханічного згинального верстату MAST RBM50, який показаний на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Електромеханічний згинальний верстат MAST RBM50 [9]

Розмічування виконується шляхом налаштування вимірювальної шкали механічного відрізного обладнання.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Вирізання заготовок деталей проводиться на стрічкопильному верстаті STALEX BS-712N, який показаний на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Стрічкопильний верстат STALEX BS-712N [10]

Отримання заготовок бобишки і заглушки, а також знімання крайок торців з'єднувальних круглих деталей виконується на токарних верстатах марки Holzmann ED 750FDQ, один з яких показаний на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Токарний верстат Holzmann ED 750FDQ [11]

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.2 Складальні операції

Складальний стенд використовується, як основне обладнання для виконання цих операцій. На ньому відбувається розміщення, фіксація та притискання деталей, які дозволять створити зварну конструкцію відповідних форм і розмірів. Ці операції повинні виконуватись у відповідності до креслень та технічних умов.

Складальні операції є найбільш трудомісткими в технологічному процесі виготовлення калача доменної печі. Тому потрібно обирати певні заходи для підвищення їх ефективності та продуктивності, отже необхідно підвищити рівень механізації при виконанні даних операцій.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Виконання складально-зварювальних операцій в процесі виготовлення калача доменної печі полягають в наступному:

- стикування бобишки і заглушки разом із трубою та виконання прихоплень і їх загального зварювання;
- до звареного елементу встановити коліно у відповідному місці, прихопити їх та заварити;
- виконати кантування конструкції та повне зварювання кільцевими суцільними швами з метою забезпечення повної герметичності з'єднань.

Для покращення продуктивності виконання та якості, складання і зварювання калача доменної печі відбувається на спеціалізованому устаткуванні.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Опоряджувальними називаються операції технологічного процесу, які спрямовані на виконання відповідних робіт, що не мають безпосереднього відношення до створення калача доменної печі. Опоряджувальні операції в

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежності від типу виконуваних робіт застосовують слюсарні молотки MODECO Home 400 г, окуляри захисні PORTWEST PW22CLR панорамні Challenger прозорі, щітки по металу Compass HH-CP-245-BR, а також шліфувальні машинки типу Hesler OS-980/125 [12] рисунок 2.7.



Рисунок 2.7 – Кутова шліфувальна машинка Hesler OS-980/125 [12]

2.6.5 Допоміжні операції

Допоміжними називаються операції, які виконують другорядну роль при виготовленні калача доменної печі. Сюди відносять: доставку матеріалів, налагоджувальні і ремонтні роботи обладнання, різноманітні навантажувально-розвантажувальні і транспортні переміщення.

2.6.6 Контроль якості

Технологічні процеси виготовлення зварних конструкцій включають наступні види контролю якості:

- вхідний контроль, виконується з метою перевірки застосовуваних основних і допоміжних матеріалів;
- технологічний контроль, проводиться протягом технологічного циклу виготовлення конструкцій, його мета полягає у правильності виконання виробничих операцій;
- кваліфікаційний контроль, завданням його є визначення кваліфікаційного рівня робочого персоналу;

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- контроль готової продукції, є кінцевою операцією технологічного процесу, який полягає у перевірці зварних з'єднань на наявність дефектів, а також загального стану зварної конструкції; цей контроль може бути загальним, або вибірковим залежно від відповідальності контрольованих об'єктів.

Враховуючи умови експлуатації калача доменної печі, найкращим методом контролю буде візуально-оптичний всіх операцій технологічного циклу із використанням лупи Ecometix 90 2x. Оскільки важливою вимогою є герметичність зварних з'єднань, то додатково конструкція піддається випробуванням під тиском. Конструкція буде накачуватися повітрям та витримуватися певний проміжок часу, при цьому всі її конструкційні виходи на період виконання контролю будуть закритими. В якості обладнання буде застосовуватися поршневий повітряний компресор Aircraft AK500-988-380, що зображений на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Поршневий повітряний компресор Aircraft AK500-988-380
[13]

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

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

Даний розділ присвячений визначенню кількості необхідних матеріалів і ресурсів, які витрачатимуться при впровадженні технологічного процесу виготовлення калача доменної печі. ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [14] регламентує ці витрати у зварювальному виробництві.

В даному випадку нормуванню підлягають витрати зварювального дроту і захисного газу, оскільки використовується спосіб зварювання у захисній суміші.

Маса наплавленого металу визначається за формулою [14,с.6]:

$$Q_H = \alpha_H \cdot I_{зв} \cdot l_{ш}, \quad (2.12)$$

де α_H – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку $\alpha_H=12$ г/Атод;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв}=160$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=0,39$ м.

