

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 тракторного тривісного причепа

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

Максим БЕНЬКАЛОВИЧ

Керівник

Віктор СЕНЧИШИН

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

БЕНЬКАЛОВИЧУ Максиму Васильовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
рами тракторного тривісного причепа

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

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Вплив міжнародних стандартів на управління охороною праці на підприємстві

5.2 Вимоги безпеки при газополумєневих роботах

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення рами тракторного тривісного причепа –

1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення рами тракторного тривісного причепа – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-зварювального кондуктора – 2.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Наталія ІГНАТОВА, викладач	 (підпис) (дата)	 (підпис) (дата)
Охорона праці	Геннадій ГОРЯЧЕК, викладач	 (підпис) (дата)	 (підпис) (дата)

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	21.05.2026	
2	Технологічний розділ	25.05.2026	
3	Конструкторський розділ	03.06.2026	
4	Організаційно-економічний розділ	08.06.2026	
5	Охорона праці	11.06.2026	
6	Графічна частина	15.06.2026	
7	Перевірка на плагіат	19.06.2026	

Студент

(підпис)

Максим БЕНЬКАЛОВИЧ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віктор СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

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

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	13
1.3.4 Вимоги до складання	14
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	15
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	18
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	23
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	25
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	30
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	34
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	36
2.6.1 Заготівельні операції	37
2.6.2 Складальні операції	41
2.6.3 Складально-зварювальні операції	42

					<i>КР.422.03.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бенькалович			Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення рами тракторного тривісного причепа Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сенчишин Вікт.					4	84
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	42
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	43
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	43
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	44
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	47
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	47
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	49
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	52
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	52
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	58
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	62
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	62
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	69
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	69
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	71
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	74
5.1	Вплив міжнародних стандартів на управління охороною праці						
	на підприємстві	.	.	.	.	.	74
5.2	Вимоги безпеки при газополумєневих роботах	.	.	.	.	.	78
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	81
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	82
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	84

ВСТУП

Зварювання є сучасним і ефективним технологічним методом отримання нероз'ємних з'єднань, що забезпечує високу надійність і експлуатаційні характеристики конструкцій. Завдяки своїм перевагам, зварні з'єднання широко застосовуються у виробках різного призначення. Цей процес сприяє економії матеріалів і часу, відкриває широкі можливості для механізації та автоматизації виробництва, підвищує продуктивність праці, дозволяє збільшити обсяги випуску продукції без потреби в розширенні виробничих площ і зменшує витрати металу.

Технологічний процес виготовлення зварних конструкцій має забезпечувати досягнення заданих технічних характеристик виробу, сприяти зниженню металомісткості та відповідати вимогам високої технологічності. Технологічною вважається така конструкція, яка дозволяє здійснювати виготовлення максимально просто, швидко та економічно, при цьому гарантуючи необхідний рівень міцності, стійкості, довговічності та інших експлуатаційних властивостей. Це означає, що конструктивні рішення повинні узгоджуватися з сучасними технологічними можливостями виробництва.

Попри те, що зварювання є прогресивним методом виготовлення металевих конструкцій, значна частина загальної трудомісткості виробництва припадає на супутні процеси – транспортування, заготівлю, складання та опорядження. Тому справжня інтенсифікація виробництва зварних виробів можлива лише за умови комплексної механізації та автоматизації як основних, так і допоміжних операцій.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Метою кваліфікаційної роботи є модернізація обладнання та вдосконалення технологічного процесу виготовлення рами тракторного тривісного причепа (рис. 1.1). Даний тип причепа призначений для транспортування різноманітних сільськогосподарських вантажів, зокрема мінеральних добрив і будівельних матеріалів, як по дорогах загального користування, так і по польових маршрутах.

Рама є ключовим елементом конструкції тракторного тривісного причепа, тому подальший опис, розрахунки та схематичні зображення в межах роботи будуть зосереджені саме на цій зварній конструкції.

Ходова частина причепа представлена посиленням трідемом на ресорах, що забезпечує надійність та стійкість під час руху. Він має місткість 28 м³ і вантажопідйомність до 28 000 кг. Його форма дозволяє ефективно здійснювати самоскидне розвантаження навіть важкосипучих або злежалих матеріалів. За потреби борти можуть бути нарощені, що збільшує загальну місткість на додаткові 10 м³. Шини розраховані на значне навантаження, що дає змогу транспортувати вантажі з високою швидкістю. Максимальна робоча швидкість становить 40 км/год.

Причіп-вагозов призначений для транспортування великогабаритних і важких вантажів. Він агрегується з потужними моделями тракторної техніки, забезпечуючи ефективну роботу як з українськими, так і з іноземними тракторами. Підключення до гідравлічної системи трактора дозволяє здійснювати повноцінне самоскидне розвантаження матеріалів.

Конструкція рами причепа включає дишель, опору, два лонжерони, поперечні балки та інші елементи, що забезпечують її міцність і функціональність.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Під час виготовлення конструкції необхідно дотримуватись таких технічних вимог:

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

б) зварювальні роботи слід виконувати виключно в закритому приміщенні, яке захищає робоче місце зварника від атмосферних впливів та інших негативних чинників;

в) усі з'єднання, підготовлені до зварювання, мають проходити технічний контроль і бути офіційно прийняті перед початком зварювальних операцій;

г) зварювальне обладнання повинно відповідати технічним характеристикам, передбаченим його паспортними даними;

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

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення даної конструкції застосовується маловуглецева конструкційна сталь Ст3сп, яка характеризується вмістом вуглецю не більше 0,25%. Детальний хімічний склад цієї сталі наведено в таблиці 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3сп, %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,14- 0,22	0,40- 0,65	0,12- 0,30	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ				Арк.
									9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Механічні властивості даної сталі для гарячекатаного прокату, приведені в таблиці 1.2 [1].

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі Ст3сп

Границя текучості, σ_{02} , МПа	Границя міцності σ_B , МПа	Відносне видовження, δ_5
245	370-480	26

Для забезпечення надійної роботи деталей конструкційна сталь повинна мати високу конструктивну міцність. Під цим поняттям розуміють здатність матеріалу зберігати міцність у реальних умовах експлуатації, тобто в складі конкретних виробів і конструкцій.

Під час вибору матеріалу для виробу важливо враховувати його функціональне призначення та рівень відповідальності конструкції. Рама причепа, призначеного для транспортування різних елементів, належить до конструкцій 1-го класу. Відповідно, матеріал повинен забезпечувати високу надійність і довговічність експлуатації, мати добру технологічність, легко піддаватися обробці тиском і різанням, а також характеризуватися хорошою зварюваністю.

Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю $C_{екв}$ [2, 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:

$$C_{екв} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,45 \quad \%$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю не перевищує 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.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Виготовлення рами та її вузлів повинно здійснюватися відповідно до робочих креслень, чинних державних і галузевих стандартів, а також нормативно-технічної документації.

Матеріали, що використовуються для виготовлення виробів – зокрема сталь, зварювальний дріт та захисний газ – застосовуються відповідно до вимог, визначених у технологічних картах.

Вибір марки сталі для виготовлення виробу здійснюється з урахуванням належності зварної конструкції до відповідного класу відповідальності, а також її зварюваності. Крім того, до матеріалу висувається низка вимог: наявність високого комплексу механічних властивостей, що гарантують надійну та довготривалу експлуатацію конструкції; технологічність обробки; доступність і невисока вартість.

Вибір марки суцільного зварювального дроту здійснюється відповідно до вимог чинних ДСТУ. Для зварювання низьковуглецевої сталі в середовищі захисного газу зазвичай застосовується дріт марки Св-08Г2С.

Зварювальні матеріали, призначені для створення неперервного, нероз'ємного з'єднання, повинні забезпечувати відповідність геометричних параметрів і властивостей зварного шва, сприятливі технологічні умови виконання зварювального процесу, високу продуктивність та економічну ефективність. Крім того, важливо, щоб їх застосування не порушувало санітарно-гігієнічні норми праці.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Усі матеріали та напівфабрикати, що використовуються у виробництві, повинні супроводжуватися сертифікатами заводу-виробника або відповідними паспортами. За їх відсутності допуск до виробництва можливий лише після проведення попередніх випробувань з метою підтвердження відповідності вимогам стандартів постачання. Крім того, випробування можуть бути призначені за рішенням відділу технічного контролю (ВТК) у разі виявлення відхилень властивостей матеріалів або напівфабрикатів від паспортних даних у процесі виготовлення зварної конструкції.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Однією з основних технічних вимог при виготовленні будь-якого виробу є точне дотримання розмірів деталей вузла в межах допусків, зазначених у робочих кресленнях.

Правильний вибір конструкції окремих елементів вузлів рами має вирішальне значення з точки зору запобігання виникненню або посиленню корозійних процесів. Недосконалі конструктивні рішення можуть спричинити появу внутрішніх напружень, теплової неоднорідності, щілин, зазорів і нещільностей, які створюють сприятливі умови для розвитку корозії. Тому вже на етапі проектування необхідно передбачати такі конструктивні рішення, що мінімізують або повністю виключають вплив зазначених факторів, здатних призвести до корозійного руйнування виробу.

При виготовленні зварних рамних конструкцій доцільно застосовувати замкнуті профілі та коробчасті елементи, які забезпечують високу жорсткість і стійкість до деформацій. Використання зварних з'єднань як із замкнутих, так і з відкритих профілів повинно здійснюватися відповідно до чинної нормативно-технічної документації, прийнятої в галузі.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

У зварних елементах необхідно уникати різких змін перерізу, гострих кутів та інших конструктивних особливостей, що спричиняють концентрацію напружень або порушують рівномірність силового потоку.

Допуски на розміри сумісних елементів повинні забезпечувати точне складання без додаткової підгонки, з дотриманням необхідних зазорів у стиках. Це дозволяє досягти заданих складальних параметрів і відповідності технічним умовам на зварний вузол або конструкцію, з урахуванням деформацій, що виникають під час зварювання.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварне з'єднання – це частина конструкції, в якій окремі елементи поєднані методом зварювання. Його властивості залежать від характеристик металу зварного шва, а також від структури основного металу в зоні термічного впливу, що змінюється під дією високих температур.

На якість зварних з'єднань та ефективність зварювального процесу суттєво впливають чистота кромок і прилеглої поверхні основного металу, а також точність їх підготовки та складання. Відповідно до стандартів, слід обирати такі типи обробки, які забезпечують мінімальні витрати на підготовку, невеликий об'єм і масу наплавленого металу, повне проварювання по товщині, плавний перехід зовнішньої частини шва та знижені кутові деформації.

Конструктивні елементи нестандартних зварних швів визначаються розробниками конструкторської документації та зазначаються у відповідних кресленнях.

