

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
рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101

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

Роман ПАЛІВОДА

Керівник

Микола СТАШКІВ

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

ПАЛІВОДІ Роману Сергійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101

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

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці в організації

5.2 Організація протипожежного водопостачання на підприємстві

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101 – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101 – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-зварювального стапеля – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення стапеля для зварювання кронштейна – 1.0 (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)

Роман ПАЛІВОДА

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Микола СТАШКІВ

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101 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, опоряжувальними, 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 frame for walk-behind tractor adapter ZUBR SH-101 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	8
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	9
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	9
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	10
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	11
1.3.4 Вимоги до складання	12
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	12
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	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	20
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	25
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	27
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	30
2.6.1 Заготівельні операції	30
2.6.2 Складальні операції	32
2.6.3 Складально-зварювальні операції	32

					<i>КР.422.17.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Палівода				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами адаптера матодлака ЗУБР SH-101 Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Сташків						4	77
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	33
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	33
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	34
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	.	.	.	.	.	45
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	45
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	51
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	55
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	56
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	62
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	63
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	65
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	68
5.1	Проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці в						
	організації	.	.	.	.	.	68
5.2	Організація протипожежного водопостачання на підприємстві						71
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	74
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	75
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	77

ВСТУП

Зварювання є одним із основних технологічних процесів виготовлення та ремонту виробів у різних галузях промисловості, будівництва й транспорту. Без зварювання неможливе виробництво автомобілів, кораблів, літаків, мостів, котлів, турбін, реакторів та інших конструкцій. Зварювання дозволило створити принципово нові конструкції машин, внести корінні зміни в конструкцію й технологію виробництва. Порівняно з іншими способами виготовлення конструкцій зварні є легшими та дешевшими. При цьому економія металу становить від 10 до 50%. За допомогою зварювання одержують нероз'ємні з'єднання майже всіх металів і сплавів різної товщини. Поряд з традиційними конструкційними сталями зварюють спеціальні сталі та сплави на основі титану, цирконію, молібдену, ніобію та інших матеріалів. [1, с. 3].

Зварювання та споріднені технології відіграють ключову роль у промисловості: понад половину валового національного продукту розвинених країн створюється саме завдяки їх застосуванню. Близько двох третин світового обсягу сталевого прокату використовується для виготовлення зварних конструкцій і споруд. Зварюванню підлягає практично весь спектр матеріалів – як метали, так і неметали (пластмаси, кераміка, скло тощо), причому роботи можуть виконуватись у найрізноманітніших умовах: на суші, під водою та навіть у космосі. Геометричні параметри зварюваних виробів варіюються надзвичайно широко: товщина деталей – від мікрометрів до кількох метрів, маса конструкцій – від міліграмів до сотень тисяч тон.

У багатьох випадках зварювання є не лише найефективнішим, а й єдиною можливим способом створення нероз'ємних з'єднань конструкційних матеріалів. Воно дозволяє отримувати ресурсозберігаючі заготовки, які максимально відповідають геометрії готової деталі або конструкції, що значно підвищує технологічність і економічність виробництва.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					<i>КР.422.17.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Оскільки конструкція експлуатується в умовах значних динамічних навантажень, під час її виготовлення необхідно забезпечити високу міцність і якість зварних з'єднань.

Оскільки виготовлення рами належить до багатосерійного типу виробництва, економічно доцільно застосовувати вдосконалені затискні пристосування, які забезпечують високу точність під час складання заготовок перед зварюванням.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення рами адаптера мотоблока використовується конструкційна маловуглецева якісна Сталь 20, яка забезпечує необхідну міцність і технологічність обробки. Її механічні характеристики наведені в таблиці 1.1, а хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості Сталі 20 [2]

Стан постачання	$\sigma_{\text{Б}}$, МПа	δ_5	ψ
		%	
	не менше		
Прокат гарячекатаний	410	25	55

Таблиця 1.2 – Хімічний склад Сталі 20, % [2]

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

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

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю C_e [3, с.127]:

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

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

Отже:

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

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю становить 0,45 %, дана сталь характеризується хорошою зварюваністю. Це дозволяє застосовувати всі поширені методи зварювання без необхідності додаткових технологічних операцій, таких як попереднє чи супутнє підігрівання під час виконання зварювальних робіт.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Матеріал за хімічним складом і механічними властивостями має відповідати вимогам державних стандартів та технічних умов. Його якість і характеристики повинні бути офіційно підтверджені підприємством-виробником у відповідних сертифікатах.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні вимоги до матеріалів, включаючи їх призначення, межі застосування, умови експлуатації та види випробувань, мають відповідати положенням ДСТУ, що регламентують використання цих матеріалів.

Усі додаткові вимоги, передбачені стандартами або технічними умовами, повинні бути чітко зазначені в технічній документації.

Для виготовлення рами адаптера мотоблока застосовується сталь марки 20, яка регламентується за хімічним складом і механічними характеристиками. Завдяки цьому матеріал постачається з гарантованими властивостями, що відповідають встановленим стандартам і забезпечують стабільну якість виробу.

Деталі, призначені для виготовлення рами адаптера, мають бути ретельно очищені від іржі, окалини та забруднень. Щоб запобігти утворенню пор у зварних швах, необхідно також повністю видалити залишки мастила та фарби з поверхні з'єднуваних елементів.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Оскільки рама виготовляється з гарячекатаних труб і листового металу, її поверхнева шорсткість становить Rz40. До якості обробки поверхні особливих вимог не висувається, адже працездатність конструктивних елементів у даному випадку незначною мірою залежить від рівня шорсткості.

Дотримання розмірів виробу в межах встановлених допусків (граничних відхилень $\pm \frac{IT6}{2}$) значною мірою залежить від точності виконання та суворого дотримання технологічних процесів на етапі заготівельних операцій, таких як вирізання заготовок, гнуття та штампування. Саме якість цих операцій визначає відповідність готової конструкції заданим параметрам.

До геометричних розмірів рами висуваються вимоги щодо точності, оскільки вона є складовим вузлом мотоблока і повинна точно спрягатися з іншими елементами конструкції. Відхилення від заданих параметрів можуть

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

призвести до порушення цілісності з'єднань, зниження надійності та ускладнення монтажу.

Дотримання вимог до розмірів і форми виробу має забезпечуватися за допомогою складально-зварювальних пристроїв, які фіксують деталі в заданому положенні та запобігають їх переміщенню під впливом зварювальних деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Конструкція виробу та розміщення зварних швів повинні забезпечувати можливість виконання зварювання відповідно до встановлених вимог, вільне встановлення нагрівальних пристроїв у разі потреби місцевого підігріву, доступ до контролю якості з'єднань передбаченими методами, а також умови для проведення ремонту.

Згідно зі стандартами машинобудування, технологія зварювання вузлів повинна забезпечувати рівномірність між основним металом і зварним з'єднанням. У деяких випадках встановлюються мінімально допустимі значення механічних властивостей, зокрема міцності, ударної в'язкості та пластичності. Типи конструктивних елементів зварних швів визначаються конструкторами і відображаються на відповідних кресленнях.

Для конструктивних вузлів, що працюють в умовах змінних навантажень, не рекомендується використовувати стикові з'єднання з накладками, зі зрізами, заокругленими кутами або у формі ромбів, оскільки такі конфігурації можуть спричинити концентрацію напружень. У разі потреби допускається застосування стикових з'єднань, які забезпечують рівномірний розподіл навантажень.

Конструктивні елементи зварних з'єднань підлягають перевірці на відповідність вимогам, визначеним у технічній документації.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3.4 Вимоги до складання

Методи складання деталей рами перед зварюванням мають гарантувати точне взаємне розташування конструктивних елементів і забезпечувати зручний доступ до зон зварювання відповідно до послідовності, визначеної технологічним процесом виготовлення.

Обробка крайок і зазор між ними – незалежно від того, чи передбачена їх розробка – повинні відповідати вимогам креслень та чинних стандартів на зварні з'єднання.

Зварювальні роботи дозволяється розпочинати лише після підтвердження відділом технологічного контролю правильності складання та належної зачистки всіх поверхонь, що підлягають зварюванню. Складання елементів рами адаптера мотоблока має здійснюватися відповідно до вимог технічних умов або іншої конструкторсько-технологічної документації.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Обраний спосіб зварювання має гарантувати, що механічні властивості зварних з'єднань не будуть нижчими за нормативні значення, визначені технічною документацією. Крім того, корозійна стійкість з'єднань повинна відповідати вимогам проекту або технічних умов, передбачених для виготовлення конкретної конструкції.

У зварних з'єднаннях не допускається наявність таких зовнішніх дефектів:

- тріщин будь-якого типу та напрямку;
- пористості на поверхні шва;
- подрізів;
- напливів металу;
- незаварених кратерів;
- інших дефектів, що можуть знизити міцність або надійність з'єднання.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Для запобігання виникненню дефектів у зварних з'єднаннях необхідно обґрунтовано обирати метод зварювання та дотримуватися оптимальних режимів його виконання.

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

Рамні конструкції являють собою систему жорстко з'єднаних балкових елементів. Процес виготовлення зварної рами передбачає попереднє виготовлення окремих частин, після чого здійснюється їх складання відповідно до проектного розташування та виконання точних спряжень між ними.

Технологічний процес виготовлення рами адаптера до мотоблока включає низку послідовних операцій, таких як розмічування, різання, складання, зварювання, транспортування, контроль якості, а також подальше складання і зварювання. У загальному вигляді цей процес охоплює виготовлення окремих деталей рами, опори та механізму зчеплення. Кожен етап має бути виконаний відповідно до технологічної документації.