Отже:

$$Q_H = 12 \cdot 10^{-3} \cdot 160 \cdot 0,39 = 0,75 \text{ кг.}$$

Витрати присаджувального матеріалу визначаються за формулою:

$$H_{ел} = Q_p + Q_{нп}, \quad (2.13)$$

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$Q_p = 0,75 \cdot 0,7 = 0,52 \text{ кг},$$

$Q_{\text{нп}}$ – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{\text{нп}} = 0,75 \cdot 0,5 = 0,37 \text{ кг}.$$

Отже:

$$H_{\text{ел}} = 0,52 + 0,37 = 0,9 \text{ кг}.$$

Норми витрат захисного газу визначаються за формулою:

$$H_r = Q_p \cdot K_r, \quad (2.16)$$

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

$$H_r = 0,52 \cdot 0,85 = 0,45 \text{ кг}.$$

Витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу визначаються 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, $K_n=0,75$;

$$E = \frac{27}{12 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 3,33 \text{ кВт}.$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати електроенергії на 1 м шва визначаються за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_{\text{д}} \cdot I_{\text{зв}} \cdot t_0}{\eta_{\text{н}} \cdot K_{\text{н}}}, \quad (2.18)$$

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,059$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 27 \cdot 160 \cdot 0,059}{0,9 \cdot 0,75} = 3,78 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Вибір типу пристосувань є важливим підготовчим етапом, який розробляється ще при технологічному проектуванні виготовлення відповідних зварних конструкцій. Для того щоб раціонально вибрати нові чи вдосконалити існуючі пристосування конструктори і проектанти повинні врахувати наступні дані:

1. Конструкторське завдання, щодо проектування пристосувань.
2. Технічні умови та креслення виробу, які дозволяють отримати інформацію про наступне:
 - технологічність зварної конструкції;
 - основні вимоги до конструкції, які представлені у технічних умовах;
 - габаритні розміри конструкції, а також розміри та послідовність розміщення у ній деталей;
 - точність виготовлення деталей та безпосередньо зварної конструкції;
 - способи отримання заготовок із врахуванням стану їх поверхонь;
 - тип, довжина і розміщення зварних швів;
 - зручність встановлення деталей у пристосування;
 - легкість вивільнення вже готової конструкції чи виробу із пристосування;
 - доступність до місць постановки прихоплень та наступного зварювання швів.
3. Технологія виготовлення заготовок деталей, від них залежить вибір фіксаторів і притискачів, тому що вони можуть мати деякі відхилення, як по розмірах, так і по формі.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Особливість виконання складально-зварювальних операцій при виготовленні конструкції, яка впливає на:

- точність цих операцій в залежності від вибраних баз фіксування;
- послідовність розміщення деталей та подальшого зварювання від чого залежить вибір типу фіксуючих та притискних елементів;
- можливість прямолінійного переміщення чи обертання виробу разом із пристосуванням в процесі виконання зварювання конструкції;
- раціональне положення деталей у пристосуванні, яке дозволяє виконувати зварювання в нижньому положенні;
- забезпечення достатньої жорсткості складальної одиниці без подальшого її деформування;
- застосування механізованих та автоматичних способів зварювання з можливим переміщенням зварних виробів чи технологічних апаратів.

5. Програма випуску продукції. Вона визначає доцільність комплектування пристосувань механізованими та автоматизованими засобами. В залежності від виробничої програми пристосування можуть бути спеціальними – для конкретного виробу, спеціалізованими – для відповідного типу виробів та універсальними – для широкої номенклатури виробів. Тому враховуючи кількість виготовлення конкретних виробів чи конструкції за певний проміжок часу вибирається певний тип пристосувань – універсальні, спеціалізовані чи спеціальні.

6. Типи і складові частини відповідних аналогів пристосувань.

7. Стандартизація та уніфікація деталей і механізмів, які входять до складу пристосувань.

8. Нормативно-технічні рекомендації, щодо вибору складально-зварювальних пристосувань [15, с. 23,24].

Однак в процесі вибору чи розроблення складально-зварювальних пристосувань потрібно прагнути до: зменшення трудомісткості виконання складання та ін. допоміжних робіт, забезпечення виготовлення виробів і

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкцій проектної якості, покращення умов праці персоналу, зведення до мінімуму виконання втомлюваних ручних робіт.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

В якості застосовуваних пристосувань для виготовлення конструкції калача доменної печі використовуються складальні стенди, загальний вигляд одного з них показаний на рисунку 3.1. Сам складальний процес пов'язаний із виконанням таких робіт:

- стикування бобишки і заглушки разом із трубою та виконання прихоплень і їх загального зварювання;
- до звареного елементу встановити коліно у відповідному місці, прихопити їх та заварити;
- виконати кантування конструкції та повне зварювання кільцевими суцільними швами з метою забезпечення повної герметичності з'єднань.