Під час проектування напусткових з'єднань слід передбачати комбіновані шви – лобові та флангові. Використання лише флангових швів допускається виключно в зонах з мінімальними напруженнями. У місцях концентрації напружень лобові шви не повинні доходити до країв зварюваних

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементів на відстань 15–20 мм. Для навантажених напусткових з'єднань із лобовими швами, у випадках технологічної доцільності, рекомендується проектувати з'єднання зі співвідношенням катетів 1:2 – при цьому більший катет має бути орієнтований уздовж напрямку прикладеного зусилля.

У таврових з'єднаннях із двосторонніми швами заборонено розміщувати елементи під кутом меншим ніж 70° . У зварних вузлах слід уникати перетину кутових швів, тому в діафрагмах, накладках і косинцях необхідно передбачати зрізання кутів. Зварні з'єднання повинні бути вільними від дефектів, що виходять за межі допустимих норм.

1.3.4 Вимоги до складання

Конструктивні елементи, що надходять на складання перед зварюванням, повинні бути попередньо відрихтовані. Відхилення від площинності та прямолінійності не мають перевищувати 3 мм на кожен погонний метр, якщо інше не передбачено робочими кресленнями.

Поверхні, що підлягають зварюванню, а також зазори між складеними деталями повинні бути очищені від мастила, іржі, окалини, забруднень і вологи – їх наявність не допускається.

Складання деталей і вузлів перед зварюванням слід виконувати в спеціальних складально-зварювальних пристосуваннях, які гарантують точність виготовлення конструкції. Допустимі зазори та зміщення зварювальних кромок мають відповідати вимогам чинних стандартів.

Під час напівавтоматичного зварювання в середовищі захисного газу прихоплювання слід виконувати виключно в тих місцях і в тій послідовності, які визначені технологічним процесом.

Переріз прихоплювань повинен становити від 35% до 75% перерізу основного шва, а їх довжина – не перевищувати 25 мм.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Прихоплювання слід ретельно очищати від шлаку. Їхня якість має відповідати вимогам – тріщини та шлакові включення в прихоплюваннях не допускаються.

Під час визначення базових розмірів складально-зварювальних пристосувань слід враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання вузла. Крім того, обладнання для складання та зварювання необхідно регулярно перевіряти на відповідність розмірам, зазначеним у кресленнях.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час виготовлення конструкцій зварні з'єднання повинні відповідати встановленим нормам якості. Якщо виявлено дефекти, які не допускаються без усунення, їх загальна довжина не повинна перевищувати 15% від загальної довжини шва. виправлення таких дефектів дозволяється не більше двох разів у одному й тому ж місці.

Під час проектування конструкцій доцільно зменшувати кількість зварних з'єднань шляхом використання штампованих елементів і гнутих профілів. Масивні суцільні компоненти слід замінювати на комбіновані зварні вузли, які є більш раціональними та економічно вигідними.

У процесі проектування зварних конструкцій слід обов'язково здійснювати аналіз їх технологічності, що проводиться спільно розробниками конструкторської документації та технічною службою.

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

Заготовки для зварювання вузлів конструкції виготовляють із листового прокату та гнутих профілів. Технологічний процес обробки листової сталі включає такі основні операції: правлення, розмічування, різання і згинання.

					<i>КР.422.03.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Правлення листового прокату здійснюється в холодному стані за допомогою листопривальних вальців. Розмічування деталей проводять на спеціальних стендах із застосуванням шаблонів. Великогабаритні елементи не розмічують, а розрізають механічно по упору на гільйотинних ножицях. Невеликі деталі виготовляють методом вирубування в штампах. Згинання заготовок також виконують у холодному стані на пресах.

Для виготовлення рами застосовується метод електродугового напіваавтоматичного зварювання з використанням плавкого електрода в середовищі захисного газу. Як захисний газ використовується вуглекислий газ.

Зварювання рами та її вузлів здійснюється напіваавтоматом ПДГ-502. Зварювальна головка складається з пальника, до якого приєднано гнучкий шланг і мундштук для підведення струму до електродного дроту. Подавальний механізм, розташований поруч із робочим місцем, прошовує дріт через шланг довжиною 3–4 м. Контрольно-керувальна апаратура знаходиться в окремій шафі. Шланг виконує функцію направляючого каналу, одночасно вміщуючи проводи керування та кабелі живлення.

Напіваавтоматичне зварювання виконується уніфікованим пальником, з'єднаним із механізмом подачі дроту триметровим шлангом через швидкодіючі клемники. Конструктивні елементи пальника – наконечники, клеми та інші – стандартизовані, що забезпечує зручність вибору та експлуатації в різних умовах. Напіваавтомат ПДГ-502 укомплектований зварювальним випрямлячем ВДУ-504, здатним формувати як жорсткі, так і спадаючі зовнішні характеристики. Основним недоліком таких випрямлячів є висока чутливість до коливань напруги живлення.

Найбільш доступним і оперативним методом контролю є зовнішній огляд. Він дозволяє оцінити якість підготовки та складання заготовок, виконання зварних швів у процесі роботи, а також стан готових з'єднань. Лише після проведення зовнішнього огляду та усунення виявлених дефектів

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

зварні з'єднання підлягають контролю методом ультразвукової дефектоскопії для виявлення внутрішніх порушень.

Наявний технологічний процес виготовлення виробу має низку суттєвих недоліків:

- під час зварювання у середовищі вуглекислого газу спостерігається підвищене розбризкування електродного металу (втрати сягають 10–12%) та утворення щільних оксидних плівок на поверхні шва, які міцно з'єднуються з металом і знижують корозійну стійкість зварного з'єднання;

- у складально-зварювальних пристосуваннях використовуються механічні затискачі, що потребують ручного втручання з боку працівника, істотно збільшуючи тривалість складання та трудомісткість процесу;

- фіксатори та рухомі упори переміщуються вручну, що додатково підвищує витрати часу на виготовлення виробу.

Прогресивний розвиток зварювальних технологій ґрунтується на загальноекономічному підході до вирішення виробничих завдань – мінімізація трудових витрат, скорочення ручної праці, економія енергетичних і матеріальних ресурсів. Виходячи з цього, при проектуванні слід:

- обрати метод зварювання, що забезпечує високу якість швів;
- підібрати зварювальні матеріали, які гарантують надійність з'єднань;
- розрахувати оптимальні параметри режиму зварювання;
- вибрати обладнання, яке відповідає вимогам технологічного процесу;
- замінити малоефективні елементи механічного оснащення на більш продуктивні.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Під час вибору способу зварювання для виготовлення рами слід враховувати тип матеріалу, товщину деталей, конструктивну відповідальність вузла, обсяги виробництва, а також вимоги до якості зварних з'єднань.

Зварювання рами причепа може виконуватись одним із таких способів: ручним дуговим з використанням покритих електродів, напіваавтоматичним у середовищі захисного газу або під флюсом.

Основний обсяг зварювальних робіт виконується вручну з використанням покритих електродів. Тип електрода обирають залежно від міцності зварюваної сталі та вимог до конструкції. Для зварювання низьковуглецевих сталей найбільш поширеними останнім часом є електроди типу Е46Т з рутиловим покриттям, зокрема АНО-3, АНО-4, ОЗС-4, МР-3.

Для зварювання особливо відповідальних конструкцій застосовують електроди типу Е42А з фтористо-кальцієвим або фтористо-кальцієво-рутиловим покриттям, зокрема марки УОНІ-13/45, СМ-11. Вони забезпечують високу стійкість металу шва до кристалізаційних тріщин і покращені пластичні властивості. Основним недоліком електродів УОНІ-13/45 є вимога зварювання на постійному струмі зворотної полярності, а також знижена стійкість до утворення пор у шві за наявності іржі на кромках або зволоженого покриття.

Важливим недоліком ручного дугового зварювання металевими електродами є низька продуктивність процесу та значна залежність якості шва від кваліфікації виконавця.

Ручне дугове зварювання доцільно застосовувати для коротких швів, розташованих у різних просторових положеннях, особливо при дрібносерійному виробництві. Під час монтажу його використання

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

виправдане за невеликого обсягу робіт, навіть для довгих з'єднань. Також цей метод є ефективним при виконанні ремонтних операцій.

Досягнення рівномірних зварних з'єднань при зварюванні низьковуглецевої сталі під флюсом забезпечується переважно застосуванням висококремнистих марганцевих флюсів типу АН-348-А та ОСЦ-45 у поєднанні з низьковуглецевим зварювальним дротом марок Св-08 і Св-08А. Така комбінація сприяє високій стійкості металу шва до утворення кристалізаційних тріщин і пор. Для особливо відповідальних конструкцій ці флюси використовують разом із дротом марки Св-08ГА, що забезпечує підвищені експлуатаційні характеристики з'єднання.

Під час автоматичного зварювання низьковуглецевої сталі основний обсяг робіт виконується з використанням зварювального дроту діаметром 4–5 мм. Для тонколистового металу застосовують дріт меншого діаметра — від 0,8 до 3 мм.

Зварювання під флюсом забезпечує високу та стабільну якість з'єднань завдяки ефективному захисту металу шва від дії кисню й азоту, хімічній однорідності наплавленого металу, покращеній формі шва та стабільності його розмірів. Це значно знижує ризик виникнення дефектів, таких як непровари, підрізи та інші порушення формування, а також виключає перерви в процесі, пов'язані зі зміною електродів.

Серед недоліків зварювання під флюсом варто відзначити обмеження щодо просторового положення шва – процес можливий лише в нижньому положенні. Це зумовлено стіканням розплавленого флюсу та металу при нахилі площини шва понад 10–15°.

Зварювання під флюсом, особливо в напівавтоматичному режимі, ускладнене через обмежену можливість точного керування напрямком електрода та недостатню видимість процесу формування шва.

Однією з ключових переваг зварювання порошковим дротом у напівавтоматичному режимі є можливість візуального контролю напрямку

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

електрода, особливо при його поперечних коливаннях, а також спостереження за формуванням шва. Крім того, варіювання складу наповнювача сердечника порошкового дроту дає змогу регулювати хімічний склад наплавленого металу та впливати на технологічні властивості зварювальної дуги.

Зварювання порошковим дротом має певні обмеження. Через низьку жорсткість трубчастої конструкції дроту необхідне використання подаючих механізмів із невеликим зусиллям стискання в роликах. Дріт діаметром 2,6 мм і більше потребує підвищених зварювальних струмів для стабільного горіння дуги, що обмежує його застосування переважно нижнім, а іноді — верхнім положенням шва.