На початковому етапі виготовлення рами здійснюється обробка заготовок, з яких формується її конструкція. Далі виготовляється опора – елемент, що складається з листового та профільного металу і зварюється на стапелі. Під час складання спочатку встановлюється велика плита, після чого по боках розміщуються дві малі. Базування конструкції виконується по короткому пальцю, що забезпечує точність розташування деталей.

На наступному етапі виготовляється механізм зчеплення, який представляє собою конструкцію з труб, до яких приварюються косинки з отворами для кріплення окремих елементів. Спочатку труби фіксують у стапелі, після чого встановлюють косинки та виконують їх приварювання за допомогою таврового з'єднання.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На завершальному етапі виготовляється сама рама адаптера. У складально-зварювальний стапель встановлюють несучу трубу, опору та механізм зчеплення, після чого додають допоміжні елементи – підніжки та кронштейни. Після точного розміщення всіх деталей виконується зварювання, що формує цілісну конструкцію відповідно до проектних вимог.

Контроль якості зварного з'єднання на всіх етапах виготовлення здійснюється методом візуального огляду.

Технологічний процес виготовлення рами адаптера до мотоблока здійснюється методом напівавтоматичного зварювання у середовищі вуглекислого газу. Застосування цього способу дозволяє отримати зварні з'єднання високої якості. Для виконання зварювальних робіт використовуються напівавтомати марки ПДГ-253 УМ-3.

Для виконання зварювання рами адаптера мотоблока застосовуються такі зварювальні матеріали: зварювальний дріт марки Св-08 діаметром 1,0 мм, який забезпечує стабільне формування шва, та вуглекислий газ І сорту з допустимим вмістом домішок до 0,5 %, що використовується як захисне середовище.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Параметри режиму зварювання у вуглекислому газі

Катет шва, мм	3
Діаметр електродного дроту, мм	1,0
Струм зварювання, А	120
Напруга на дузі, В	21
Швидкість зварювання, м/год	20
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	195
Витрати вуглекислого газу, м ³ /с	1,6×10 ⁻⁴

Під час зварювання у середовищі вуглекислого газу (CO₂) спостерігається інтенсивніше розбризкування електродного металу порівняно з іншими методами. Частина крапель розплавленого металу, що вилітають із зони дуги, може налипати або сплавлятися з поверхнею зварної деталі, соплом пальника та струмопідвідним мундштуком. Накопичення металевих частинок на соплі та мундштуку призводить до порушення рівномірної подачі електродного дроту, а також до погіршення газового захисту зони зварювання. Щоб уникнути цих негативних наслідків, необхідно регулярно очищувати сопло та струмопідвідний мундштук.

Таким чином, у чинному технологічному процесі виготовлення рами адаптера до мотоблока спостерігаються певні недоліки. По-перше, застосування напівавтоматичного зварювання у середовищі вуглекислого газу супроводжується підвищеним розбризкуванням електродного металу, що ускладнює процес і потребує додаткових заходів з очищення обладнання. Крім того, в умовах низьких температур виникає необхідність використання підігрівачів, оскільки вуглекислий газ має властивість замерзати, що може призводити до перебоїв у подачі газу та погіршення якості зварного шва. По-друге, існує потреба у впровадженні більш сучасного зварювального обладнання.

Для вдосконалення технологічного процесу виготовлення кронштейна доцільно впровадити низку технічних рішень. Зокрема, рекомендовано використовувати напівавтоматичне зварювання у газовій суміші аргону (83%) і вуглекислого газу (17%), що дозволить знизити розбризкування електродного металу, покращити захист зварювальної ванни та забезпечити стабільність процесу навіть у зимовий період. Також варто застосовувати спеціальні пристрої та оснащення, які забезпечують надійну фіксацію елементів конструкції під час зварювання. Крім того, впровадження сучасних моделей зварювального обладнання сприятиме покращенню технологічного процесу.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

При виборі оптимального способу зварювання для виготовлення рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101 слід враховувати низку важливих факторів, зокрема матеріал виробу, товщину зварюваних деталей, рівень відповідальності конструкції, обсяги виробництва, а також вимоги до якості зварних з'єднань. Зважаючи на ці параметри, доцільним є застосування напівавтоматичного зварювання у газовій суміші аргону (83%) і вуглекислого газу (17%).

При напівавтоматичному зварюванні в суміші аргону (83%) і вуглекислого газу (17%) дуга горить між кінцем електродного дроту та виробом, а її горіння відбувається в середовищі захисних газів. Електродний дріт подається в зону зварювання через зовнішній мундштук пальника, що забезпечує захист розплавленого металу від дії кисню та азоту навколишнього повітря.

Цей спосіб має низку переваг:

- висока концентрація тепла дуги дозволяє обмежити зону структурних змін і зменшити деформації виробу;
- процес характеризується високою продуктивністю завдяки механізації;
- легко піддається автоматизації;
- забезпечує надійний захист зварювальної ванни;
- дає змогу спостерігати за переміщенням кінця електрода;
- має низький коефіцієнт розбризкування металу;
- дозволяє зварювати деталі різної товщини та в різних просторових положеннях;
- після зварювання не потребує видалення шлаку, що скорочує час виготовлення виробу;
- обладнання для цього способу є відносно простим.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Водночас існують і певні недоліки: необхідність використання спеціальних засобів захисту від світлової та теплової радіації дуги, а також вища собівартість виконання зварних швів порівняно зі звичайним напіваавтоматичним зварюванням у вуглекислому газі.

Зварювання у суміші захисних газів, зокрема аргону та вуглекислого газу, демонструє значно вищу ефективність порівняно з традиційними методами. Його продуктивність перевищує ручне дугове зварювання покритим електродом у 1,5–4 рази, а також на 1,5 рази перевищує продуктивність автоматичного зварювання під флюсом. Крім того, економічна доцільність цього способу підтверджується нижчою вартістю наплавлення: вона в 2–2,5 рази менша, ніж при ручному дуговому зварюванні, і на 10–20 % нижча, ніж при зварюванні під флюсом.

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

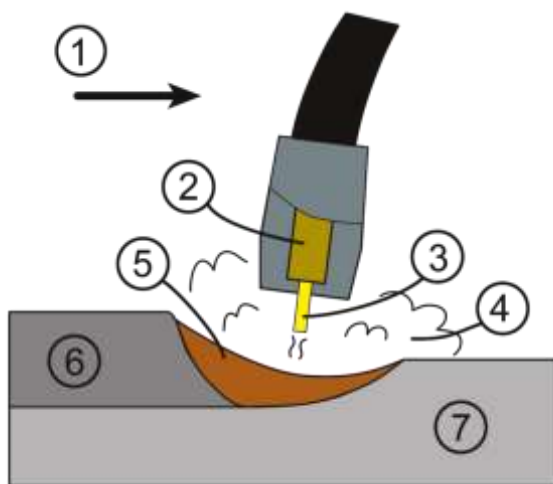


Рисунок 2.1 - Схема напіваавтоматичного зварювання у суміші захисних газів

1 – напрямок зварювання, 2 – мундштук, 3 – зварювальний дріт, 4 – захисний газ, 5 – ванна рідкого металу, 6 – зварний шов, 7 – основний метал

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Рама адаптера мотоблока ЗУБР SH-101 виготовляється з конструкційної сталі марки Сталь 20. Одним із ключових аспектів розроблення технологічного процесу є правильний вибір зварювальних матеріалів. Тільки за умови грамотного підбору як основних, так і допоміжних компонентів можна забезпечити отримання зварних з'єднань, що відповідають вимогам рівномірності – тобто мають міцність, співставну з основним металом.

Коректний підбір зварювальних матеріалів має вирішальне значення для забезпечення необхідних механічних та фізико-хімічних характеристик металу шва, що впливають на надійність конструкції в умовах експлуатації.

При виборі матеріалів слід враховувати такі ключові вимоги:

- забезпечення щільного, безпористого шва;
- формування з'єднань з високими показниками технологічної міцності.

Під час напівавтоматичного електродугового зварювання застосовується захисна газова суміш, що складається з 83% аргону та 17% вуглекислого газу. Основним зварювальним матеріалом у цьому процесі виступає зварювальний дріт, який формує шов, а допоміжним – захисний газ, що створює інертне середовище навколо зони зварювання.

Аргон у промисловості добувають із атмосферного повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої основними продуктами є кисень і азот, а аргон – супутній компонент. Це інертний газ, що не вступає в хімічні реакції за звичайних умов, і може постачатися як у рідкому, так і в газоподібному стані.

Відповідно до технічних умов ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання рами адаптера використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою основної речовини не менше 99,998%.

Згідно з ДСТУ 4817:2007, вуглекислий газ для зварювання класифікується за сортами залежно від його чистоти, тобто об'ємної частки CO₂:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вищий сорт – вміст CO₂ не менше 99,9 %;
- I сорт – вміст CO₂ не менше 99,5 %;
- II сорт - вміст CO₂ не менше 99,0 %.

Для зварювання рами адаптера мотоблока як захисне середовище застосовується вуглекислий газ вищого сорту, що відповідає вимогам ДСТУ 4817:2007. Цей газ характеризується високим ступенем чистоти, з максимально допустимим вмістом домішок не більше 0,1%.