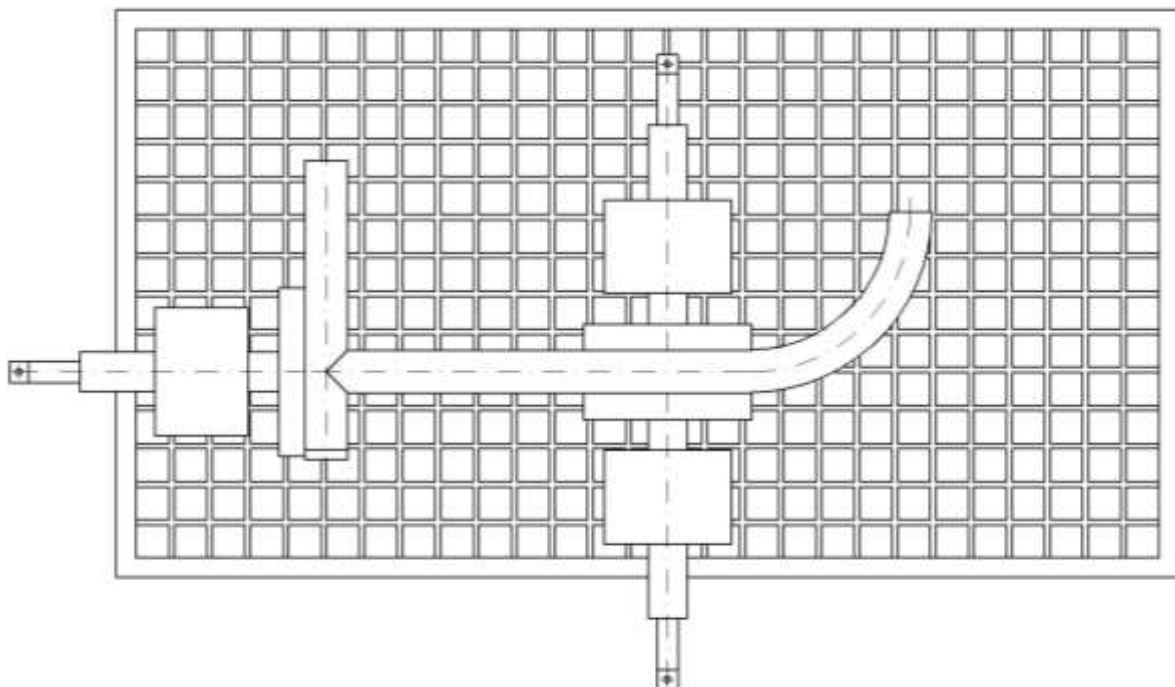


Рисунок 3.1 – Стенд складальний

Оскільки калач доменної печі є достатньо габаритною конструкцією, тому в процесі зварювання необхідне його кантування. Ця операція виконується з метою забезпечення положення зварних швів у нижній площині. Цей варіант забезпечує найкращі умови для формування зварних з'єднань усуваючи можливість утворення напливів чи підрізів. Для виконання кантування в технологічному процесі виготовлення калача доменної печі застосовується електричний тельфер типу 4509, який зображений на рисунку 3.2.