Одним із суттєвих недоліків порошкових дротів є висока ймовірність утворення пор у зварних швах, що зумовлена наявністю внутрішніх пустот у дроті. Крім того, нерозплавлені компоненти сердечника, потрапляючи у зварювальну ванну, можуть спричиняти виділення газоподібних продуктів.

Зварювання низьковуглецевих сталей зазвичай виконують у середовищі вуглекислого газу, що зумовлено його низькою вартістю. Для автоматичного та напівавтоматичного зварювання плавким електродом у CO_2 металу товщиною 0,8–3 мм, а також для кутових швів із катетом 1–4 мм у будь-якому просторовому положенні, використовують зварювальний дріт діаметром 0,5–1,4 мм. Дріт діаметром 1,4–4 мм застосовують переважно для зварювання в нижньому положенні, зокрема при роботі з деталями середньої товщини та для усунення дефектів литих виробів.

Для зварювання киплячих і спокійних низьковуглецевих сталей у середовищі вуглекислого газу з метою забезпечення належних механічних властивостей шва та його стійкості до кристалізаційних тріщин і пор застосовують дроти Св-08ГС або Св-08Г2С, леговані кремнієм і марганцем. Їх використання особливо рекомендоване при вмісті вуглецю, близькому до верхньої межі (0,21–0,25%).

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Напіваавтоматичне зварювання у середовищі вуглекислого газу може виконуватись у будь-якому просторовому положенні, що сприяє його широкому впровадженню замість ручного дугового та напіваавтоматичного зварювання під флюсом. Його популярність пояснюється вищою продуктивністю, покращеними умовами праці та зниженими вимогами до кваліфікації персоналу. У порівнянні зі зварюванням під флюсом, додатковими перевагами є можливість візуального контролю положення електрода, відсутність потреби в підтримці флюсу та універсальність щодо положення шва.

Зварювання в захисних газах (рис. 2.1) набуло широкого поширення в промисловості та будівельно-монтажних роботах. Його суть полягає в подачі струменя газу через сопло пальника в зону дуги, що горить між виробом і електродом (плавким або неплавким). Газ витісняє повітря, захищаючи розплавлений метал від шкідливого впливу кисню та азоту. У деяких випадках процес проводять у герметичних камерах, заповнених інертним середовищем. Для захисту використовують: інертні гази (аргон, гелій) – не реагують з металом і застосовуються для зварювання хімічно активних матеріалів або коли необхідно отримати шви, однорідні за складом з основним і присадним металом; активні гази (CO_2 , водень, азот, водяна пара та їхні суміші – аргон з киснем, азотом або CO_2 , CO_2 з киснем) – частково взаємодіють з металом і використовуються, коли властивості шва формуються за рахунок металургійної обробки, наприклад, окислення чи відновлення.

Зварювальний дріт діаметром 1–2 мм подається до виробу механічно через спеціальний шланг, відомий як рукав, тоді як переміщення дуги в захисному газі здійснюється вручну.

Основні переваги зварювання в захисних газах:

- підвищена продуктивність – у 1,5–2 рази вища порівняно з ручним дуговим зварюванням (РДЗ);

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- універсальність – можливість виконання швів у будь-якому просторовому положенні;
- надійний захист зони зварювання;
- економічність витрат матеріалу – мінімальне розбризкування та низькі втрати дроту (1–3% проти 5% у РДЗ);
- зварювання без підготовки кромки – можливість роботи з металом великої товщини;
- локалізоване нагрівання – зменшення зони термічного впливу (ЗТВ);
- високий потенціал автоматизації.

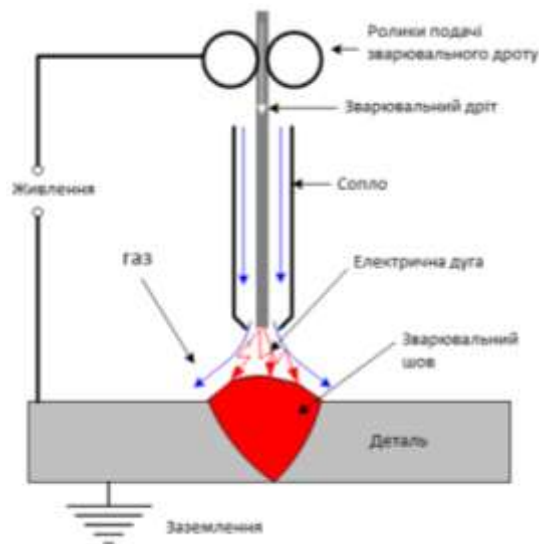


Рисунок 2.1 – Схема напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів

Основні недоліки:

- складність оснащення – потреба у більшому обсязі обладнання порівняно з РДЗ;
- чутливість до параметрів – якість шва залежить від точно підбраного режиму;
- вимоги до умов роботи – необхідність захисту зони зварювання від вітру;

- особливості експлуатації газу – строгі вимоги до зберігання балонів і чистоти газу;

- фінансові витрати – вища вартість обладнання та обслуговування.

Отже, з урахуванням особливостей різних способів зварювання, а також технологічних вимог до з'єднання маловуглецевих сталей, для виготовлення рами тривісного причепа доцільно застосовувати напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів – суміші 75% аргону та 25% вуглекислого газу.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

У зварювальних роботах найчастіше як присадний матеріал використовують дріт, виготовлений методом гарячого прокатування або волочіння після прокатки. На основі марок сталевих дроту розроблено державний стандарт, який визначає хімічний склад 77 типів зварювального дроту. Документ регламентує лише хімічний склад і геометричні параметри, оскільки механічні властивості металу шва залежать від комплексу технологічних чинників.

Вибір зварювального матеріалу залежить від необхідності отримання якісного металу шва, який за своїми властивостями відповідає експлуатаційним вимогам конструкції.

Під час зварювання маловуглецевих сталей найчастіше використовують кремне-марганцеві електродні дроти марок Св-08Г2С і Св-08ГС, які сприяють отриманню швів без пор і з мінімальним вмістом оксидних включень. Метал шва при цьому містить приблизно 0,12–0,14% вуглецю, не менше 0,17–0,20% кремнію та 0,5–0,8% марганцю. Такий склад забезпечує високу якість з'єднання, низьку схильність до утворення гарячих тріщин і добрі механічні характеристики.

При зварюванні низьковуглецевих сталей дротом Св-08Г2С вміст оксидних включень у металі шва становить 0,009%, тоді як при використанні

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

дроту Св-08Г2С – 0,014%. Нижчий рівень забрудненості у випадку Св-08Г2С пояснюється оптимальним вмістом кремнію (0,23%) і марганцю (0,72%), що сприяє утворенню продуктів окислення у формі рідких силікатів, які легше виводяться із зони зварювання.

Хімічний склад зварювального дроту приведений в таблиці 2.1.

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

Отже, для зварювання рами застосовується суцільний зварювальний дріт марки Св-08Г2С діаметром 1,6 мм. Він придатний для роботи в усіх просторових положеннях, забезпечує якісне розкислення наплавленого металу завдяки оптимальному вмісту кремнію та марганцю, а також формує шов із високими міцнісними та пластичними характеристиками.

Для захисту розплавленого металу під час зварювання застосовують газову суміш, що складається з 75% аргону та 25% вуглекислого газу. Такий склад забезпечує дрібнокрапельне перенесення електродного металу. Вуглекислий газ підсилює глибину проплавлення, сприяючи формуванню пологого профілю шва, тоді як аргон стабілізує горіння дуги, зменшує розбризкування та покращує якість формування зварного з'єднання.

Аргон класифікується за ступенем чистоти, що визначається вмістом домішок (кисню, азоту, водню), на такі сорти:

- газоподібний і рідкий аргон для зварювання та плазмового різання: вищий сорт – не менше 99,992% Ar, перший сорт – 99,987% Ar;
- аргон високої чистоти – рідкий першого сорту – 99,998% Ar, рідкий другого сорту – 99,995% Ar, газоподібний – 99,995% Ar.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Аргон класифікується за ступенем чистоти, що визначається вмістом домішок (кисню, азоту, водню). Вищий сорт (не менше 99,992%) застосовується для зварювання титанових, цирконієвих, молібденових та інших активних металів, а також відповідальних виробів із нержавіючої сталі. Перший сорт (99,987%) використовують для алюмінієвих і магнієвих сплавів, а другий (99,995%) – для чистого алюмінію, нержавіючих і жароміцних матеріалів.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

На формування розмірів і властивостей шва та зварного з'єднання впливає низка факторів, серед яких: сила струму, напруга, швидкість зварювання, а також геометричні параметри й хімічний склад основного металу. Їхній вплив може бути різним залежно від умов процесу.

Під час вибору режиму зварювання необхідно встановити такі параметри, які забезпечать отримання швів заданої форми, розмірів і якості. У механізованому зварюванні в захисному газовому середовищі ключовими чинниками, що впливають на геометрію та структуру шва, є: сила та густина зварювального струму, напруга дуги, швидкість подачі дроту, тип струму та його полярність.

Розрахунок режиму зварювання швів таврових з'єднань із певним наближенням можна виконувати за аналогією зі стиковими з'єднаннями, що мають кут розроблення кромки $\alpha = 90^\circ$. Однак при виборі параметрів для кутових швів слід враховувати особливості їх формування. Зокрема, при створенні плоского шва його ширина повинна відповідати горизонтальній відстані між зварюваними деталями (рис. 2.2). Перевищення цієї ширини призводить до утворення підрізів. Коефіцієнт форми шва ($\psi = e/H$), тобто співвідношення ширини до висоти, має бути не менше 2. Надто вузькі й глибокі шви з низьким коефіцієнтом форми схильні до утворення гарячих тріщин через несприятливі умови кристалізації.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

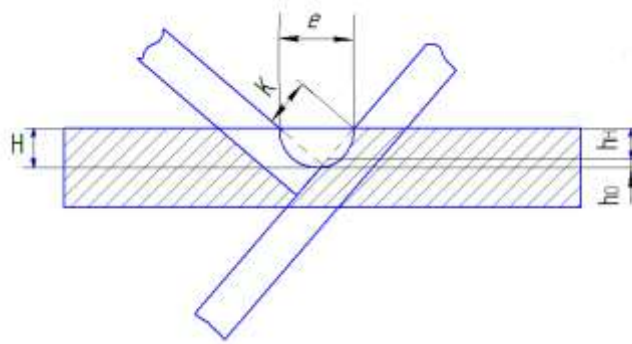


Рисунок 2.2 – Схема таврового з'єднання

l – ширина шва; K – катет шва; H – загальна висота шва; h_n – висота наплавленого металу; h_o – глибина проплавлення основного металу.

При виготовленні рами використовуються таврові і напусткові з'єднання з катетами кутових швів 4 і 5 мм.