Під час зварювання вуглецевих сталей для отримання щільних, безпористих швів доцільно використовувати кремнієво-марганцевий електродний дріт марки Св-08Г2С. Цей дріт забезпечує низький рівень забруднення металу шва оксидними включеннями – лише 0,009%. Такий результат досягається завдяки оптимальному вмісту легуючих елементів: близько 0,23% кремнію та 0,72% марганцю, які сприяють очищенню зварювальної ванни та покращують структуру металу шва.

Для зварювання рами адаптера доцільно використовувати зварювальний дріт марки Св-08Г2С, який завдяки своєму хімічному складу добре поєднується з основним матеріалом. Цей дріт широко застосовується в машинобудуванні для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей, оскільки забезпечує високу міцність зварного шва при збереженні необхідної пластичності. Досягнення умов рівномірності між швом і основним металом забезпечується завдяки комплексному легуванню металу шва кремнієм і марганцем, а також ефективному розкисленню зварювальної ванни.

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С наведений 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

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

При визначенні параметрів режиму зварювання важливо забезпечити формування швів заданих розмірів, форми та якості. Тому доцільніше не просто обирати режим, а виконувати його точний розрахунок. Оскільки зварювання рами адаптера мотоблока здійснюється за допомогою таврових з'єднань, розрахунок режиму проводиться для кутового з'єднання з розміром катета 3 мм. Відповідно схема такого з'єднання наведена на рисунку 2.2.

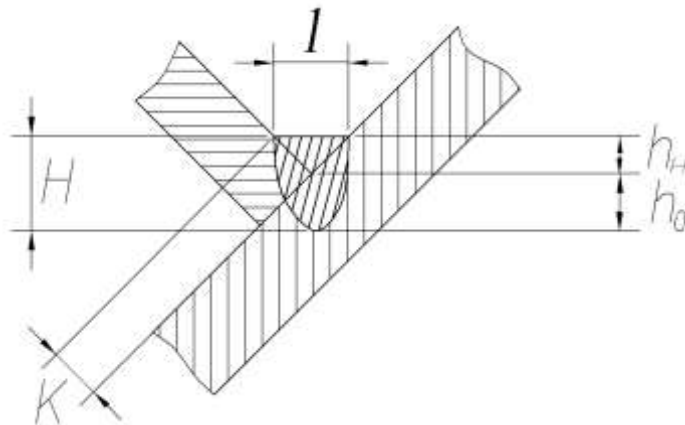


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

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

Згідно з вимогами державного стандарту, при зварюванні металу в середовищі захисних газів необхідно враховувати товщину зварюваних елементів. Для деталей товщиною понад 10 мм обов'язковим є попереднє розроблення кромки, що передбачає зменшення кута розроблення до 40° та притуплення крайки до 1–2 мм при зазорі між елементами 0–5 мм.

Натомість стикові з'єднання з товщиною від 1 мм до 10 мм допускається виконувати однобічним зварюванням без підготовки кромки.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

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

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

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

де K – катет шва, $K=3$ мм,

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Тоді:

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Отже:

$$H = \frac{4,24}{1,1} = 3,86 \quad \text{мм.}$$

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

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

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

$$h_0 = 3,86 - 2,12 = 1,74 \quad \text{мм.}$$

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

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

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

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

$$I_{зв} = \frac{1,74}{1,45} \cdot 100 = 120 \quad \text{А.}$$

Отже, сила зварювального струму складає 120 А.

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

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=15$ 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:

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

Отже:

$$V_{п.д.} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 120}{0,88 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 260,87 \text{ м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=260$ м/год.

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

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

$$U_{\delta} = 20 + \frac{50 \cdot 120}{1000 \cdot \sqrt{1,0}} \pm 1 = 26 \pm 1 \text{ В.}$$

Приймаємо $U_{\delta}=26$ 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 $d_e = 1,0$ мм – $A = 2 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{3\phi} = \frac{2 \cdot 10^3}{120} = 16,66 \text{ м/год.}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $V_{зв}=17$ м/год.

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

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

де j – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,0 мм $j=90\dots400$ А/мм² [5, с.244],

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{120}{150}} = 1,01 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d=8$ мм.

Витрати захисного газу $Q_{г} = 9$ л/хв [4, с.226].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

ПАРАМЕТР			значення
назва	СИМВОЛ	одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	120
Напруга на дузі	U_d	В	26
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,0
Виліт електрода	l_d	мм	8
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	17
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	260
Витрати захисного газу	$Q_{г}$	л/хв	9

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Зварювання рами адаптера мотоблока виконується за допомогою напівавтомата Енергія ПДГ-215 ПРОФІ, який спеціально розроблений для механізованого дугового зварювання у середовищі захисних газів.

Напівавтомат зварювальний ПДГ-215 ПРОФІ серія надійних апаратів класичної, трансформаторної схеми з жорсткою характеристикою струму (DC), ідеально призначених для [6]:

- MIG / MAG напівавтоматичного зварювання вуглецевих, легованих, нержавіючих сталей, чавуну, алюмінію та його сплавів дротом суцільного перерізу в середовищі захисних газів і флюсового, $\varnothing$ 0,6 - 1,0 мм;

- TIG-DC (опція) – аргонодугового зварювання постійним струмом вуглецевої, легованої сталі, міді, титану і чавуну, що не плавиться, у середовищі аргону [6].

Напівавтомат зварювальний ПДГ-215 ПРОФІ випускається з подавальним механізмом власного виробництва і пальником BINZEL з роз'ємом PDG 309 [6].

Перевагами напівавтомату зварювального ПДГ-215 ПРОФІ є [6]:

- оптимальна температура зварювальної дуги, висока якість зварювальних швів, можливість зварювання в різних просторових положеннях, зварювання металу малої товщини, дозволяють застосовувати ці апарати для виконання широкого спектру зварювальних робіт в промисловості, сільському господарстві і в побуті;

- апарати перевірені по класу захисту корпусу IP21S;

- напруга холостого ходу до 30 В, захист електричних деталей від безпосереднього впливу вологості, дозволяють проводити роботи в приміщеннях і під навісом при температурі $-20^{\circ}\text{C} + 40^{\circ}\text{C}$ і вологості до 85%;

- плавне налаштування швидкості подачі дроту (0 - 18м/хв);

- захист від перегріву;

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тип котушки / дроту: D 200/5 - сталь, нержавіюча сталь, алюміній, порошковий дріт;
- у комплекті пальник Binzel 3м, зворотний кабель з клемою «Маса»;
- безпечні роз'єми силових кабелів, байонетного типу «Binzel»;
- робота при значних коливаннях напруги мережі 170 – 250 В;
- робота від бензогенератора 2 - 7 кВт;
- максимально доступне управління, для виконання основного завдання – якісного з'єднання металу [6].

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

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата ПДГ-215 ПРОФІ [6]

Напруга мережі, В	220	Охолодження примусове, тип	AF
Споживана потужність, кВт	6,4	Робоча напруга, В	15-28
Номінальний зварювальний струм, А	180	Макс. струм споживання, А	30
Число ступенів регулювання струму	5	Тип роз'єму пальника	євророз'єм
Межі регулювання зварювального струму, А	20-200	Клас захисту	IP21S
Діаметр електродного дроту, мм	0,6-1,0	Маса, кг	45
Швидкість подачі дроту, м/хв	0-18	Габаритні розміри, мм	440x250x480



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомату ПДГ-215 ПРОФІ [6]

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварних з'єднань є критично важливим етапом у виробництві, зокрема при виготовленні рами адаптера мотоблока. Його основне завдання – виявити наявність або відсутність дефектів у швах, визначити їх розміри та характер. Це дозволяє:

- оцінити доцільність і можливість проведення ремонту;
- встановити причини виникнення дефектів;
- розробити профілактичні заходи для запобігання повторному їх утворенню.

Радіаційна дефектоскопія ґрунтується на використанні іонізуючого електромагнітного випромінювання – рентгенівських променів і гама-випромінювання, які мають надзвичайно коротку довжину хвилі, значно меншу за довжину світлових хвиль. Завдяки високій енергії ці види випромінювання здатні проникати крізь матеріал, що дозволяє виявляти внутрішні дефекти без його руйнування. Суть методу полягає в тому, що при проходженні крізь об'єкт рентгенівське або гама-випромінювання частково втрачає енергію, і ця зміна залежить від густини та товщини матеріалу.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Виявлені відхилення в інтенсивності променів свідчать про наявність дефектів.

Ультразвукова дефектоскопія базується на використанні пружних механічних коливань, які, поширюючись у середовищі, сприймаються як звуки. Якщо частота цих коливань перевищує 20 кГц – межу чутливості людського слуху – вони класифікуються як ультразвукові. У технічній діагностиці застосовують хвилі з частотою в межах 0,5–20 МГц.

Суть методу полягає в тому, що ультразвукові хвилі, які генерує спеціальний випромінювач, проходять крізь матеріал виробу. У разі наявності дефектів частина хвиль відбивається або розсіюється, утворюючи відповідні поля. Якщо розмір дефекту значний, за ним виникає акустична тінь, а його поверхня відбиває хвилі. Фіксуючи за допомогою приймача зміни інтенсивності сигналу або ехо-сигнали, можна виявити наявність внутрішніх порушень у зварному шві та оцінити їхні характеристики.

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія базується на властивостях магнітних доменів – мікроскопічних областей у матеріалі, де магнітні поля, спричинені обертанням електронів, взаємно компенсуються, що робить деталь у початковому стані розмагніченою. Під дією зовнішнього магнітного поля домени орієнтуються в його напрямку, утворюючи загальне магнітне поле, і деталь набуває намагніченості.