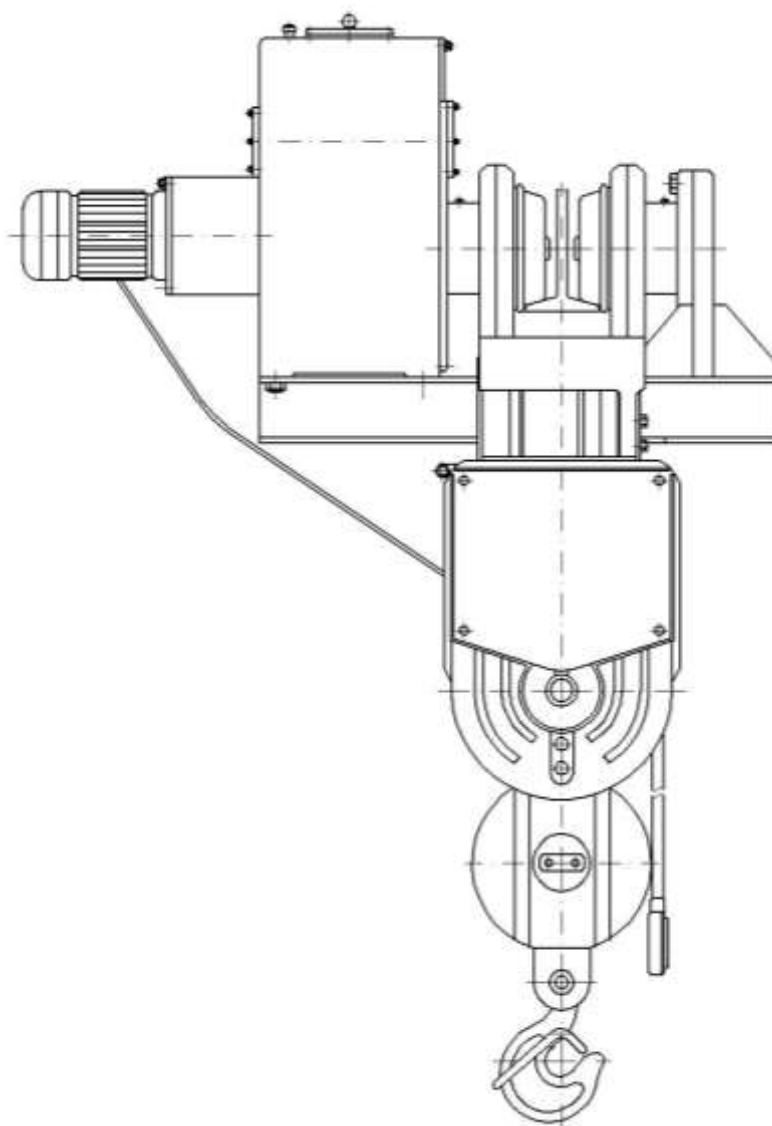


Рисунок 3.2 – Тельфер електричний 4509

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

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 калача доменної печі

Показник	Одиниці вимірю- вання	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проект ні дані
Габаритні розміри виробу	мм	885хø60х435	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
металопрокат Сталь 35	кг	15	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,9	
захисна суміш MIX-1 (Ar 82% + CO ₂ 18%)	кг	0,45	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	2,0	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
Сталь 35	грн	27,56	27,37
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	64,5	64,3
захисна суміш MIX-1 (Ar 82% + CO ₂ 18%)	грн	15,45	15,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	10	

Таблиця 4.2 – Характеристика технологічного процесу виготовлення калача доменної печі

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Правлення	$\frac{3}{П}$	Електро мех. згин. верстат MAST RBM50	229500	молоток	194	IV	3,6
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка шаблон лінійка маркер	179 905 132 98	IV	$\frac{3,7}{3,5}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Стрічкопил. верстат STALEX BS-712N	115000			IV	$\frac{3,8}{3,4}$
Точіння	$\frac{3}{П}$	Ток. верстат Holzmann ED 750FDQ	160000	молоток	194	IV	2,0
Складання	$\frac{3}{П}$	Стенд складальний	161500	молоток	194	IV	$\frac{5,8}{5,1}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварюв. напівавтом. Welding Dragon MIG-200P	25000			IV	$\frac{5,7}{5,0}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Hesler OS-980/125	6500	диск зачисний щітка молоток	163 110 194	III	$\frac{3,7}{3,4}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Компресор Aircraft AK500-988-380	115000			V	3,1
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Тельфер електричний 4509	315000			IV	2,2

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 31,4;

по проекту 29,1;

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

по проекту 2,2.

Загальна штучна норма часу: по заводу 33,6;

по проекту 31,3.

Для виготовлення калача доменної печі застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [16, с.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,08) \approx 1862_{год}.$$

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 [16, с.10]:

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

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=3,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 3600 шт.$

Для виконання правління (по заводському і проектному варіантах) кількість робочих місць становить:

$$n = \frac{3,6 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,25 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні калача доменної печі становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,31 \approx 2 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,18 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,8 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,37 \approx 2 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,12 \approx 2 \text{ шт.}$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$n = \frac{2,0 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 1,25 \approx 1_{шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,8 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,62 \approx 4_{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,1 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,18 \approx 3_{шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,7 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,56 \approx 4_{шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,0 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 3,12 \approx 3_{шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,31 \approx 2_{шт.},$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 2,12 \approx 2 \text{шт.}$$

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

$$n = \frac{3,1 \cdot 3600}{1862 \cdot 3,1} = 1,93 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [16, с.12]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 3600 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,6 \dots 0,7$.

$$n = \frac{3600 \cdot 1 \cdot 0,5}{2100 \cdot 0,7} = 1,24 \approx 1 \text{шт.}$$

Приймаємо один електричний тельфер 4509 для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

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 [16, 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 $B_{np} = 3600$ шт;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 3,1 \dots 3,2$;

Необхідна кількість працівників:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,6}{1850 \cdot 3,1} = 2,26 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,7}{1850 \cdot 3,1} = 2,32 \approx 2 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,5}{1850 \cdot 3,1} = 2,2 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,8}{1850 \cdot 3,1} = 2,39 \approx 2 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,4}{1850 \cdot 3,1} = 2,13 \approx 2 \text{ чол.}$$

Кількість робітників для виконання точіння становить (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 2,0}{1850 \cdot 3,1} = 1,26 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,8}{1850 \cdot 3,1} = 3,64 \approx 4 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,1}{1850 \cdot 3,1} = 3,2 \approx 3 \text{ чол.}$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,7}{1850 \cdot 3,1} = 3,58 \approx 4 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 5,0}{1850 \cdot 3,1} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,7}{1850 \cdot 3,1} = 2,32 \approx 2 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,4}{1850 \cdot 3,1} = 2,13 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{3600 \cdot 3,1}{1850 \cdot 3,1} = 1,95 \approx 2 \text{ чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