Проводимо розрахунок параметрів режиму для кутового шва з катетом 4 мм.

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

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

де K – катет шва, $K=4$ мм,

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо загальну висоту шва H за формулою [3, с.196]:

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

Тоді:

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

попередньо вибравши значення ψ_m , яке знаходиться в інтервалі величин 0,8 - 2,0 мм [3,с.196], приймаємо $\psi_m=1,25$.

Отже:

$$H = 7,07 \text{ мм.}$$

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

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

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

$$h_0 = 7,07 - 2,8284 = 4,24 \text{ мм.}$$

Для зварювання виробу із маловуглецевої сталі з катетом 4 мм, вибираємо електродний дріт діаметром 1,6 мм.

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,75$ [3, с.193].

$$I_{зв} = \frac{4,24}{1,75} \cdot 100 = 242,2 \quad I_{зв} \approx 240 \quad \text{А.}$$

Отже, приймаємо силу зварювального струму 240 А.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [4,с.212]:

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=12$ г/А×год [4, с.212];

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

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

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,6^2}{4} = 2 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{н.д.} = \frac{12 \cdot 10^{-3} \cdot 240}{2 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 184,41 \quad \text{м/год.}$$

Швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=184$ м/год.

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

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 240}{1000 \cdot \sqrt{1,6}} \pm 1 = 29 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо $U_{\partial}=29$ В.

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

$$V_{36} = \frac{A}{I_{36}}, \quad (2.10)$$

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 1,6$ мм – $A = 6 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{мм} / \text{год}$ [3, с.194]:

$$V_{36} = \frac{6 \cdot 10^3}{240} = 25 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{36}=25$ м/год.

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

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

де γ – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1,6 мм $\gamma=75\dots300 \text{ А/мм}^2$ [3, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{240}{110}} = 1.67 \quad \text{мм,}$$

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_{\partial}=15$ мм [5, с.103].

Витрати захисного газу $Q_{\Gamma} = 10$ л/хв [5, с.105].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

П А Р А М Е Т Р			Значення
Назва	Символ	Одиниці вимірювання	
Сила зварювального струму	$I_{зв}$	А	240
Напруга на дузі	U_d	В	29
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,6
Виліт електрода	l_d	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	25
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	184
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	10

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Для досягнення стабільної якості зварного з'єднання по всій довжині шва, зварювальне обладнання повинно забезпечувати виконання таких ключових функцій:

- а) подачу зварювального струму до електродного дроту та виробу;
- б) нагрівання електродного матеріалу і крайок зварюваних деталей;
- в) плавлення та подачу електродного металу в зварювальну ванну з відповідною швидкістю;
- г) захист зони зварювання від атмосферного впливу, зокрема кисню та азоту.

Сучасне електрозварювальне устаткування активно базується на принципах уніфікації та агрегування, що дає змогу створювати багатофункціональні агрегати з обмеженої кількості стандартних елементів. Такий підхід забезпечує значний економічний ефект на всіх етапах – від розробки і виробництва до експлуатації та технічного обслуговування.

Напівавтомати для дугового зварювання вирізняються високими експлуатаційними характеристиками завдяки використанню тонкого зварювального дроту (діаметром до 2,5 мм) при значній густині струму – до 200 А/мм². Інтенсивне саморегулювання режиму горіння дуги дозволяє ефективно компенсувати коливання довжини дугового проміжку, що виникають при ручному переміщенні зварювальної головки вздовж стику. У таких умовах швидкість подачі дроту узгоджується з обраним режимом зварювання і залишається стабільною протягом усього процесу формування шва.

Залежно від розташування механізму подачі дроту, напівавтомати поділяються на тягнучого та штовхаючого типу. Для зварювання в середовищі вуглекислого газу найчастіше застосовують моделі ПДГ-302, ПДГ-306, ПДГ-312, ПДГ-502, ПДГ-508 та інші. Основне завдання полягає у виборі найбільш доцільного варіанта з урахуванням конкретних виробничих умов і вимог до зварного з'єднання.

Найкращим в нашому випадку для зварювання сталі марки СтЗсп на струмі $I_{зв} = 240$ А, $d_{е.д.} = 1,6$ мм, який задовольняє всі вимоги є напівавтоматом типу КП 017 (рис. 2.3) та випрямляч типу КІГ-401 (рис. 2.4).



Рисунок 2.3 - Загальний вигляд напівавтомату КП 017 (КЗЕЗУ) [6]

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31



Рисунок 2.4 – Вигляд джерела живлення КІГ-401 (КЗЕЗУ) [7]

Сучасні напівавтомати для дугового зварювання вирізняються широкими можливостями налаштування режимів, що дозволяє ефективно працювати на постійному струмі в середовищі захисного газу. Вони забезпечують зварювання суцільним або порошковим дротом низьколегованих, легованих і нержавіючих сталей у будь-якому просторовому положенні.

КП 017 – це дротоподавальний механізм, змонтований у компактному закритому корпусі, який включає касету для зварювального дроту, органи керування та відсікач газу. Підключення мундштука здійснюється через штепсельний або євророз'єм (два варіанти виконання). Посадкове місце розмотувального механізму адаптоване під єврокасету діаметром 200 мм, що вміщує до 5 кг дроту. У системі подачі використано електропривід потужністю 100 Вт із редуктором та універсальним протяжним вузлом з однією парою роликів із зубчастим зачепленням, що забезпечує стабільну подачу як суцільного, так і порошкового дроту.

Напівавтомати серії КП характеризуються такими функціональними можливостями:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- плавне налаштування зварювальних параметрів – швидкості подачі дроту та напруги;
- захист електроприводу подачі дроту від перевантажень;
- стабільна подача дроту завдяки системі регулювання швидкості;
- автоматичне керування газовим трактом, джерелом живлення та механізмом подачі через кнопку на мундштуці;
- гальмівна система в касеті, яка запобігає інерційному розмотуванню дроту після зупинки двигуна.

Таблиця 2.3 - Технічна характеристика напівавтомату КП 017 [6]

Номінальна напруга живильної мережі, В	380
Частота струму живильної мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм при ПВ=60 і циклі зварювання 5 хв., А	630
Межі регулювання зварювального струму, А	100 - 630
Межі регулювання напруги на дузі, В	18 - 38
Регулювання напруги на дузі	плавне
Діаметр електродного дроту, мм:	
- суцільний	1,2 - 2,0
- порошкової	1,2 - 3,2
Межі регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/ч	120 - 1200
Регулювання швидкості подачі електродного дроту	плавне
Маса, кг.:	
- механізму подачі дроту	11
- електродного дроту	15
Габаритні розміри, мм: - механізму подачі дроту	555x260x320

Джерелом живлення напівавтомата КП 017 є діодний зварювальний випрямляч КІГ-401. Він оснащений ступінчастим регулюванням струму та характеризується жорсткою вольт-амперною характеристикою. Пристрій призначений для механізованого зварювання в середовищі захисного газу у складі напівавтоматичних систем. Технічні параметри наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічна характеристика КІГ-401 [7]

Номінальна напруга, В	380
Частота мережі, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А	
- ПВ=100%	315
- ПВ=80%	400
Межі регулювання зварювальн. струму, А	40-450
Межі регулювання робочої напруги, В	40 ступенів, 16-37
Первинна потужність, кВА	28
Напруга холостого ходу, В	50
Маса, кг	190
Габаритні розміри, мм	745×520×755

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості продукції – це процес перевірки її відповідності встановленим вимогам, що визначаються нормативними документами, такими як стандарти, технічні умови та інші регламенти.

Контроль якості на різних етапах виробництва поділяється на:

а) вхідний контроль – здійснюється споживачем і охоплює перевірку основних та зварювальних матеріалів, комплектуючих і вузлів виробу. Його мета – запобігти дефектам, спричиненим помилками постачальника, отримати

достовірну інформацію про якість поставлених матеріалів і, за потреби, висунути додаткові вимоги.

б) приймальний контроль – проводиться після завершення всіх технологічних операцій з виготовлення конструкції. На основі його результатів приймається рішення щодо придатності виробу до експлуатації. Цей етап є найвідповідальнішим у всьому процесі контролю якості зварного з'єднання.

Найбільш доступним методом приймального контролю зварних з'єднань є зовнішній огляд. Він дозволяє оцінити якість підготовки та складання заготовок, а також готових швів. Цей спосіб застосовується для всіх з'єднань, незалежно від використання додаткових засобів контролю, і часто виявляється достатньо інформативним. Завдяки простоті та оперативності, зовнішній огляд є найекономічнішим методом. Лише після його проведення та усунення виявлених дефектів переходять до фізичних методів контролю, що дозволяють виявити внутрішні порушення структури.

Ультразвукові методи неруйнівного контролю набули широкого застосування завдяки своїй ефективності та універсальності. Вони базуються на аналізі параметрів акустичних коливань і хвиль, що виникають або збурюються в контрольованому об'єкті. Залежно від завдання, застосовуються різні типи хвиль, широкий спектр робочих частот, а також неперервний і імпульсний режими. Різноманіття способів генерації та приймання сигналів, а також великий вибір п'єзоелектричних і магнітострикційних матеріалів для акустичних перетворювачів забезпечують гнучкість і адаптивність методу до різних умов контролю.

Під час контролю кутових швів найефективніше застосовувати введення ультразвукових коливань через основний метал привареного листа (рис. 2.5). Така схема дозволяє виявити всі внутрішні дефекти в кутових і таврових з'єднаннях при мінімальній кількості хибних сигналів, які виникають через

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

відбиття хвиль від нерівностей валика підсилення. Відрізнити їх від справжніх дефектів можна за часом повернення сигналу.

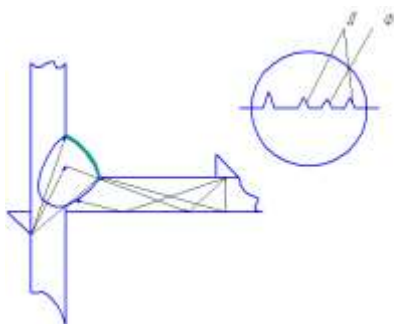


Рисунок 2.5 – Схема ультразвукового контролю таврових з'єднань ехо-методом

Д – ехосигнал від дефекта; Ф – фальшивий ехосигнал

Щоб досягти належної чутливості під час контролю, зварне з'єднання повинно бути дефектоскопічним – тобто придатним для перевірки. Це поняття охоплює доступ до зони контролю, якість поверхні, особливості металевої структури та здатність виявляти типові дефекти.