Коли магнітні лінії проходять крізь матеріал, вони змінюють свій напрямок при зустрічі з дефектом, оскільки магнітна проникність дефектної області значно нижча, ніж у основного металу. Це спричиняє утворення поля розсіювання, яке можна зафіксувати. Дефекти, розташовані перпендикулярно до напрямку магнітних ліній, створюють значне розсіювання і легко виявляються, тоді як дефекти, що лежать вздовж ліній, майже не впливають на потік і тому важко діагностуються. Застосування магнітного контролю можливе лише для феромагнітних матеріалів, які здатні намагнічуватись і зберігати магнітне поле.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Візуально-оптичний метод контролю є одним із найдавніших способів оцінки якості зварних з'єднань і досі залишається актуальним. Зовнішній огляд часто здійснюється неозброєним оком або з використанням збільшувальних засобів, таких як лупи. Для перевірки швів, які недоступні для прямого спостереження або приховані конструктивними елементами, застосовують спеціальні оптичні пристрої – ендоскопи, перископи тощо.

Виявлення дефектів на ранньому етапі та аналіз причин їх виникнення дає змогу своєчасно коригувати технологічний процес і зменшити потребу в більш складних методах контролю на наступних стадіях.

З огляду на технологічні та конструктивні особливості, для контролю зварних швів рами адаптера мотоблока доцільно застосовувати візуально-оптичний метод. Під час перевірки слід звертати увагу на відповідність геометричних параметрів шва, зокрема розміру катета (згідно з рис. 2.4), що контролюється за допомогою щупа. Крім того, необхідно виявляти поверхневі дефекти – пори, тріщини, підрізи, незаварені кратери та непровари – шляхом огляду неозброєним оком або з використанням збільшувальних засобів.

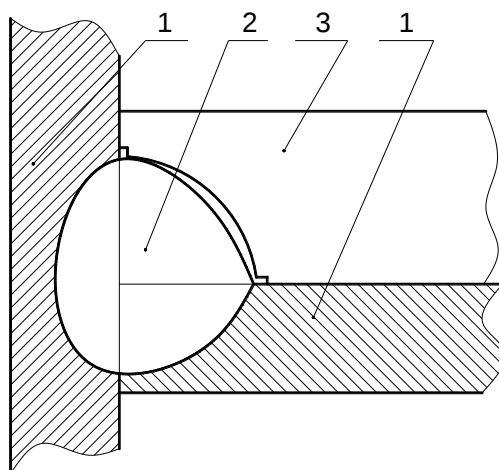


Рисунок 2.4 – Схема контролю геометричних розмірів зварного шва за допомогою щупа

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

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101 включає послідовність виробничих операцій, спрямованих на забезпечення точності, міцності та функціональності конструкції. До основних етапів належать:

- підготовка матеріалів: розкрій металу, різання, гнуття, свердління, очищення поверхонь;
- формування конструкції рами шляхом складання окремих елементів згідно з технічним кресленням;
- з'єднання деталей методом напіваавтоматичного дугового зварювання у середовищі захисних газів;
- очищення швів, шліфування, фарбування або антикорозійна обробка поверхні;
- транспортування, фіксація, маркування, підготовка до наступних етапів;
- перевірка якості зварних з'єднань, геометрії конструкції, відповідності технічним вимогам.

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення заготовок, що входять до складу рами адаптера мотоблока, послідовно виконуються такі технологічні операції:

- правлення;
- розмічування;
- різання;
- очищення.

Для виготовлення заготовок, що входять до складу рами адаптера мотоблока, використовують листовий прокат і фасонні профілі – зокрема

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кутники та труби. Правлення листового прокату здійснюється в холодному стані на листоправильному верстаті MG SP 2065 шляхом створення місцевих пластичних деформацій, як показано на схемі (рис. 2.5). Аналогічно, профільний прокат виправляють на сортоправильному верстаті, схема якого наведена на рис. 2.6; принцип його роботи відповідає листоправильному обладнанню. Розмічування заготовок виконують вручну з використанням рулетки, інженерної металевої лінійки та маркера.

Заготовки для рами адаптера мотоблока вирізаються з листового та профільного прокату за допомогою монтажної пили Stark CS-2600. Перед початком складальних операцій проводиться очищення поверхонь, яке виконується кутовими шліфувальними машинами GTM AGK230 для видалення окалини, іржі та інших забруднень. Додатково, зварювальні поверхні обробляються розчинниками шляхом протирання тканиною, що дозволяє ефективно усунути залишки мастильних речовин.

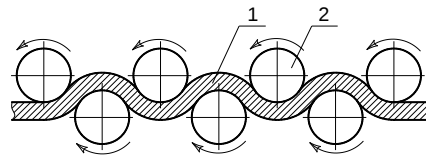


Рисунок 2.5 – Схема правлення листового прокату

1 - листовий прокат, 2 – вальці

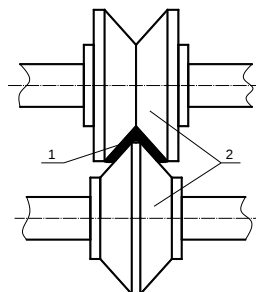


Рисунок 2.6 – Схема правлення профільного прокату

1 – кутник, 2 – ролики

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання рами адаптера мотоблока здійснюється візуальна перевірка відповідності деталей вимогам креслень. Під час складання забезпечується точне взаємне розміщення елементів, яке має відповідати їх положенню в готовому виробі. Складальний вузол повинен мати достатню жорсткість і міцність, щоб запобігти деформаціям у процесі зварювання. Для якісного виконання складання та зварювання використовуються спеціальні складально-зварювальні стапелі, які фіксують деталі у необхідному положенні та забезпечують стабільність конструкції.

Складання та зварювання складальних одиниць і конструкції рами адаптера мотоблока здійснюється поетапно з використанням спеціального пристосування. Спочатку деталі встановлюють по фіксатору, після чого розміщують елементи з орієнтацією по пазу та упором до вже встановленої деталі. Далі всі компоненти фіксуються притискачем для забезпечення стабільності під час зварювання. Зварювання виконують у доступних місцях, а в зонах, де це неможливо, здійснюють прихоплення. Після цього складальну одиницю звільняють від пристосування, знімають і завершують остаточне зварювання.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Перед початком зварювальних робіт здійснюється налагоджування напівавтомата та газового обладнання відповідно до розрахункових параметрів режиму зварювання. Зокрема, встановлюється оптимальна сила зварювального струму, що забезпечує стабільне горіння дуги, регулюються витрати захисного газу для ефективного захисту зварювальної ванни, а також задається необхідна швидкість подачі електродного дроту, яка узгоджується з обраним режимом і типом зварюваного матеріалу.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після того як елементи виробу встановлені у правильному проектному положенні, процес складання продовжується наступними діями: спочатку виконують зварювання у доступних місцях, а в тих зонах, де це неможливо, здійснюють прихоплення для фіксації. Далі складальну одиницю звільняють від пристосування та знімають. Завершальним етапом є остаточне зварювання всієї складальної одиниці, що забезпечує її міцність і цілісність.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт виконується опоряджувальна обробка зварної конструкції, яка включає зачищування швів та видалення металевих бризок із поверхонь. Ці операції спрямовані на покращення зовнішнього вигляду виробу, підготовку до подальшого фарбування або експлуатації, а також на усунення потенційних дефектів, що можуть вплинути на міцність або корозійну стійкість.

2.6.5 Допоміжні операції

У процесі виготовлення рами адаптера мотоблока виконуються допоміжні роботи, які забезпечують ефективність основних технологічних операцій. До них належать:

1. Налагоджувальні роботи, що передбачають підготовку зварювального обладнання до роботи: регулювання витрат захисного газу, встановлення оптимального вильоту електродного дроту та параметрів режиму зварювання відповідно до технічних вимог.

2. Перевантажувальні операції, які включають встановлення деталей у складально-зварювальні стапелі, що забезпечують точне позиціонування елементів конструкції.

3. Піднімально-транспортні роботи, що охоплюють переміщення заготовок до робочого місця, а також транспортування складальних вузлів на наступні етапи виробництва.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють повний спектр перевірок на всіх етапах виготовлення зварної конструкції, що забезпечує відповідність виробу технічним вимогам і стандартам якості. До цього комплексу входять:

- перевірка відповідності металопрокату, труб, кутників та інших елементів вимогам технічної документації;
- оцінка якості електродного дроту, захисного газу та витратних матеріалів;
- перевірка точності розмірів, правильності складання, якості очищення поверхонь і дотримання параметрів зварювального режиму;
- оцінка геометрії швів, їх розміщення відповідно до креслень, а також виявлення можливих дефектів.

Основним методом на цьому етапі є зовнішній візуальний огляд, який дозволяє оперативно виявити відхилення та прийняти рішення щодо подальших дій – усунення дефектів або допуску виробу до експлуатації.

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться з метою визначення їх оптимальної кількості, необхідної для виготовлення зварної конструкції, а також для забезпечення економного та раціонального використання ресурсів у зварювальному виробництві. Такий підхід дозволяє планувати матеріальні витрати, контролювати ефективність технологічного процесу та знижувати виробничі втрати. Основні положення щодо нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх розрахунку, регламентуються стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [7].