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

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [16, с.18]:

					<i>KP.422.01.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						51
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [16, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [16, с.18]:

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

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 [16, с.18]:

$$Z_{по} = Z_{до} \cdot P, \quad (4.7)$$

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

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

Затрати по оплаті праці правильників (за двома варіантами):

$$Z_{oo} = 5,35 \cdot 22 \cdot 3,6 = 423,72 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 423,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 148,3 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 423,72 \cdot 0,4 = 169,49 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$З_{\text{оо}} = 5,2 \cdot 22 \cdot 3,7 = 423,28 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 423,28 \cdot (0,2 + 0,15) = 148,15 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 423,28 \cdot 0,4 = 169,31 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,2 \cdot 22 \cdot 3,5 = 400,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 400,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 140,14 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 400,4 \cdot 0,4 = 160,16 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,95 \cdot 23 \cdot 3,8 = 432,63 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 432,63 \cdot (0,2 + 0,15) = 151,42 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 432,63 \cdot 0,4 = 173,05 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,95 \cdot 23 \cdot 3,4 = 387,09 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 387,09 \cdot (0,2 + 0,15) = 135,48 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 387,09 \cdot 0,4 = 154,84 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці токарів (за двома варіантами):

$$З_{\text{оо}} = 9,7 \cdot 22 \cdot 2 = 426,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 426,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 149,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 426,8 \cdot 0,4 = 170,72 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,75 \cdot 22 \cdot 5,8 = 478,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 478,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 167,48 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 478,5 \cdot 0,4 = 191,4 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,75 \cdot 22 \cdot 5,1 = 420,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 420,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 147,26 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 420,75 \cdot 0,4 = 168,3 \text{ грн}.$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,5 \cdot 24 \cdot 5,7 = 478,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 478,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 167,58 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 478,8 \cdot 0,4 = 191,52 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,5 \cdot 24 \cdot 5,0 = 420 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 420 \cdot (0,2 + 0,15) = 147 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 420 \cdot 0,4 = 168 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,3 \cdot 22 \cdot 3,7 = 431,42 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 431,42 \cdot (0,2 + 0,15) = 151 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 431,42 \cdot 0,4 = 172,57 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,3 \cdot 22 \cdot 3,4 = 396,44 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 396,44 \cdot (0,2 + 0,15) = 138,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 396,44 \cdot 0,4 = 158,58 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 5,25 \cdot 30 \cdot 3,1 = 488,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 488,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 170,89 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 488,25 \cdot 0,4 = 195,3 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 9,9 \cdot 21 \cdot 2,2 = 457,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 457,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 160,08 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 457,38 \cdot 0,4 = 182,95 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [16, с.19]:

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

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

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

r_{∂} - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

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

Додаткова заробітна плата ($Z_{\partial\partial}$) 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:

$$Z_{od} = 1 \cdot 33 \cdot 1850 = 61050 \text{ грн};$$

$$Z_{dd} = 61050 \cdot 0,35 = 21367,5 \text{ грн};$$

$$Z_{nd} = 61050 \cdot 0,4 = 24420 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{od} = 2 \cdot 33 \cdot 1850 = 122100 \text{ грн};$$

$$Z_{dd} = 122100 \cdot 0,35 = 42735 \text{ грн};$$

$$Z_{nd} = 122100 \cdot 0,4 = 48840 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{od} = 1 \cdot 33 \cdot 1850 = 61050 \text{ грн};$$

$$Z_{dd} = 61050 \cdot 0,35 = 21367,5 \text{ грн};$$

$$Z_{nd} = 61050 \cdot 0,4 = 24420 \text{ грн}.$$

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[16, с.19]:

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

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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

$$Z_{оп} = 1 \cdot 9300 \cdot 12 = 111600 \text{ грн};$$

$$Z_{дп} = 111600 \cdot 0,35 = 39060 \text{ грн};$$

$$Z_{пп} = 111600 \cdot 0,4 = 44640 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$Z_{оп} = 1 \cdot 8500 \cdot 12 = 102000 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 102000 \cdot 0,35 = 35700 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 102000 \cdot 0,4 = 40800 \text{ грн}.$$

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 робітників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Осн. робітники:						
правильники	214402,32		75040,81		85760,93	
розмічувальники	214179,68	202602,4	74962,89	70910,84	85671,87	81040,96
різальники	218910,78	195867,54	76618,77	68553,64	87564,31	78347,02
токарі	107980,4		37793,14		43192,16	
складальники	484242	319349,25	169484,7	111772,24	193696,8	127739,7
зварювальники	484545,6	318780	169590,96	111573	193818,24	127512
зачищувальники	218298,52	200598,64	76404,48	70209,52	87319,41	80239,46
контролери	247054,5		86469,08		98821,8	
транспортувальники	115717,14		40501		46286,86	