Якість зварного з'єднання за результатами ультразвукового контролю оцінюють відповідно до вимог технічних умов, обраних для конкретного випадку. При цьому враховують не лише форму та орієнтацію дефектів, а й їхнє розташування в перерізі шва, умовну відстань між ними та кількість на заданій довжині. Контроль здійснюється з параметрами: частота – 5 МГц, кут введення – 55°.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Виготовлення рами тракторного тривісного причепа передбачає послідовне виконання таких основних етапів: заготовлення матеріалів,

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

складання конструкції, зварювання, опорядження, допоміжні роботи та контроль якості.

2.6.1 Заготівельні операції

Процес виготовлення заготовок для вузлів рами включає такі основні етапи:

- а) вирівнювання матеріалу;
- б) нанесення розмітки;
- в) розрізання заготовок;
- г) гнуття (за необхідності);
- д) очищення поверхні після зварювання.

Правлення металу може виконуватися як на спеціалізованому, так і на універсальному обладнанні. Вибір конкретного технологічного процесу та типу устаткування залежить від ряду факторів, зокрема типу виробництва (серійного, одиничного тощо) і особливостей наступних етапів обробки, складання та зварювання. Для вирівнювання металевих напівфабрикатів зазвичай використовують три основні види машин: роликові листо- та сортоправильні, ротаційні з косо розташованими валками – для прутків і труб, а також преси з механічним або гідравлічним приводом і розтяжні установки.

Для вирівнювання листового матеріалу невеликої товщини – таких як листи, штаби та стрічки – застосовують багатовалкові листоправильні машини. Металопрокат дрібних і середніх профілів обробляється на багатороликових сортоправильних установках.

Правильні преси здебільшого використовуються для вирівнювання великосортного прокату – круглого, квадратного та інших профілів, а також масивних балок, швелерів і труб діаметром понад 300 мм. Загальну кривизну довгомірних виробів усувають шляхом локальних перегинів уздовж їхньої довжини. У деяких випадках на малопотужних пресах здійснюють правлення дрібносортного металопрокату.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Холодне вирівнювання товстих листів і штаб проводиться на спеціалізованих гідравлічних листопрямильних пресах. Для обробки матеріалів зі спеціальних сталей, сплавів, а також кольорових металів використовують правильно-розтяжні машини. Разом із ротаційними косовалковими установками вони ефективно застосовуються для правлення пресованих труб і прутків різних профілів – як простих, так і складних.

У процесі виготовлення рами причепа застосовуються багатовалкові листопрямильні машини та правильні преси.

Листопрямильні машини призначені для вирівнювання металевих листів у гарячому або холодному стані. Тонколистову сталь зазвичай обробляють у холодному стані на багатовалкових машинах з 9–17 валками, а в окремих випадках – з 19–29. Листи товщиною близько 4 мм виправляють на дев'яти- або одинадцятивалкових установках. За конфігурацією валків машини поділяються на два типи: з паралельними рядами валків – крайні елементи регулюються окремо; з непаралельними рядами – валки розташовані під кутом, що забезпечує поступове зменшення кривизни листа в напрямку до вихідного валка. У обох типах валки формують два ряди, розміщені в шаховому порядку, що забезпечує багаторазовий вигин листа в протилежні боки та ефективне вирівнювання. Залежно від ступеня викривлення, правлення може здійснюватися за один або кілька проходів. У машинах першого типу прогин регулюється вертикальним переміщенням валків одного ряду відповідно до товщини листа. У машинах другого типу передбачено подвійне регулювання – за висотою і кутом нахилу, що дозволяє досягти кривизни, близької до пружного вигину. Машини з непаралельними рядами валків найчастіше використовуються для правлення тонких листів товщиною до 6 мм.

Послідовність технологічного процесу правлення листового металу:

- 1) лист укладається на ролики подавального рольгангу;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

2) залежно від його товщини, попередньо налаштовується положення верхніх валків щодо нижніх;

3) матеріал подається в правильну машину за допомогою рольгангу, а далі переміщується завдяки обертанню нижніх валків;

4) після проходження через валкову систему лист потрапляє на приймальний рольганг;

5) якщо після першого проходу залишаються деформації, лист пропускають повторно – у зворотному напрямку;

6) для сильно викривлених заготовок допускається 3–4 проходи через машину;

7) після завершення правлення лист направляється на штабелювання або передається на наступний етап обробки.

Окрім вирівнювання листового металопрокату на листопрямильних вальцах, також усувається серповидність сталі, здійснюється правлення тонких листів – зокрема пакетне (тобто одночасна обробка кількох листів), а також розмотування і вирівнювання рулонної листової сталі.

Вирівнювання профільного прокату здійснюється на роликівих машинах типу RR2S (рис. 2.6), які функціонують за аналогічним принципом, як і листопрямильні установки.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд роликівих машини RR2S

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індивідуальне розмічування є трудомістким процесом, тоді як намічування забезпечує вищу продуктивність. Проте виготовлення спеціальних шаблонів для нього часто економічно недоцільне. Тому розмітку виконують оптичним методом – без використання шаблонів, безпосередньо за кресленням, яке проектується на поверхню деталі.

Різання металу здійснюється на гільйотинних ножицях типу CNC HVR. На цьому обладнанні виконуються такі операції: контурне обрізання листів, поздовжнє обрізання крайок, розпускання на штаби, поперечне різання, торцювання, нарізання мірних заготовок, а також поздовжнє розрізання кутників.

Під час роботи гільйотинних ножиць сколювання металу відбувається поступово – у міру опускання верхнього ножа вздовж лінії різі. Щоб зменшити тертя між вертикальною ріжучою площиною верхнього ножа та металом, у конструкції верхнього і нижнього ножів передбачені спеціальні пази. Ножі з пазами мають перевагу над похилими, оскільки дозволяють використовувати всі чотири ріжучі крайки – шляхом повороту при затупленні. Заміна здійснюється лише після зношення всіх крайок, що значно подовжує термін служби. Крім того, площа шліфування таких ножів набагато менша порівняно з похилими, що робить їх обслуговування більш економічним.

Конструкція гільйотинних ножиць (рис. 2.7) включає станину, робочий стіл, притиски та два ножі. У бічних напрямних станини переміщується повзун, який несе верхній ніж, закріплений під нахилом. Нижній ніж встановлений нерухомо на станині. Листовий метал розміщується на столі, де фіксується притисками. Для обробки довгомірних листів передбачена спеціальна підставка, що забезпечує їх стійке положення під час різання.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Рисунок 2.7 - Гільйотинні універсальні гідравлічні листові ножиці CNC HVR

2.6.2 Складальні операції

Послідовність складання рами в кондукторі:

1. Встановити дишло у вилки кондуктора та зафіксувати.
2. Розмістити лонжерон у вилки та боковини дишла, закріпити пневмофіксатором по отвору.
3. Притиснути бокові листи дишла до лонжеронів за допомогою кліщових пневмотискачів.
4. Закріпити лонжерони пневмопритискачами.
5. Встановити відображувач на опори та притиснути.
6. Зафіксувати щиток відповідно до положення пневмопритискача.
7. Встановити кутник у вилки, закріпити з'ємним фіксатором і притиснути.
8. Розмістити балку у вилки по відкидному фіксатору.
9. Встановити опору на лонжерони та притиснути.
10. Зафіксувати балку у вилки по двох отворах.
11. Притиснути та закріпити балки пневмопритискачами.
12. Встановити дві пластини в пази кондуктора, закріпити гвинтовими притискачами.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

13. Розмістити ще дві пластини по місцю та зафіксувати.
14. Встановити накладки та притиснути пневмопритискачами.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Послідовність зварювання рами в кондукторі:

1. Прихопити лонжерони до дишла – по чотирьох точках кожен.
2. Закріпити щиток до лонжеронів – трьома прихоплюваннями з кожного боку.
3. Прихопити кутник до лонжеронів – по дві точки.
4. Послідовно прихопити балки, опору та додаткові балки – по чотири прихоплювання до лонжеронів.
5. З'єднати балку з опорою та іншою балкою – двома прихоплюваннями.
6. Прихопити дві пластини до лонжеронів – по дві точки на кожну.
7. Закріпити накладки до дишла – шістьма прихоплюваннями кожну.
8. Виконати зварювання всіх попередньо прихоплених швів у доступних місцях.
9. Демонтувати фіксатори – відкидні та з'ємні.
10. Від'єднати притискачі та пневмопритискачі.
11. Підняти раму за допомогою пневмопритискачів.
12. Зняти раму з кондуктора за допомогою мостового крана.

2.6.4 Опоряджувальні операції

До завершальних операцій належать зачищення швів від бризок металу, термічна обробка зварних з'єднань, вирівнювання виробу та фарбування.

Очищення швів від металевих бризок виконується одразу після зварювання за допомогою механізованого інструменту.

Правлення виробу здійснюється за потреби після зовнішнього огляду та контролю якості.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

2.6.5 Допоміжні операції

До категорії допоміжних робіт належать операції з використанням кранів, транспортно-підіймальні та перевантажувальні дії, а також налагодження зварювального й іншого виробничого обладнання. Сюди ж входить комплектування деталей і організація розподілу робіт.

Перед стартом зварювальних робіт здійснюється налаштування обладнання: задаються оптимальні параметри режиму зварювання та коригується витрата захисного газу.

Під час виконання перевантажувальних та підіймально-транспортних робіт здійснюється доставка заготовок до робочої зони, монтаж деталей у кондуктор, а також транспортування готової продукції на склад.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють комплекс заходів на всіх стадіях виготовлення зварної конструкції. До них належать:

- а) перевірка вхідних матеріалів, призначених для зварювання;
- б) оцінка якості самих зварювальних матеріалів;
- в) контроль виконання заготівельних, складальних і зварювальних процесів;
- г) перевірка зварних з'єднань та готової продукції.

Контроль готової продукції здійснюється шляхом візуального огляду. Під час перевірки оцінюють форму та розміри зварних швів, їх відповідність кресленням, а також виявляють зовнішні дефекти й можливі деформації виробу.

Виявлення внутрішніх дефектів у зварних швах здійснюється за допомогою ультразвукової дефектоскопії, зокрема ехо-імпульсного методу.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться з метою визначення їх необхідної кількості для виготовлення зварних конструкцій, а також для забезпечення економного та раціонального використання ресурсів у зварювальному виробництві промислових і будівельних підприємств. Основні положення щодо нормування витрат і втрат 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» [8].

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

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

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

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

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, $I_{зв} = 240$ А;

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш} = 6,5$ м.