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

Отже:

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

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

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

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

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Отже:

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

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

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

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

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

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

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

де U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

$$E = \frac{26}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,568 \quad \text{кВт.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0 = 0,018$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 26 \cdot 120 \cdot 0,018}{0,9 \cdot 0,75} = 0,833 \quad \text{кВт} \cdot \text{год.}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Вибір і розроблення пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва зварних виробів. Цей процес базується на вивченні креслень і технічних умов, що дозволяє оцінити технологічність конструкції, яка часто не враховується на етапі проектування. Тому при розробці технологічного процесу та конструюванні пристосувань необхідно аналізувати форму деталей, точність виготовлення заготовок і стан їх поверхонь. Конфігурація елементів має забезпечувати зручність встановлення, знімання та доступ до зон зварювання, що сприяє застосуванню простих і економічних пристосувань.

Рациональний технологічний процес складання і зварювання повинен бути чітко опрацьований і врахований при конструюванні пристосувань. Важливим є також аналіз виробничої програми, що дозволяє визначити доцільність оснащення пристосувань механізмами для механізації або автоматизації. Тип пристосування залежить від способу зварювання, конструкції виробу, матеріалу, поперечного перерізу деталей, вимог до точності та продуктивності. У серійному і масовому виробництві перевага надається механізованим пристосуванням, які працюють за рахунок енергії повітря, рідини або електрики, тоді як працівник виконує лише керування, завантаження і знімання виробів. Проте в окремих випадках комплексна механізація може бути технічно складною або економічно недоцільною.

Остаточний вибір пристосування здійснюється на основі техніко-економічного порівняння можливих варіантів, при цьому перевага надається найбільш раціональному з точки зору технічної ефективності та економічної вигоди.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час технічного обґрунтування вибору пристосування необхідно здійснювати комплексний аналіз низки параметрів, що впливають на ефективність виробництва. Насамперед оцінюється прогресивність пристосування, яка включає його продуктивність, рівень механізації, доцільність використання апаратури та обладнання, здатність забезпечити необхідну якість, трудомісткість процесу, умови праці, дотримання вимог техніки безпеки та вплив на навколишнє середовище. Важливими критеріями є тривалість виробничого циклу, габарити і маса пристосування, а також площа і об'єм приміщень, необхідних для його розміщення. Окремо враховується кількість робітників, потрібних для обслуговування, питома продуктивність, рівень завантаження обладнання, характер і обсяг відходів, а також витрати енергії та матеріалів.

Економічне обґрунтування доцільності використання конкретного пристосування передбачає порівняння капітальних витрат, необхідних для його впровадження, із собівартістю виготовлення виробів. На основі цих даних визначається річний економічний ефект, який демонструє потенційну вигоду від застосування пристосування в умовах виробництва. Важливим показником є також термін окупності капітальних вкладень – період, протягом якого інвестиції повертаються за рахунок зниження витрат, підвищення продуктивності та покращення якості.

З урахуванням технологічних вимог і специфіки процесу виготовлення, для виробництва рами адаптера доцільно застосовувати складально-зварювальне обладнання. Це дозволяє виконувати зварювання одразу після складання, без додаткових переустановлень і транспортування конструкції між операціями. Такий підхід забезпечує стабільність положення деталей, зменшує ризик деформацій.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Складання під зварювання передбачає чітке дотримання послідовності дій, спрямованих на точне орієнтування всіх деталей виробу відповідно до розмірів, зазначених у складальному кресленні. Основним завданням цього етапу є забезпечення правильного взаємного розміщення елементів конструкції, що досягається шляхом їх суміщення та тимчасового закріплення. Для фіксації деталей використовуються затискні пристосування або виконуються прихоплення, які стабілізують положення елементів до моменту остаточного зварювання.

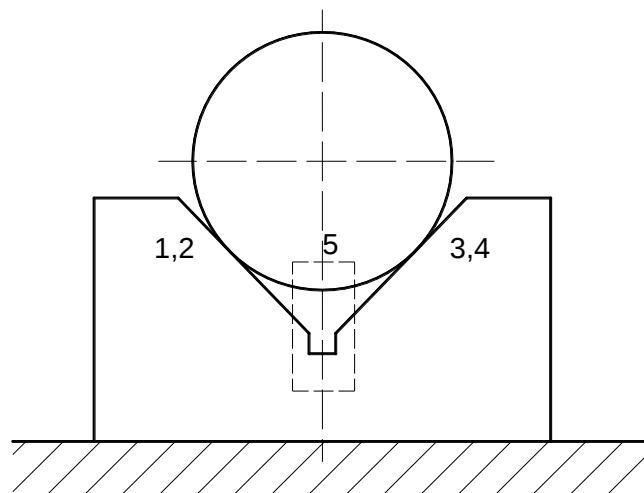


Рисунок 3.1 – Схема базування призматичної заготовки

Форма поверхні кожної окремої деталі виробу, що підлягає складанню, безпосередньо впливає на конфігурацію встановлювальних елементів пристосування, зокрема на форму їх опорних поверхонь і тип фіксації. Відповідно, конструкція таких елементів визначається правильністю вибору базових точок, ліній і поверхонь на деталях, які входять до складу певної складальної одиниці.

Встановлювальні елементи, зокрема фіксатори, відіграють ключову роль у забезпеченні точного розміщення деталей вузла в складальному пристосуванні. Вони повинні гарантувати необхідну точність позиціонування

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

елементів зварної конструкції, забезпечувати зручність встановлення та доступність для виконання зварювання. Конструкція фіксаторів має бути достатньо міцною і жорсткою, щоб запобігти деформаціям виробу під час зварювального процесу, а також дозволяти легке знімання готової конструкції після завершення робіт.

При складанні рами адаптера для встановлення деталей по базових поверхнях застосовують постійні упори (рис.3.2).

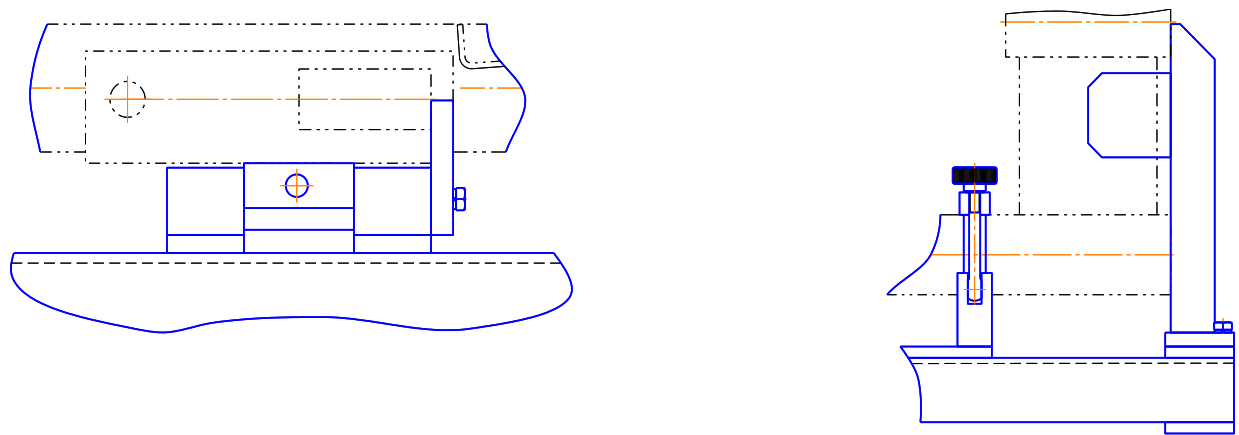


Рисунок 3.2 - Встановлювальні елементи складальних пристосувань

Найпоширенішими типами постійних упорів є оброблені стійки, кутники та пластини, які забезпечують точне позиціонування деталей у складальному пристосуванні. Їх закріплюють до основи шляхом приварювання або пригвинчування з фіксацією штифтами. У випадках, коли постійні упори перешкоджають вільному встановленню або зніманню деталей, застосовують відкидні варіанти, що дозволяють забезпечити доступність і зручність роботи. Для фіксації елементів одночасно по двох поверхнях використовуються постійні кутові упори.

Якщо деталі встановлюються по отворах, використовують постійні, відкидні або знімні встановлювальні пальці та штирі (рисунок 3.3).

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

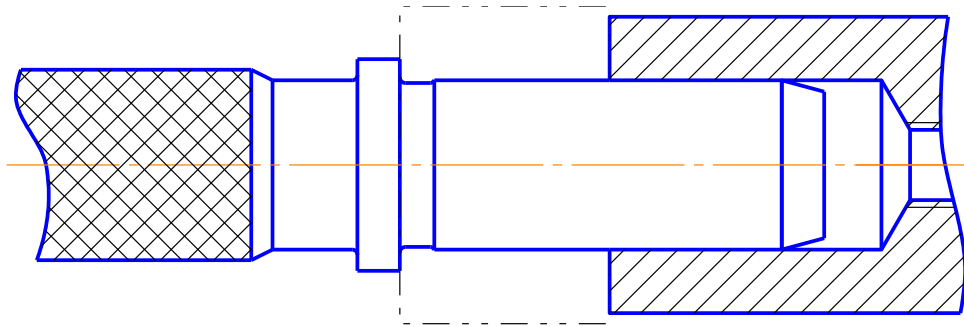


Рисунок 3.3 – Установлювальний знімний палець

Постійні пальці є елементами пристосування, які жорстко фіксуються на його основі шляхом зварювання, запресування або за допомогою кріпильної різьби. У випадках, коли використання таких пальців ускладнює встановлення або знімання елементів конструкції, застосовують знімні або відкидні варіанти.