Продовження таблиці 4.5

Доп. робітники:						
налагоджувальники	61050		21367,5		24420	
ремонтники	122100		42735		48840	
електрики	61050		21367,5		24420	
ІТР	111600		39060		44640	
МОП	102000		35700		40800	
Разом	2763130,94	2380152,19	967095,83	833053,27	1540162,38	1386970,88

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:	478,4	475,25
сталь 35	413,4	410,55
зварювальний дріт Св-08Г2С	58,05	57,87
захисна суміш МІХ-1 (Ar 82% + CO ₂ 18%)	6,95	6,86
Поворотні відходи	10	
Паливо та енергія на технологічні цілі	77,1	76,5
Основна заробітна плата основних робітників	640,37	533,99
Додаткова заробітна плата основних робітників	224,13	186,9
Премії та надбавки основних робітників	256,15	213,6
Відрахування на соціальне страхування	15,69	13,08
Відрахування на медичне страхування	28,02	23,36
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	183,15	183,15
Цехові (дільничні) витрати	160,2	160,2
Всього цехова собівартість	2053,21	1856,06

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 одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
правильне	2	2	229500	229500	11475	11475
різальне	2	2	115000	115000	5750	5750
токарне	1	1	160000	160000	8000	8000
складальне	4	3	161500	161500	8075	8075
зварювальне	4	3	25000	25000	1250	1250
зачищувальне	2	2	6500	6500	325	325
контрольне	2	2	115000	115000	5750	5750
транспортне	1	1	315000	315000	15750	15750
Інструменти						
молоток	8	7	194	194	9,7	9,7
диск зачисний	2	2	163	163	8,15	8,15
щітка	2	2	110	110	5,5	5,5
рулетка	4	4	179	179	8,95	8,95
лінійка	4	4	132	132	6,6	6,6
шаблон	2	2	905	905	45,25	45,25
маркер	8	7	98	98	4,9	4,9
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	4900000	4900000	5	245000	245000
Устаткування:					
правильне	470475	470475	8	37638	37638
різальне	235750	235750	8	18860	18860
токальне	168000	168000	8	13440	13440
складальне	654075	492575	7	45785,25	34480,25
зварювальне	101250	76250	6,5	6581,25	4956,25
зачищувальне	13325	13325	8	1066	1066
контрольне	235750	235750	6	14145	14145
транспортне	330750	330750	7	23152,5	23152,5
Інструменти:			16		
молоток	1561,7	1367,7		249,87	218,83
диск зачисний	334,15	334,15		53,46	53,46
щітка	225,5	225,5		36,08	36,08
рулетка	724,95	724,95		115,99	115,99
лінійка	534,6	534,6		85,54	85,54
шаблон	1855,25	1855,25		296,84	296,84
маркер	788,9	690,9		126,22	110,54
Разом	7115400,05	6928608,05		406632,01	393655,29

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [16, с.27]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 5404,68$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 4972,92$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 2053,21$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 1856,06$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((5404,68 + 0,15 \cdot 2053,21) - (4972,92 + 0,15 \cdot 1856,06)) \cdot 3600 = 1660797 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [16, с.28]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 14100336$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 13216788$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [16, с.28]:

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

$$E_{yp} = 3600 \cdot (5404,68 - 4972,92) = 1554336 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{14100336 - 13216788}{1554336} = 0,57 \text{ р.}$$

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	3600	3600
Кількість технологічного устаткування	шт	18	16
Собівартість товарної продукції	грн	5404,68	4972,92
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	26	24
- основних робітників	чол	20	18
Фондомісткість продукції	грн/шт	2053,21	1856,06
Умовна річна економія	грн	-	1554336
Річний економічний ефект	грн	-	1660797
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,57
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	15571,71	15571,71
- розмічувальники	грн	15555,54	14714,7
- різальники	грн	15899,15	14225,56
- токарі	грн	15684,9	15684,9
- складальники	грн	17584,88	15462,56
- зварювальники	грн	17595,9	15435
- зачищувальники	грн	15854,69	14569,17
- контролери	грн.	17943,19	17943,19
- транспортувальники	грн	16808,72	16808,72

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Страховий ризик і страховий випадок при загально-обов'язковому державному соціальному страхуванні

Страховий ризик – обставини, внаслідок яких може статися страховий випадок [17,18].

Страховим випадком є нещасний випадок на виробництві або професійне захворювання, що спричинили застрахованому професійно зумовлену фізичну чи психічну травму за обставин, з настанням яких виникає право застрахованої особи на отримання матеріального забезпечення або соціальних послуг [17,18].

У законодавстві відсутнє визначення поняття «професійний ризик виробництва», правильність тлумачення якого безпосередньо впливає на проведення справедливої тарифної політики Фонду і визначення розміру страхового внеску [18].

Професійне захворювання є страховим випадком у разі його встановлення чи виявлення як в період перебування особи в трудових відносинах, так і тоді, коли потерпілий не перебував у трудових відносинах з підприємством, на якому він захворів.