Отже:

$$Q_n = 12 \cdot 240 \cdot 6,5 \cdot 10^{-3} = 18,72 \quad \text{кг.}$$

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

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 18,72 \cdot 0,7 = 13,1 \quad \text{кг},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 18,75 \cdot 0,5 = 9,375 \quad \text{кг}.$$

Отже:

$$H_{el} = 13,1 + 9,375 = 22,475 \quad \text{кг}.$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [8, 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, $K_z=0,85 \dots 0,9$;

$$H_z = 13,1 \cdot 0,9 = 11,79 \quad \text{л / хв.}$$

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, %;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$E = \frac{29}{12 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 3,58 \quad \kappa Bm.$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,3$ год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 29 \cdot 240 \cdot 0,3}{0,9 \cdot 0,75} = 30,93 \quad \kappa Bm \cdot год.$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій необхідно здійснити точне складання деталей виробу – тобто їх правильне розміщення та надійне закріплення. У зварювальному виробництві для цього застосовується спеціалізоване складальне обладнання, яке залежно від призначення поділяється на складальне та складально-зварювальне. На складальному обладнанні процес складання завершується прихоплюванням елементів. У свою чергу, складально-зварювальне обладнання дозволяє не лише виконувати складання, а й здійснювати повне або часткове зварювання, а за потреби – витримку виробу після зварювання для зменшення деформацій. Зварювальні роботи можуть проводитися як після прихоплювання, так і без нього.

Тип і конструкція обладнання (складальне або складально-зварювальне) визначаються технологічним процесом, який залежить від форми, розмірів, точності виробу, типу виробництва, обсягу програми, доступних площ, завантаження робочих зон, способу зварювання та інших чинників. Складально-зварювальне обладнання застосовують у випадках, коли розділення складання і зварювання на окремі ділянки є неефективним. Якість виробу підвищується, якщо зварювання виконується одразу після складання без проміжного транспортування. Для виробів із тонколистових матеріалів, де прихоплювання неможливе, використання складально-зварювального обладнання є обов'язковим. Переміщення виробу між різними пристосуваннями збільшує тривалість виробничого циклу та трудові витрати. На зварювальних пристосуваннях виконується остаточне зварювання попередньо прихоплених елементів.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір і розробка пристосувань є важливою складовою технологічної підготовки виробництва. Проектування нових або модернізація наявних пристосувань здійснюється на основі таких чинників:

- аналіз креслень і технічних вимог до зварної конструкції. Часто при проектуванні зварних виробів питання технологічності залишаються поза увагою конструктора. Тому при розробці технологічного процесу та виборі пристосування необхідно оцінити технологічність конструкції, зокрема форму деталей, точність виготовлення заготовок і стан їх поверхонь;

- опрацювання технологічного процесу виготовлення. Ефективна послідовність складання та зварювання повинна бути розроблена на рівні маршрутної або детальної технологічної карти й уважно проаналізована конструктором пристосування;

- оцінка виробничої програми. Враховується складність пристосування, а також доцільність його оснащення засобами механізації чи автоматизації залежно від обсягів випуску.

Отже, тип пристосування визначається способом зварювання та складання, особливостями конструкції виробу, матеріалом і формою деталей, вимогами до точності, якості виконання робіт, а також рівнем необхідної продуктивності.

Важливо враховувати потребу в суттєвому зниженні трудомісткості складальних і допоміжних операцій, забезпеченні стабільної якості продукції та покращенні умов праці для робітників. У серійному й масовому виробництві перевагу надають механізованим високошвидкісним пристосуванням, які працюють за рахунок енергії повітря, рідини або електрики, а не фізичних зусиль людини. У таких умовах працівник виконує лише функції керування обладнанням, а також завантаження і вивантаження виробів – у випадках, коли повна механізація або автоматизація є технічно складною чи економічно недоцільною.

Вибір конкретного пристосування з-поміж доступних варіантів здійснюється шляхом техніко-економічного аналізу. Зазвичай обирають той,

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що є найоптимальнішим з технічної точки зору та найбільш вигідним економічно.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань, що застосовуються під час виготовлення рами тривісного причепа, забезпечують правильну послідовність виконання складально-зварювальних операцій. Елементи конструкції розміщуються в пристосуванні, орієнтуються за упорами й фіксаторами, після чого надійно закріплюються притискачами.

Опори пристосувань поділяються на основні та допоміжні. Основні визначають просторове положення деталі та закріплюються в корпусі пристосування. Допоміжні забезпечують додаткову стійкість, особливо коли існує ризик перекидання деталі. У складально-зварювальних пристосуваннях основними опорами зазвичай слугують штирі. Великогабаритні елементи з обробленими базовими поверхнями розміщують на пластинах. Регульовані гвинтові опори можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних. При цьому допоміжні опори не впливають на точність базування.

Упори призначені для фіксації деталей по їхніх бічних поверхнях. По контуру елемента зазвичай встановлюють планки або ребра. Залежно від конструкції, упори можуть бути постійними, відкидними, відвідними чи знімними, а їх базова поверхня – рельєфною, сферичною або плоскою. Постійні упори закріплюються на корпусі пристосування за допомогою гвинтів або шляхом зварювання. Для підвищення зносостійкості їх робочі поверхні обробляють термічно або зміцнюють наплавленням.

Доцільно, щоб упори одночасно виконували функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори використовують у випадках, коли конструкція виробу ускладнює його зняття після прихоплювання або зварювання. Робоча частина упора повинна мати довжину не менше подвійної товщини стінки деталі, яку фіксують.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для формування базових поверхонь пристосувань і точного розміщення деталей застосовують постійні упори, які одночасно виконують функцію опорної бази. Вони закріплюються на корпусі складально-зварювального обладнання за допомогою гвинтів або зварювання. Крім того, використовуються регульовані упори, що забезпечують додаткову гнучкість у налаштуванні.

Щоб забезпечити високу якість зварних конструкцій, необхідно точно та надійно зібрати деталі виробу – тобто правильно їх розмістити відносно одне одного і закріпити.

Складання зварного виробу включає низку послідовних операцій. Спочатку деталі, що входять до складу виробу або зварного вузла, доставляються до місця складання. Далі їх розміщують у складальному пристосуванні відповідно до проектного положення, де вони фіксуються, після чого виконується зварювання. Транспортування та встановлення деталей у потрібне положення здійснюється за допомогою універсального або спеціалізованого транспортного обладнання. Орієнтація елементів при складанні забезпечується установчими компонентами пристосування або сусідніми деталями, а фіксація – затискними механізмами.

У конструкції розроблених пристосувань застосовуються пневматичні притискачі, різноманітні типи упорів і призми. Головна функція складального обладнання в зварювальному виробництві полягає у точному позиціюванні та надійному закріпленні деталей, що підлягають зварюванню.

Конструктивна схема пристосувань, що застосовується під час виготовлення рами, гарантує правильну послідовність виконання складально-зварювальних операцій. Деталі доставляються до пристосування транспортними засобами, орієнтуються за упорами та фіксаторами, після чого надійно фіксуються затискними елементами.

На першому етапі здійснюється складання та зварювання окремих технологічних вузлів, що входять до складу рами. Для цього застосовуються спеціалізовані пристосування – кондуктори. Після виготовлення цих вузлів

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться остаточне складання та зварювання рами як єдиного виробу.

У зв'язку з великими розмірами конструкції, процес складання та зварювання здійснюється поетапно – шляхом поступового приєднання окремих елементів. Такий підхід сприяє зручності виконання зварних швів і полегшує проведення контролю після кожної операції.

Поетапне виконання складальних і зварювальних операцій сприяє ефективному використанню високопродуктивного зварювального обладнання. Однак при недостатній жорсткості окремих вузлів це може спричинити деформації. За потреби, у процесі складання або після зварювання виконують коригувальні (правильні) роботи для відновлення геометричної точності конструкції.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
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 тракторного тривісного причепа

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габаритні розміри виробу	мм	5335x990x665	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат СтЗсп	кг	3850	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	4,31	
захисний газ (суміш Ar 75% +CO ₂ 25%)	кг	10,11	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	16	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь СтЗсп	грн	38,2	38,08
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	69	68
захисний газ (суміш Ar 75% +CO ₂ 25%)	грн	18,45	18,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	80	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення
рами тракторного тривісного причепа

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8
Правлення	$\frac{3}{П}$	Сортоправ. багатороликова машина RR2S	1812000	молоток	225	III	$\frac{2,5}{1,8}$
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка лінійка маркер	168 162 62	III	$\frac{2,6}{2,4}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Гільйотинні ножиці типу CNC HVR	1100000	окуляри	98	III	$\frac{2,4}{2,2}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліфувальна машина	6700	щітка дискова диск зачисн. окуляри	420 240 98	III	$\frac{1,6}{1,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Кондуктор складально-зварювальний	294400	молоток	225	IV	$\frac{3,1}{2,5}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Випрямляч КІГ-401, напівавтомат КІП017	60000			IV	$\frac{3,2}{2,6}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліфувальна машина	6700	щітка дискова молоток диск зачисн. окуляри	420 225 240 98	III	$\frac{2,4}{2,3}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Дефектоскоп ультразвуковий	343000	лупа	200	VI	1,8
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Таль електрична	78000			III	$\frac{1,6}{1,4}$

Штучна норма часу:

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

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 тракторного тривісного причепа 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.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

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

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.10]:

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

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=0,6$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 1500$ шт.

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні рами тракторного тривісного причепа:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,45 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,19 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,19 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,2 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 2,92 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для виконання правлення при виготовленні рами тракторного тривісного причепа:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,32 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1,8 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 2,39 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для очищування необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{1,6 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 2,13 \approx 2 \text{ шт,}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,5 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 1,99 \approx 2 \text{ шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,1 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 4,12 \approx 4 \text{ шт,}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,32 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,2 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 4,25 \approx 4 \text{ шт,}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,45 \approx 3 \text{ шт.}$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,19 \approx 3 \text{ шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,3 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 3,06 \approx 3 \text{ шт.}$$

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

$$n = \frac{1,8 \cdot 1500}{1882 \cdot 0,6} = 2,39 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [9, с.12]:

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 1500 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;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$n = \frac{1500 \cdot 2 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,6} = 1,9 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо дві електричних талі для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [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 $B_{np} = 1500 \text{ шт}$;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 0,6...0,7$.