Для точного встановлення деталей зварюваного вузла за вже змонтованими елементами цього ж вузла застосовуються шаблони, які забезпечують правильне орієнтування нових компонентів відносно базових. Як додаткові фіксатори використовують опорні гнізда, що призначені для грубого встановлення виробу по трьох поверхнях. Їх конструкція передбачає ширину, яка на кілька міліметрів перевищує максимальну ширину виробу, що дозволяє легко встановлювати деталі в пристосування та безперешкодно знімати готову конструкцію після завершення зварювальних робіт.

Затискні елементи (механізми), до яких відносяться притискачі та затискачі, призначені для закріплення деталей зварного виробу в процесі складання і зварювання після їх встановлення в пристосування. Притискачі і затискачі повинні забезпечити [8, с.92]:

- 1) правильне прикладання та напрямок притискного зусилля для закріплення деталей без зсувів відносно встановлених баз;
- 2) надійне закріплення деталей протягом всього процесу складання та зварювання;

- 3) швидкодію;
- 4) можливість зручного встановлення деталей в пристосування, зручність при зварюванні вузла, а також можливість знімання виробу із пристосування після зварювання;
- 5) зручний підхід до них для легкого приведення в дію (для ручних пристосувань);
- 6) безпечність в роботі [8, с.92].

Притискачі, що застосовуються у складальних пристосуваннях, поділяються на ручні та механізовані. Механізовані варіанти забезпечують значно більші притискні зусилля, сприяють зниженню трудомісткості складальних операцій, підвищують рівень механізації та покращують умови праці. Ручні притискачі класифікуються за конструкцією на клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні та байонетні. Механізовані притискачі, у свою чергу, розрізняють за типом приводу: пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні, електромагнітні та з постійним магнітом.

У деяких випадках притискачі поєднують з упорами або фіксаторами, утворюючи комплексні вузли, що використовуються у переналагоджуваних, універсально-складальних і спеціалізованих пристосуваннях. Для забезпечення гнучкості та адаптивності до різних типів виробів встановлювальні та затискні елементи таких пристосувань виготовляють знімними або регульованими.

Гвинтові притискачі є універсальними та надійними в експлуатації завдяки простій конструкції та здатності забезпечувати значне притискне зусилля при відносно невеликих суміжних зусиллях з боку. Вони широко застосовуються у складальних пристосуваннях завдяки своїй ефективності та зручності. Поряд із ними використовуються також важільні затискачі з пневмо-приводом.

Притискачі та затискачі виконують схожі функції у фіксації деталей, однак відрізняються принципом дії. Притискачі створюють зусилля з одного

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

боку, притискаючи деталь до упору або до іншої деталі, забезпечуючи її фіксацію в заданому положенні. Натомість затискачі діють з двох протилежних боків, охоплюючи деталь між двома робочими поверхнями, розташованими одна навпроти одної.

Схеми притискачів, що застосовуються під час виготовлення рами адаптера мотоблоку ЗУБР SH-101, наведені на рисунку 3.4.

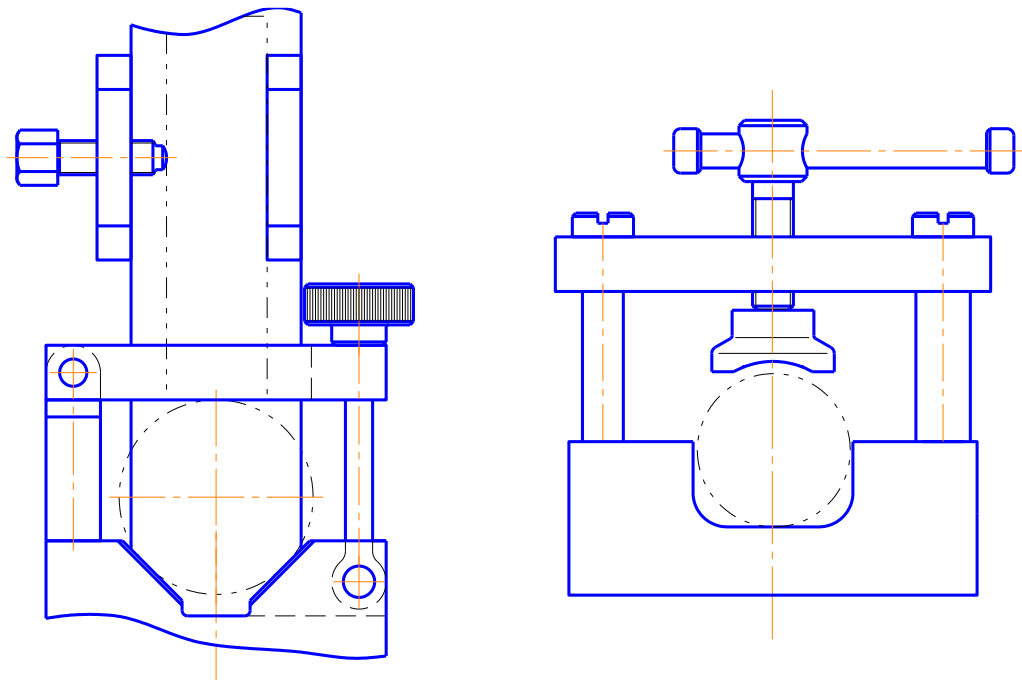


Рисунок 3.4 – Схеми гвинтових притискачів

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій необхідно здійснювати точне складання деталей виробу, що включає їх правильне взаємне розміщення та надійне закріплення перед зварюванням.

Складання зварювального виробу включає низку послідовних операцій, починаючи з подавання деталей, що входять до його складу, до місця виконання робіт. Далі ці елементи встановлюють у складальному пристосуванні у визначеному положенні, де вони фіксуються затискними елементами. Після закріплення виконується зварювання. Переміщення та розміщення деталей здійснюється за допомогою універсального або

спеціалізованого транспортного обладнання. Точність положення забезпечується установчими елементами пристосування або вже змонтованими деталями, що дозволяє досягти необхідної геометричної відповідності конструкції.

У розроблених пристосуваннях застосовуються гвинтові притискачі, різноманітні упори та призми, які забезпечують точне позиціонування і надійне закріплення деталей. Основна функція складального обладнання у зварювальному виробництві полягає у фіксації елементів конструкції для забезпечення їх стабільності під час зварювання. Для складання та зварювання технологічних вузлів використовуються спеціальні складально-зварювальні стапелі, що дозволяють ефективно організувати процес і досягти високої якості готових виробів.

Складально-зварювальний стапель (кондуктор) являє собою пристрій, що складається з площинної або просторової рами чи плити, на якій розміщуються установлювальні та затискні елементи. Його конструкція забезпечує виконання складання і зварювання виробу безпосередньо в стапелі, тому основа повинна мати достатню жорсткість і міцність для сприйняття зусиль, які виникають у процесі зварювання.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
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 рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	1850x540	1850x540
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Сталь 20	кг	250	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	20	
захисний газ (суміш Ar 83% +CO ₂ 17%)	кг	10	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	23	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
Сталь 20	грн	56,2	55,9
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	129	128,6
захисний газ (суміш Ar 83% +CO ₂ 17%)	грн	37,5	37,3
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	126,5	

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101

Зміст операції	Варі- анти	Устаткування		Потуж- ність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Правлення	$\frac{3}{П}$	Листопра вильний верстат MG SP 2065	3112000	45	молоток	340	III	$\frac{2,5}{1,8}$
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка кернер маркер	260 155 81 59	III	$\frac{2,6}{2,4}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Монтажна пила Stark CS- 2600	7600	2,6			III	$\frac{2,4}{2,2}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина GTM AGK230	6500	2,2	щітка дискова Masterto ol 200 x 32 мм диск зачисний NovoAbr asive 125 x 6,0 x 22,23	410 65	III	$\frac{1,6}{1,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складальн- зварюваль ний стапель	794400		молоток	340	IV	$\frac{3,1}{2,5}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварюваль н.напівавт омат ПДГ- 215 ПРОФІ	35300	0,8			IV	$\frac{3,2}{2,6}$

Продовження таблиці 4.2

Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина GTM AGK230	6500	2,2	щітка дискова Masterto ol 200 x 32 мм молоток диск зачисний NovoAbr asive 125 x 6,0 x 22,23	410 340 65	III	$\frac{2,4}{2,3}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Набір неруйнівного контролю	96000				VI	1,8
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Тельфер електричний	43000	1,8			III	$\frac{1,6}{1,4}$

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 рами адаптера мотоблока застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [9, с.8]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

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 [9, с.9]:

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

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

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

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

Кількість робочих місць для виконання правлення при виготовленні рами адаптера:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами адаптера мотоблока ЗУБР SH-101:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для виконання складання кількість робочих рівна:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

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

- проектний варіант:

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

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 [9, 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;

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [9, 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 $B_{np} = 5100$ шт;

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

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

Необхідна кількість правильників:

- за заводським варіантом:

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

- за проектним варіантом:

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

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

- 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 очищення:

- 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 складальників:

- за заводським варіантом:

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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 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:

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

- 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

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
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	3	2	III	III
розмічувальники	3	3	III	III
різальники	3	3	III	III
очищувальники	2	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 преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів			Од. вим .	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн					
							на один виріб		на програму			
3/П	Сталь 20			кг	56,2	55,9	14050	13975	71655000	71272500		
3/П	Зв. дріт Св-08Г2С			кг	129	128,6	2580	2572	13158000	13117200		
3/П	Суміш – Аг 83% +CO ₂ 17%			кг	37,5	37,3	375	373	1912500	1902300		
Р- ом							17005	16920	86725500	86292000		
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	2,81	2,8	702,5	698,75	3582750	3563625	126,5	126,5	645150	645150	
3/П	5	6,45	6,43	129	128,6	657900	655860					
3/П	5	1,88	1,87	18,75	18,65	95625	95115					
Р- ом		11,14	11,09	850,25	846	4336275	4314600	126,5	126,5	645150	645150	