Нещасний випадок або професійне захворювання, яке сталося внаслідок порушення нормативних актів про охорону праці застрахованим, також є страховим випадком.

Порушення правил охорони праці застрахованим, яке спричинило нещасний випадок або професійне захворювання, не звільняє страховика від виконання зобов'язань перед потерпілим.

Факт нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання розслідується в порядку, затвердженому Кабінетом Міністрів України, відповідно до Закону України «Про охорону праці» [17].

Підставою для оплати потерпілому витрат на медичну допомогу,

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

проведення медичної, професійної та соціальної реабілітації, а також страхових виплат є акт розслідування нещасного випадку або акт розслідування професійного захворювання (отруєння) за встановленими формами.

Нещасний випадок – це обмежена в часі подія або раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактору чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов’язків, внаслідок яких заподіяно шкоду здоров’ю або настала смерть.

До професійного захворювання належить захворювання, що виникло внаслідок професійної діяльності застрахованого та зумовлюється виключно або переважно впливом шкідливих речовин і певних видів робіт та інших факторів, пов’язаних з роботою. Професійне захворювання як причина інвалідності встановлюється МСЕК на підставі списку професійних захворювань і відповідно до висновку спеціалізованої медичної установи про наявність професійного захворювання. Список професійних захворювань та інструкцію з його застосування затверджено МОЗ, Міністерством соціального захисту населення і Міністерством праці України 2 лютого 1995 року.

Професійними захворюваннями є захворювання [17]: що виникають під впливом хімічних факторів; промислових аерозолів; викликані дією фізичних факторів; пов’язані з фізичним перевантаженням та перенапруженням окремих органів і систем; викликані дією біологічних факторів; алергічні захворювання; злоякісні новоутворення (професійний рак).

В окремих випадках Фонд соціального страхування від нещасних випадків може визнати страховим випадком захворювання, не внесені до переліку професійних захворювань, якщо на момент прийняття рішення медична наука має нові відомості, які дають підстави вважати це захворювання є професійним.

За правовим значенням для пенсійного забезпечення професійне захворювання не відрізняється від трудового каліцтва [17].

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

5.2 Планування та розробка заходів з охорони праці та протипожежного захисту

Зварювання у вуглекислому газі плавким електродом супроводжується сильним розбризкуванням металу, особливо при малій густині струму. Це може привести до виникнення певного ризику небезпеки. Загоряння може виникати і через несправність зварювального обладнання і через проведення електрозварювальних робіт в приміщеннях, які погано захищені від пожеж, поблизу легко займистих матеріалів і речовин. Тому необхідно вжити заходів, які б запобігли можливості виникнення вибухів і пожеж.

В пожежо- і вибухонебезпечних місцях зварювальні роботи можна проводити лише після ретельного прибирання вибухопожежонебезпечної продукції, очистки апаратури і приміщення до повного видалення вибухонебезпечного пилу і речовин, горючих рідин і їх парів. Приміщення необхідно безперервно вентилувати і встановлювати систематичний контроль за станом повітряного середовища шляхом проведення експрес-аналізу із застосуванням для цієї мети газоаналізаторів.

Зварювальні роботи за межами зварювального цеху можуть проводитись лише при узгодженні із заводською пожежною охороною, яка вказує, які заходи пожежної безпеки необхідно вжити перед початком робіт.

Місця, які відведені для проведення зварювальних робіт та встановлення зварювальних агрегатів і трансформаторів, повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів в радіусі не менше 5м. При проведенні зварювальних робіт в будівлях і спорудах та інших місцях при наявності поблизу цих робіт легкозаймистих конструкцій, останні повинні бути надійно захищені від займання металевими екранами або іншими захисними пристроями, при цьому повинні бути вжиті заходи, які зменшують утворення іскор і попадання їх на конструкції.

При проведенні зварювальних робіт забороняється користуватись оджею і рукавицями із слідами мастил і жирів, бензину та інших горючих

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідин, зберігати в зварювальних кабінах спецодяг, горючі рідини і інші легкозаймисті матеріали чи предмети. Забороняється також проводити зварювання свіжопофарбованих конструкцій до повного висихання фарби, зварювальних апаратів і комунікацій під напругою, які заповнені горючими і токсичними матеріалами, негорючими рідинами, газами, парами, повітрям, які знаходяться під тиском.

Перед початком зварювальних робіт необхідно перевірити справність зварювальної апаратури, підготування робочого місця щодо пожежної безпеки, а саме наявність засобів пожежогасіння, внутрішніх пожежних кранів, піску, вогнегасників. Якщо робоче місце не підготовлене, то до виконання робіт приступати не можна. Під час роботи не слід допускати попадання іскор розплавленого металу на конструкції і матеріали, які загоряються, а після роботи необхідно ретельно оглянути робоче місце.