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,6}{1850 \cdot 0,7} = 3,01 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,4}{1850 \cdot 0,7} = 2,78 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,4}{1850 \cdot 0,7} = 2,78 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,2}{1850 \cdot 0,7} = 2,55 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість правильників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,5}{1850 \cdot 0,7} = 2,9 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 1,8}{1850 \cdot 0,7} = 2,09 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання очищення:

- за заводським варіантом:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 1,6}{1850 \cdot 0,7} = 1,85 \approx 2 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 1,5}{1850 \cdot 0,7} = 1,74 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 3,1}{1850 \cdot 0,7} = 3,59 \approx 4 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,5}{1850 \cdot 0,7} = 2,9 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 3,2}{1850 \cdot 0,7} = 3,71 \approx 4 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,6}{1850 \cdot 0,7} = 3,01 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,4}{1850 \cdot 0,7} = 2,78 \approx 3 \text{ чол},$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 2,3}{1850 \cdot 0,7} = 2,66 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 1,8}{1850 \cdot 0,7} = 2,1 \approx 2 \text{ чол.}$$

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 2$ чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
правильники	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 ділянки	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			
З/П	Сталь Ст3сп			кг	38,2	38,08	16044	15993,6	24066000	23990400		
З/П	Зварювальний дріт Св-08Г2С			кг	69	68	297,39	293,08	446085	439620		
З/П	Зах. суміш – Ar 75% +CO ₂ 25%			кг	18,45	18,25	186,53	184,51	279794,25	276761,25		
Р- ом							16527,92	16471,19	24791879,25	24706781,25		
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		
З/П	5	1,91	1,9	802,2	799,68	1203300	1199520	80	80	120000	120000	
З/П	5	3,45	3,4	14,87	14,65	22304,25	21981					
З/П	5	0,92	0,91	9,33	9,23	13989,71	13838,06					
Р- ом		6,28	6,22	826,4	823,56	1239593,96	1235339,06	80	80	120000	120000	

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

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.18]:

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

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.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [9, с.18]:

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

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.18]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 21,5 \cdot 2,6 = 419,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 419,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 146,74 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 419,25 \cdot 0,4 = 167,7 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 21,5 \cdot 2,4 = 387 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 387 \cdot (0,2 + 0,15) = 135,45 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 387 \cdot 0,4 = 154,8 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 22,5 \cdot 2,4 = 405 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 405 \cdot (0,2 + 0,15) = 141,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 405 \cdot 0,4 = 162 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 22,5 \cdot 2,2 = 371,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 371,25 \cdot (0,2 + 0,15) = 87,59 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 371,25 \cdot 0,4 = 100,1 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці правильників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 8 \cdot 21,6 \cdot 2,5 = 432 \text{ грн};$$

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

$$З_{\text{по}} = 432 \cdot 0,4 = 172,8 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 8 \cdot 21,6 \cdot 1,8 = 311,04 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 311,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 108,86 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 311,04 \cdot 0,4 = 124,42 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 11 \cdot 23 \cdot 1,6 = 404,8 \text{ грн};$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{до} = 404,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 141,68 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 404,8 \cdot 0,4 = 161,92 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 11 \cdot 23 \cdot 1,5 = 379,5 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 379,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 132,83 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 379,5 \cdot 0,4 = 151,8 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,5 \cdot 22,7 \cdot 3,1 = 457,41 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 457,41 \cdot (0,2 + 0,15) = 160,09 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 457,41 \cdot 0,4 = 182,96 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,5 \cdot 22,7 \cdot 2,5 = 368,88 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 368,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 129,11 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 368,88 \cdot 0,4 = 147,55 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 6,5 \cdot 23,5 \cdot 3,2 = 488,8 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 488,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 171,08 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 488,8 \cdot 0,4 = 195,52 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,5 \cdot 23,5 \cdot 2,6 = 397,15 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 397,15 \cdot (0,2 + 0,15) = 139 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 397,15 \cdot 0,4 = 158,86 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 7 \cdot 24 \cdot 2,4 = 403,2 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 403,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 141,12 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 403,2 \cdot 0,4 = 161,28 \text{ грн};$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 24 \cdot 2,3 = 386,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 386,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 135,24 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 386,4 \cdot 0,4 = 154,56 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 9 \cdot 27,5 \cdot 1,8 = 445,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 445,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 155,93 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 445,5 \cdot 0,4 = 178,2 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 10,5 \cdot 24,5 \cdot 1,6 = 411,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 411,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 144,06 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 411,6 \cdot 0,4 = 164,64 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 10,5 \cdot 24,5 \cdot 1,4 = 360,15 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 360,15 \cdot (0,2 + 0,15) = 126,05 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 360,15 \cdot 0,4 = 144,06 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [9, с.19]:

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

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

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

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

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 2 \cdot 31,2 \cdot 1850 = 115440 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 115440 \cdot 0,35 = 40404 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 115440 \cdot 0,4 = 46176 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 31,2 \cdot 1850 = 115440 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 115440 \cdot 0,35 = 40404 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 115440 \cdot 0,4 = 46176 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 31,2 \cdot 1850 = 57720 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 57720 \cdot 0,35 = 20202 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 57720 \cdot 0,4 = 23088 \text{ грн.}$$

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.19]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

$$З_{оп} = 1 \cdot 8300 \cdot 12 = 99600 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 99600 \cdot 0,35 = 34860 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 99600 \cdot 0,4 = 39840 \text{ грн.}$$

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8123 \cdot 12 = 97476 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 97476 \cdot 0,35 = 34116,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 97476 \cdot 0,4 = 38990,4 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	318210,75	293733	111373,76	102806,55	127284,3	117493,2
різальники	307395	281778,75	107588,25	98622,56	122958	112711,5
правильники	327888	157386,24	114760,8	55085,18	131155,2	62954,5
очищувальники	204828,8	192027	71690,08	67209,45	81931,52	76810,8
складальники	462893,86	279976,13	162012,85	97991,64	185157,54	111990,45
зварювальники	494665,6	301436,85	173132,96	105502,9	197866,24	120574,74
зачищувальники	306028,8	293277,6	107110,08	102647,16	122411,52	117311,04
контролери	225423		78898,05		90169,2	
транспортувальники	208269,6	182235,9	72894,36	63782,57	83307,84	72894,36
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	115440		40404		46176	
ремонтники	115440		40404		46176	
електрики	57720		20202		23088	
ІТР	99600		34860		39840	
МОП	97476		34116,6		38990,4	
Разом	3341279,41	2692504,7	1169447,79	942532,66	1797903,96	1538572,39

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	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:	16527,92	16471,19
Сталь СтЗсп	16044	15993,6
зварювальний дріт Св-08Г2С	297,39	293,08
захисний газ (суміш – Ar 75% +CO ₂ 25%)	186,53	184,51
Поворотні відходи	80	
Паливо та енергія на технологічні цілі	193,96	193,38
Основна заробітна плата основних робітників	1903,74	1471,52
Додаткова заробітна плата основних робітників	666,31	515,03
Премії та надбавки основних робітників	761,49	588,61
Відрахування на соціальне страхування	46,64	36,05
Відрахування на медичне страхування	82,29	64,38
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	519,48	519,48
Цехові (дільничні) витрати	354,74	354,74
Всього цехова собівартість	20976,57	20134,38

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	11000	11000	550	550
правильне	3	2	1812000	1812000	90600	90600
очищувальне	2	2	6700	6700	335	335
складальне	4	3	294400	294400	14720	14720
зварювальне	4	3	60000	60000	3000	3000
зачищувальне	3	3	6700	6700	335	335
контрольне	2	2	343000	343000	17150	17150
транспортне	2	2	78000	78000	3900	3900
Інструменти:						
молоток	10	8	225	225	11,25	11,25
диск зачисний	5	5	240	240	12	12
щітка	5	5	420	420	21	21
рулетка	5	5	168	168	8,4	8,4
захисні окуляри	11	10	98	98	4,9	4,9
лінійка	5	5	162	162	8,1	8,1
маркер	9	8	62	62	3,1	3,1
лупа	2	2	200	200	10	10
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах., %	Річна сума амортиз. Відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будівлі та споруди	7381250	7381250	5	369062,5	369062,5	
Устаткування:						
різальне	33550	33550	8,5	2851,75	2851,75	
правильне	5526600	3714600	8,5	469761	315741	
очищувальне	13735	13735	8,5	1167,48	1167,48	
складальне	1192320	897920	7	83462,4	62854,4	
зварювальне	243000	183000	7,5	18225	13725	
зачищувальне	20435	20435	8,5	1736,98	1736,98	
контрольне	703150	703150	6,5	45704,75	45704,75	
транспортне	159900	159900	7,5	11992,5	11992,5	

Продовження таблиці 4.7

Інструменти:					
молоток	2261,25	1811,25	15	339,19	271,69
диск зачисний	1212	1212		181,8	181,8
щітка	2121	2121		318,15	318,15
рулетка	848,4	848,4		127,26	127,26
захисні окуляри	1082,9	984,9		162,44	147,74
лінійка	818,1	818,1		122,72	122,72
маркер	561,1	499,1		84,17	74,87
лупа	410	410		61,5	61,5
Разом	15283254,75	13116244,75		1005361,56	826142,06

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [9, с.27]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 35527,32$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 32600,71$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 20976,57$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 20134,38$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((35527,32 + 0,15 \cdot 20976,57) - (32600,71 + 0,15 \cdot 20134,38)) \cdot 1500 = \\ = 4579407,75 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [9,с.28]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн
($\Phi_{ocz}= 45742755$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн
($\Phi_{ocn}= 42491670$ грн);

E_{yp} - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [9, с.28]:

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

$$E_{yp} = 1500 \cdot (35527,32 - 32600,71) = 4389915 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{45742755 - 42491670}{4389915} = 0,74 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірюван.	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	1500	1500
Кількість технологічного устаткування	шт	16	13
Собівартість товарної продукції	грн	35527,32	32600,71
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	33	30

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.8

- основних робітників	чол	26	23
Фондомісткість продукції	грн/шт	20976,57	20134,38
Умовна річна економія	грн	-	4389915
Річний економічний ефект	грн	-	4579407,75
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,74
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	15407,44	14222,25
- різальники	грн	14883,75	13643,44
- правильники	грн	15876	11430,72
- очищувальники	грн	14876,4	13946,63
- складальники	грн	16809,63	13556,16
- зварювальники	грн	17963,4	14595,26
- зачищувальники	грн	14817,6	14200,2
- контролери	грн	16372,13	16372,13
- транспортувальники	грн	15126,3	13235,51

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Вплив міжнародних стандартів на управління охороною праці на підприємстві

Забезпечення охорони праці, включаючи відповідність вимогам охорони праці, встановленим національними законами і правилами, входить у зобов'язання і обов'язки роботодавця. Роботодавець повинен продемонструвати свої безумовне керівництво і відповідальність за працівників та організацію створення системи управління охороною праці на підприємстві.

Міжнародне співробітництво України є запорукою успішної діяльності будь-якого підприємства в галузі охорони праці, що ґрунтується на основі законодавство Європейського Союзу з питань охорони праці, Директив Європейського Союзу з охорони праці, конвенцій та рекомендацій. Охорона праці є невід'ємною складовою соціальної відповідальності суб'єктів господарювання, яка базується на міжнародному законодавстві, зокрема стандарті SA 8000 «Соціальна відповідальність» [10]. Міжнародному стандарті ISO 26000 «Настанова щодо соціальної відповідальності» та реалізується на основі принципів соціального партнерства з питань охорони праці.