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 [9, с.16]:

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

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) [9, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, 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 [9, с.17]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці правильників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 6 \cdot 55,5 \cdot 2,5 = 832,5 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 832,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 291,38 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 832,5 \cdot 0,4 = 333 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 6 \cdot 55,5 \cdot 1,8 = 599,4 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 599,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,79 \text{ грн};$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 599,4 \cdot 0,4 = 239,76 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 55,5 \cdot 2,6 = 649,35 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 649,35 \cdot (0,2 + 0,15) = 227,27 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 649,35 \cdot 0,4 = 259,74 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 55,5 \cdot 2,4 = 599,4 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 599,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,79 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 599,4 \cdot 0,4 = 239,76 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 56,5 \cdot 2,4 = 678 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 678 \cdot (0,2 + 0,15) = 237,3 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 678 \cdot 0,4 = 271,2 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 5 \cdot 56,5 \cdot 2,2 = 621,5 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 621,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 217,53 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 621,5 \cdot 0,4 = 248,6 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 7,2 \cdot 56,5 \cdot 1,6 = 650,88 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 650,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 227,81 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 650,88 \cdot 0,4 = 260,35 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 7 \cdot 56,5 \cdot 1,5 = 610,2 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 610,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,57 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 610,2 \cdot 0,4 = 244,08 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 56,7 \cdot 3,1 = 790,97 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 790,97 \cdot (0,2 + 0,15) = 276,84 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 790,97 \cdot 0,4 = 316,39 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 56,7 \cdot 2,5 = 637,88 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 637,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 223,26 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 637,88 \cdot 0,4 = 255,15 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,7 \cdot 57,5 \cdot 3,2 = 864,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 864,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 302,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 864,8 \cdot 0,4 = 345,92 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,7 \cdot 57,5 \cdot 2,6 = 702,65 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 702,65 \cdot (0,2 + 0,15) = 245,93 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 702,65 \cdot 0,4 = 281,06 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,8 \cdot 56 \cdot 2,4 = 645,12 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 645,12 \cdot (0,2 + 0,15) = 225,79 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 645,12 \cdot 0,4 = 258,05 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,8 \cdot 56 \cdot 2,3 = 618,24 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 618,24 \cdot (0,2 + 0,15) = 216,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 618,24 \cdot 0,4 = 247,3 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 6,2 \cdot 58,5 \cdot 1,8 = 652,86 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 652,86 \cdot (0,2 + 0,15) = 228,5 \text{ грн};$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 652,86 \cdot 0,4 = 261,14 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 7,7 \cdot 56,5 \cdot 1,6 = 696,08 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 696,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 243,63 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 696,08 \cdot 0,4 = 278,43 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 7,7 \cdot 56,5 \cdot 1,4 = 609,07 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 609,07 \cdot (0,2 + 0,15) = 213,18 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 609,07 \cdot 0,4 = 243,63 \text{ грн.}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [9, с.16]:

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$З_{од} = 2 \cdot 65,3 \cdot 1850 = 241610 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 241610 \cdot 0,35 = 84563,5 \text{ грн;}$$

$$З_{нд} = 241610 \cdot 0,4 = 96644 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 65,3 \cdot 1850 = 241610 \text{ грн;}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{дд}} = 241610 \cdot 0,35 = 84563,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 241610 \cdot 0,4 = 96644 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{\text{од}} = 1 \cdot 65,3 \cdot 1850 = 120805 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дд}} = 120805 \cdot 0,35 = 42281,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пд}} = 120805 \cdot 0,4 = 48322 \text{ грн.}$$

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[9, с.17]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

$$З_{\text{оп}} = 1 \cdot 17700 \cdot 12 = 212400 \text{ грн};$$

$$З_{\text{дп}} = 212400 \cdot 0,35 = 74340 \text{ грн};$$

$$З_{\text{пп}} = 212400 \cdot 0,4 = 84960 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{\text{оп}} = 1 \cdot 11800 \cdot 12 = 141600 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 141600 \cdot 0,35 = 49560 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 141600 \cdot 0,4 = 56640 \text{ грн.}$$

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
правильники	631867,5	303296,4	221153,63	106153,74	252747	121318,56
розмічувальники	492856,65	454944,6	172499,83	159230,61	197142,66	181977,84
різальники	514602	471718,5	180110,7	165101,48	205840,8	188687,4
очищувальники	329345,28	308761,2	115270,85	108066,42	131738,11	123504,48
складальники	800456,58	484147,13	280159,8	169451,49	320182,63	193658,85
зварювальники	875177,6	533311,35	306312,16	186658,97	350071,04	213324,54
зачищувальники	489646,08	469244,16	171376,13	164235,46	195858,43	187697,66
контролери	330347,16		115621,51		132138,86	
транспортувальники	352216,48	308189,42	123275,77	107866,3	140886,59	123275,77
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	241610		84563,5		96644	
ремонтники	241610		84563,5		96644	
електрики	120805		42281,75		48322	
ІТР	212400		74340		84960	
МОП	141600		49560		56640	
Разом	5774540,33	4621984,92	2021089,12	1617694,72	3219939,88	2758917,72

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	3	П
Основні матеріали:	17005	16920
Сталь 20	14050	13975
зв. дріт Св-08Г2С	2580	2572
захисний газ (суміш – Ar 83% +CO ₂ 17%)	375	373
Поворотні відходи	126,5	
Паливо та енергія на технологічні цілі	73,9	73,4
Основна заробітна плата основних робітників	944,42	718,42
Додаткова заробітна плата основних робітників	330,55	251,45
Премії та надбавки основних робітників	377,77	287,37
Відрахування на соціальне страхування	23,14	17,6
Відрахування на медичне страхування	41,32	31,43
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	319,78	319,78
Цехові (дільничні) витрати	187,41	187,41
Всього цехова собівартість	19176,79	18680,36

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
правильне	3	2	3112000	3112000	155600	155600
різальне	3	3	7600	7600	380	380
очишувальне	2	2	6500	6500	325	325
складальне	4	3	794400	794400	39720	39720
зварювальне	4	3	35300	35300	1765	1765
зачишувальне	3	3	6500	6500	325	325
контрольне	2	2	96000	96000	4800	4800
транспортне	2	2	43000	43000	2150	2150
Інструменти:						
молоток	10	8	340	340	17	17
диск зачисний	5	5	65	65	3,25	3,25
щітка	5	5	410	410	20,5	20,5
рулетка	3	3	260	260	13	13
кернер	3	3	81	81	4,05	4,05
лінійка	3	3	155	155	7,75	7,75
маркер	3	3	59	59	2,95	2,95
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будови та споруди	6800000	6800000	5	340000	340000	
Устаткування:						
правильне	9491600	6379600	8,5	806786	542266	
різальне	23180	23180	8,5	1970,3	1970,3	
очишувальне	13325	13325	8,5	1132,63	1132,63	
складальне	3217320	2422920	7	225212,4	169604,4	
зварювальне	142965	107665	7,5	10722,38	8074,88	
зачишувальне	19825	19825	8,5	1685,13	1685,13	
контрольне	196800	196800	6,5	12792	12792	
транспортне	88150	88150	7,5	6611,25	6611,25	

Продовження таблиці 4.7

Інструменти:					
молоток	3417	2737		512,55	410,55
диск зачисний	328,25	328,25		49,24	49,24
щітка	2070,5	2070,5		310,58	310,58
рулетка	793	793	15	118,95	118,95
кернер	247,05	247,05		37,06	37,06
лінійка	472,75	472,75		70,91	70,91
маркер	179,95	179,95		26,99	26,99
Разом	20000673,5	16058293,5		1408038,35	1085160,85

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [9,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 ($C_{nz}=25832,58$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=24226,7$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=19176,79$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=18680,36$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((25832,58 + 0,15 \cdot 19176,79) - (24226,7 + 0,15 \cdot 18680,36)) \cdot 5100 = \\ = 8569756,95 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [9,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 ($\Phi_{ocz}=116394291$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=110242977$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [9,с.26]:

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

$$E_{yp} = 5100 \cdot (25832,58 - 24226,7) = 8189988 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{116394291 - 110242977}{8189988} = 0,75 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	5100	5100
Кількість технологічного устаткування	шт	16	13
Собівартість товарної продукції	грн	25832,58	24226,7
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	33	30

Продовження таблиці 4.8

- основних робітників	чол	26	23
Фондомісткість продукції	грн/шт	19176,79	18680,36
Умовна річна економія	грн	-	8189988
Річний економічний ефект	грн	-	8569756,95
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,75
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	30594,38	22027,95
- розмічувальники	грн	23863,61	22027,95
- різальники	грн	24916,5	22840,13
- очищувальники	грн	23919,84	22424,85
- складальники	грн	29067,96	23441,91
- зварювальники	грн	31781,4	25822,39
- зачищувальники	грн	23708,16	22720,32
- контролери	грн	23992,61	23992,61
- транспортувальники	грн	25580,94	22383,32

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці в організації

Однією із складових ефективної роботи з профілактики виробничого травматизму є належна підготовка, навчання та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці.