Особи, які не здали екзамен з техніки безпеки при зварювальних роботах, а також ті, які не пройшли попередню перевірку знань з правил пожежної безпеки, до виконання зварювальних робіт, навіть тимчасових не допускаються.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Технологічний процес виготовлення калача доменної печі зазнав деяких удосконалень порівняно із базовим. Зокрема запропоновано виконувати процес зварювання у середовищі захисних газів та збільшити програму випуску даної продукції.

Для виготовлення калача доменної печі використовується конструкційна, вуглецева якісна Сталь 35. Яка відповідає всім рекомендаціям при експлуатації даної зварної конструкції.

Заготівельні операції в технологічному процесі виготовлення калача використовують наступне обладнання: електромеханічний згинальний верстат MAST RBM50, стрічкопильний верстат STALEX BS-712N і токарний верстат марки Holzmann ED 750FDQ.

Процес зварювання здійснюються у суміші захисних газів MIX-1 із використанням зварювального дроту Св-08Г2С діаметром 0,8 мм. При цьому технологічний процес використовує напівавтомати Welding Dragon MIG-200P китайської компанії «Jasic».

Підвищення ефективності складання зумовлене використанням технологічного устаткування, а саме складальних стендів і тельферів електричних типу 4509.

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
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 35. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-35/> (дата звернення: 23.05.2025).
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://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/558-akulov-a-i-tekhnologiya-i-oborudovanie-svarki-plavleniem> (дата звернення: 29.05.2025).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/337-dumov-s-i-tekhnologiya-elektricheskoy-svarki-plavleniem> (дата звернення: 29.05.2025).
6. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.
7. Зварювальний напівавтомат Welding Dragon MIG-200P. Зварювальні напівавтомати: веб-сайт. URL: <https://jasic.ua/ua/product/mig-200p-mcu-wdr-1212> (дата звернення: 30.05.2025).
8. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-kachestva-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 30.05.2025).
9. Електромеханічний згинальний верстат MAST RBM50. Верстати для гнуття труб та профілів: веб-сайт. URL: <https://kma.ua/uk/verstati-dlya-gnuttya-trub-ta-profiliv/4746-verstat-dlya-gnuttya-trub-ta-profilyu-mast->

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

rbm50.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAr7C6BhDRARIsAOUKifjqa8-
iakTph5ID6x5q7m3o08Akcy_DJeBuDv9s-2D_SNy6dzYP3pwaAhPEEALw_wcB
(дата звернення: 02.06.2025).

10. Стрічкопильний верстат STALEX BS-712N. Стрічкопильні верстати з гідророзвантаженням: веб-сайт. URL: https://wrskyiv.com.ua/ua/p878937156-lentochnopilnyj-stanok-stalex.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAr7C6BhDRARIsAOUKifhAjhm0jCAPcis9Y7Yw6Vkss2-RAen3iC5BHH9Ehf8zJKJu3OEU5iwaAomDEALw_wcB (дата звернення: 02.06.2025).

11. Токарний верстат Holzmann ED 750FDQ. Токарні верстати Holzmann: веб-сайт. URL: https://storgom.ua/ua/product/stanok-tokarnyy-po-metallu-holzmann-ed-750fdq.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20351763078&utm_content=&utm_term=&utm_id=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAr7C6BhDRARIsAOUKifgZ35lvxAFIVldvuCfS0Udp8ozQGjzVsQgFzeklQbubrHWT6DygCpYaAnFnEALw_wcB (дата звернення: 02.06.2025).

12. Кутова шліфувальна машинка Hesler OS-980/125. Електроінструмент. КШІМ: веб-сайт. URL: https://efco.ua/bolgarka-hesler-os-980-125-keys-germany-garantiya-64-misyatsi/483/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAr7C6BhDRARIsAOUKifhngnO9aE3JTjH-bvxQz5-zIEwdHTB4Mupd5LxXaJElveIWyet_XwgaAs6NEALw_wcB (дата звернення: 02.06.2025).

13. Поршневий повітряний компресор Aircraft AK500-988-380. Компресори Aircraft: веб-сайт. URL: https://rozetka.com.ua/ua/aircraft_ak500_988_380/p111343124/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAr7C6BhDRARIsAOUKifjt4AVJLmMh4w6_2VFJC3ST5TZ4NFQC9SZ12ywCVLR5OrkK1ER8144aAiVqEALw_wcB (дата звернення: 03.06.2025).

14. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

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

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

17. Страховий ризик і страховий випадок. Право соціального забезпечення: веб-сайт. URL: <https://buklib.net/books/25548/> (дата звернення: 13.06.2025).

18. Закон України «Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування» / Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, N 46-47, ст.403 (із змінами, внесеними згідно із Законом із змінами, внесеними згідно із Законом № 2849-IX від 13.12.2022). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text> (дата звернення: 13.06.2025).

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.01.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		