Організацію навчання та перевірки знань з питань охорони праці працівників на підприємстві здійснюють працівники служби з охорони праці, інженер з охорони праці, комісія з питань охорони праці, керівники структурних підрозділів [10].

Перевірку знань з питань охорони праці посадових осіб, які пройшли навчання в галузевих навчальних центрах, проводить комісія, призначена вищим органом, до сфери впливу якого входить підприємство. Очолює таку комісію керівник (заступник керівника) цього органу, до службових обов'язків якого входить організація роботи з охорони праці, або керівник служби охорони праці цього органу.

Перевірка знань з питань охорони праці працівників, які пройшли навчання в інших навчальних закладах чи установах, проводиться комісією, створеною відповідним територіальним управлінням спеціально вповноваженого центрального органу виконавчої влади з нагляду за охороною праці [10].

Навчання та перевірка знань з питань охорони праці працівників (виконавців і посадових осіб), які не залучаються до виконання підвищеної небезпеки робіт, проводиться не рідше ніж один раз на три роки.

Посадові особи та працівники, які виконують роботи підвищеної небезпеки, проходять спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці не рідше одного разу на рік [10].

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на вступний, первинний, повторний, позаплановий та цільовий [10].

Вступний інструктаж проводиться [10]:

- з усіма працівниками, які приймаються на постійну або тимчасову роботу, незалежно від їх освіти, стажу роботи та посади;
- з працівниками інших організацій, які прибули на підприємство і беруть безпосередню участь у виробничому процесі або виконують інші роботи для підприємства;
- з учнями та студентами, які прибули на підприємство для проходження трудового або професійного навчання;
- з екскурсантами у разі екскурсії на підприємство.

Первинний інструктаж проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівником [10]:

- новоприйнятим (постійно чи тимчасово) на підприємство або до фізичної особи, яка використовує найману працю;
- який переводиться з одного структурного підрозділу підприємства до іншого;
- який виконуватиме нову для нього роботу;
- відрядженим працівником іншого підприємства, який бере безпосередню участь у виробничому процесі на підприємстві.

Повторний інструктаж проводиться на робочому місці індивідуально з окремим працівником або групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу.

Повторний інструктаж проводиться в терміни, визначені нормативно правовими актами з охорони праці, які діють у галузі, або роботодавцем (фізичною особою, яка використовує найману працю) з урахуванням конкретних умов праці, але не рідше [10]:

- на роботах підвищеної небезпеки - 1 раз на 3 місяці;

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для решти робіт - 1 раз на 6 місяців.

Позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або в кабінеті охорони праці [10]:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативно-правових актів з охорони праці, а також при внесенні змін та доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів та інших факторів, що впливають на стан охорони праці;
- при порушеннях працівниками вимог нормативно-правових актів з охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж тощо;
- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів
- для робіт підвищеної небезпеки, а для решти робіт - понад 60 днів.

Цільовий інструктаж проводиться з працівниками [10]:

- при ліквідації аварії або стихійного лиха;
- при проведенні робіт, на які відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ або розпорядження.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або з групою працівників. Обсяг і зміст цільового інструктажу визначаються залежно від виду робіт, що виконуватимуться [10].

Про проведення первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів та їх допуск до роботи, особа, яка проводила інструктаж, уносить запис до журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці на робочому місці. Сторінки журналу реєстрації інструктажів повинні бути пронумеровані, прошнуровані і скріплені печаткою (за її наявності).

У разі виконання робіт, що потребують оформлення наряду-допуску, цільовий інструктаж реєструється в цьому наряді-допуску, а в журналі реєстрації інструктажів - не обов'язково. [10].

Позачергове навчання та перевірка знань з питань охорони праці проводиться [10]:

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при переведенні працівника на іншу роботу;
- після нещасного випадку;
- при змінах чи прийнятті нових нормативно-правових актів та в інших випадках.

Спеціальне навчання з питань охорони праці може проводитись безпосередньо на підприємстві або навчальним закладом, який має відповідний дозвіл.

При проведенні такого навчання на підприємстві навчальні плани та програми розробляються з урахуванням конкретних видів робіт, виробничих умов і функціональних обов'язків працівників і затверджуються наказом керівника підприємства [10].

Таким чином, залежно від призначення і виду виконуваних робіт працівниками можливе використання того чи іншого типу інструктажу для перевірки знань з питань охорони праці. Безпека праці працівників залежить від ефективності роботи керівників структурних підрозділів та якості проведення інструктажів.

5.2 Організація протипожежного водопостачання на підприємстві

Господарський водопровід промислового підприємства може живитися водою від магістрального міського водопроводу або одночасно від підземних джерел – артезіанських свердловин та колодязів. Безпосередня подача води від міської мережі до внутрішньозаводської дозволяється у тому разі, коли міська мережа здатна забезпечити подачу води підприємству протягом доби під розрахунковим тиском, у відповідності до його графіка водоспоживання. При цьому для забезпечення надійності водоспоживання до підприємства від зовнішньої мережі необхідно мати не менше двох введів від різних ділянок [11, с. 117].

Якщо вільний тиск у заводській мережі мусить бути більший, ніж у зовнішній міській мережі, влаштовують місцеві підвищуючі насосні станції.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вони можуть забирати воду безпосередньо від магістральної мережі або з резервуарів, що забезпечують збереження протипожежного запасу води та дотримання заданого графіку споживання води.

Заводські мережі водопостачання можуть бути прямоточними, зворотними та з послідовним використанням води [11, с. 117].

При прямому водопостачанні насосна станція, яка розташована біля водозабірної споруди, подає воду на виробничі потреби до цехів по виробничій мережі. При цьому вода проходить спеціальну підготовку на очисних водопровідних спорудах. Після використання у виробничому процесі вода поступає по каналізаційній мережі без очищення до джерела водопостачання або, за необхідності, на очисні споруди для очищення. У разі необхідності подачі води під різним тиском на насосній станції встановлюють декілька груп насосів, що постачають воду до окремих систем. Для господарсько-протипожежних вимог населеного пункту та цехів підприємства, де є потреба у воді питної якості, вода подається по господарсько-протипожежній мережі спеціальними насосами [11, с. 117-118].

При зворотному водопостачанні використана вода не скидається до водоймища, як при прямоточному водопостачанні, а після обробки знов подається до виробничої мережі підприємства.

Насосами вода після охолодження на спорудах подається по трубопроводах до виробничих агрегатів. При використанні у виробничому процесі вода нагрівається. Для подальшого її використання підігріта вода поступає по трубопроводах на охолодження до споруд (градирні, бризкальні басейни, охолоджуючі ставки). Додаток свіжої води від джерела (поповнення витраченої води) відбувається насосами по водоводах. Об'єм додатка становить 3-5% від кількості загального об'єму води у мережі [11, с. 118].

Послідовне водопостачання займає місце між прямоточним та зворотним. Так кількість води, яка відбирається від джерела при послідовному водопостачанні менше, ніж при прямоточному, але більше, ніж при

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зворотному.

На одному і тому ж підприємстві можуть бути різні схеми водопостачання, які обслуговують різні виробництва, цехи. Так для деяких цехів може бути влаштоване зворотне водопостачання, а для інших – прямоточне, послідовне. Таким чином, кожна система водопостачання окремого виробництва – комбінована [11, с. 119].

Отже, правильна організація протипожежного водопостачання на підприємстві дозволяє раціонально використовувати водні ресурси не забруднюючи довкілля та швидко знешкоджувати пожежі у разі їх виникнення.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У технологічному процесі виготовлення рами адаптера до мотоблока спостерігаються певні недоліки. По-перше, застосування напівавтоматичного зварювання у середовищі вуглекислого газу супроводжується підвищеним розбризкуванням електродного металу, що ускладнює процес і потребує додаткових заходів з очищення обладнання. Крім того, в умовах низьких температур виникає необхідність використання підігрівачів, оскільки вуглекислий газ має властивість замерзати, що може призводити до перебоїв у подачі газу та погіршення якості зварного шва. По-друге, існує потреба у впровадженні більш сучасного зварювального обладнання.

Для вдосконалення технологічного процесу виготовлення кронштейна доцільно впровадити низку технічних рішень. Зокрема, рекомендовано використовувати напівавтоматичне зварювання у газовій суміші аргону (83%) і вуглекислого газу (17%), що дозволить знизити розбризкування електродного металу, покращити захист зварювальної ванни та забезпечити стабільність процесу навіть у зимовий період. Також варто застосовувати спеціальні пристрої та оснащення, які забезпечують надійну фіксацію елементів конструкції під час зварювання. Крім того, впровадження сучасних моделей зварювального обладнання сприятиме покращенню технологічного процесу.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 20. Вуглецеві нелеговані сталі: веб-сайт. URL: https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-20/?srsltid=AfmBOootZ7FalyptnKaccCLYvoA9Ji92QQzSpR_QD6plChw6VXMr6keA (дата звернення: 20.05.2026).
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. Напівавтомат зварювальний ПДГ-215 ПРОФІ. Енергія Зварювання: веб-сайт. URL: <https://energy-welding.com/uk/content/zvaryuvalniy-parivavtomat-pdg-215-profi> (дата звернення: 25.05.2026).
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).
8. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

національного технічного університету: веб-сайт. URL:
https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=254263 (дата звернення:
02.06.2026).

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

10. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення
навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Наказ
Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005 № 15. URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 09.06.2026).

11. Антіпов І.А., Кулешов М.М., Петухова О.А. Протипожежне
водопостачання. Підручник. Харків, 2004. 255 с.

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.17.00.00.000.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		