У ринкових умовах метою кожного підприємства є отримання прибутку. Досягнення цих умов стане можливим, якщо втрати підприємства будуть нижчими від заробленого прибутку. Вже багато років тому система обмеження втрат (Loss Control Management) на підприємстві була трактована як один з ключових елементів його успішного функціонування. Встановлено, що краще обмежувати витрати, ніж підвищувати дохід шляхом підвищення продажу або підвищення ціни. Це може призвести до спаду продажу і, як наслідок, - до зменшення доходу.

Втрати підприємства, на які можна впливати, значною мірою пов'язані з охороною праці. Нещасні випадки на виробництві зумовлюють значні втрати

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

часу, підвищення страхових внесків, знищення або пошкодження обладнання, зниження продуктивності праці, значні штрафні санкції, витрати коштів на експертизи та ін. Відомі випадки, коли аварії спричиняли катастрофічні наслідки, і підприємства переставали існувати.

Охорона праці включає в себе не тільки попередження травматизму та профзахворювань на робочих місцях, а й питання безпеки продукції, що виробляється, охорону навколишнього середовища, безпеку працівників підрядних організацій, відвідувачів тощо.

З метою підвищення ефективності охорони праці й належного обґрунтування профілактичних заходів проводиться оцінка ризику. Чим більш комплексно, з точки зору втрат, поставитися до аналізу та оцінки ризику, тим більший шанс побудувати ефективну систему управління охороною праці (безпекою і гігієною праці). Так, у фірмі Shell Chemie Nederland до уваги беруть такі категорії втрат:

- люди;
- майно підприємства;
- навколишнє середовище;
- імідж фірми.

При такому багатоаспектному підході до оцінки ризику підприємства в стані оцінити, які профілактичні заходи будуть найбільш ефективними та економічно обґрунтованими. Бюджет охорони праці навіть у найуспішніших фірмах завжди обмежений, тому важливо обирати такі заходи, які є найбільш дієвими [11, 12].

Ефективність функціонування системи управління охороною праці залежить від таких факторів:

- економічний підхід;
- управління на підставі оцінки ризику;
- цілеспрямованість планування;
- корегуючі й запобіжні дії;

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

- конкретне запобігання;
- заохочення і співпраця усіх працівників;
- подальше вдосконалення системи.

Сучасні підходи до управління охороною праці:

1. Економічний підхід. У ринковому господарстві жодні бізнесові цілі не будуть реалізовані без створення належної безпеки працівників. Що добре для працівника, то добре і для підприємства. Тому велика увага приділяється співпраці в цій галузі, а також навчанню працівників й усвідомленню ними необхідності управління ризиком, виконання праці максимально безпечним способом. У ринковому господарстві неприпустимий жодний неврахований ризик. Незначні тимчасові вигоди не можуть бути виправданими, якщо вони провокують втрати, що значно перевищують одержані вигоди. Виходячи з цього, безпека праці є спільною ціллю та інтересом як для працівників, так і для підприємства.

2. Управління на підставі оцінки ризику. Сучасна система управління охороною праці повинна спиратися на ідентифікацію небезпек та оцінку ризику. В процесі ідентифікації небезпек необхідно виявляти всі небезпеки для працівника й підприємства, а також для клієнта та суспільства. Це означає зміну підходу до охорони праці: від примусового виконання приписів і норм до підходу "мені це потрібно для усунення ризику".

Управління охороною праці на підставі оцінки ризику вимагає, по-перше, ретельної, комплексної попередньої ідентифікації небезпек та оцінки ризику; по-друге, постійного моніторингу рівня ризику; по-третє, уміння визначати неприпустимий ризик і конкретно реагувати на такі ситуації. Підприємство, що здійснює оцінку ризику і приймає відповідний рівень як припустимий, згоджується на наслідки (можливі випадки). З тієї точки зору визначення терміну "безпечна праця" може бути сформульоване як свідоме прийняття припустимого ризику.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Цілеспрямоване планування. Змістом постійного вдосконалення системи управління є уміння ставити кожний раз вищі цілі, котрі необхідно досягти й оцінювати їх кількісно. Не можна управляти тим, що неможливо кількісно оцінити.

4. Корегувальні й запобіжні дії полягають у:

- ідентифікації безпеки та оцінки ризику;
- розрахунку показників безпеки праці;
- проведенні аудитів, перевірок.

Ця інформація використовується для вдосконалення системи. Для попередження нещасних випадків, профзахворювань, аварій і пожеж доцільно проводити постійний кількісний моніторинг, а не обмежуватися тільки наслідками, кількістю випадків.

5. Конкретне запобігання полягає, перш за все, в передбаченні виникнення будь-яких небезпечних ситуацій (небезпечної поведінки працівників, небезпечних умов праці). Необхідно вчасно усувати всі порушення вимог безпеки, а також, що є найефективнішим, провадити ідентифікацію та оцінку ризику й ліквідовувати його неприпустимі рівні. На цьому будується система безпеки на підприємстві.

6. Заохочення і співпраця у сіх працівників. Твердження "За безпеку праці відповідає керівництво, служба охорони праці" варто замінити словами: "За безпеку праці відповідають усі працівники підприємства, від директора до робітника". Кожний з них має свої обов'язки і відповідає за їх виконання. Ця система повинна бути зрозуміла і прийнята всіма працівниками. З тією метою на підприємствах влаштовуються конкурси знань з охорони праці, збори, розваги для працівників та їх сімей.

7. Подальше вдосконалення системи. Діяльність щодо охорони праці ніколи не припиняється. На підприємстві відбуваються постійні зміни технології, обладнання, методів праці, виникають нові небезпеки. Вдосконалення системи може бути стратегічним (п. 1—3) і поточним (п. 4—5).

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Головний напрям вдосконалення — досягнення культури безпеки, яка полягає в урахуванні й додержанні вимог безпеки на всіх етапах виробничої діяльності, відповідного виховання працівників.

У західних країнах застосовуються такі підходи до управління охороною праці:

- підхід ISRS (International Safety Rating System), який базується на концепції Loss Control Management, тобто оцінці безпеки на підприємстві управління втратами; призначений для оцінки ефективності управління охороною праці та її сертифікації;

- підхід OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment System) — система управління безпекою і гігієною праці, котра діє з 1999 р. і застосовується для аудиту та видачі сертифікатів на системи управління охороною праці;

- управління ризиком на підприємстві;

- інтеграція системи управління охороною праці з управлінням якістю (ISO 9001:2000), охороною навколишнього середовища (ISO 14001:1996) і безпекою (OHSAS 18001:1999) [11, 12].

Таким чином, вплив міжнародних стандартів на управління охороною праці на підприємстві має вирішальне значення, оскільки від цього залежать його майбутні доходи.

5.2 Вимоги безпеки при газополумених роботах

При газополумених роботах у повітрі робочої зони накопичуються шкідливі речовини. Одні з них утворюються внаслідок взаємодії полум'я з металом і повітрям — з'єднання марганцю, заліза, хрому, нікелю, міді, цинку та інших металів, монооксиду вуглецю та оксиду азоту. Інші проникають у повітря з ацетиленового генератора — ацетилен, природний газ, зріджені гази (бутан, пропан), пари рідкого пального (бензин, гас), кисень і домішки ацетилену — фосфористий водень (фосфін) і сірководень. Ці речовини є

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шкідливими й небезпечними для зварників, деякі з них – вибухо- й пожежонебезпечні [13, с.116].

Газозварювальні роботи мають виконуватися на відстані не менше 10 м від пересувних генераторів, 5 м – від балонів і баків з рідким паливом, 1,5 м – від газопроводу [13, с.116]. У разі направлення полум'я в бік джерел живлення застосовують заходи захисту від впливу теплоти полум'я шляхом установа металевих ширм.

Перш ніж розпочати роботу, необхідно перевірити справність апаратури, обладнання, балонів, рукавів, герметичність з'єднань, справність пломб на редукторах і затворах.

У разі перегрівання пальника роботу треба припинити, а пальник охолодити водою [13, с.116].

Після закінчення роботи потрібно перекрити усі вентиля на балонах, викрутити гвинт редуктора, відкрити вентиль на пальнику (різаку), навести лад на робочому місці, прибрати обладнання в спеціально відведене місце.

При виконанні наступних видів зварювальних робіт забороняється [13, с.116]:

1) *при газополумєневих роботах*: експлуатувати обладнання власного виготовлення; виконувати роботи в разі порушення герметичності з'єднань і рукавів; працювати без спецодягу та засобів індивідуального захисту, у замасленому одязі; використовувати кисень для очищення одягу; виконувати роботи без протипожежних засобів; палити під час роботи з пересувним ацетиленовим генератором, карбідом кальцію, рідким паливом; ремонтувати пальник та інше обладнання на робочому місці; устатковувати пересувні генератори в похилому положенні та поряд з кисневим балоном; транспортувати кисневі й ацетиленові балони (за винятком двох балонів до робочого місця);

2) *при монтажних роботах*: продовжувати роботу при зворотному ударі або виявленні несправностей обладнання; тримати під час роботи рукави на

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

плечах, ногах, навколо поясу; переміщуватись із запаленим пальником трапами, драбинами, переходити з поверху на поверх; зберігати мастильні матеріали поруч із кисневим балоном; зберігати карбід кальцію у відкритій тарі на робочому місці; переносити завантажений генератор; скидати з висоти балони; зливати намул на території будівельного майданчика;

3) *при застосуванні рідкого палива*: виконувати роботи з рідким паливом у закритих посудинах і колодязях; використовувати різак або пальник без зворотного клапана; застосовувати паливо, не передбачене інструкцією з експлуатації; виконувати роботи в разі появи хлопків або зворотних ударів; наливати паливо в бачок більше ніж на 3/4 його місткості; випускати повітря з бачка перш ніж погасне полум'я; відкручувати гайку насоса до повного випускання повітря з бачка; зменшувати тиск кисню на вході в різак нижче за тиск пального в бачку; користуватися рукавами невідповідного класу і тими, довжина яких перевищує 10 м; гасити водою бензин, гас або їх суміші;

4) *у посудинах, тунелях, колодязях*: працювати в закритих посудинах при недостатньому вмісті в повітрі кисню (менше за 19 %); виконувати роботу без робітника-страхувальника; зварювати або різати посудини, що перебувають під тиском або містять вибухові речовини; використовувати апаратуру, що працює на рідкому паливі; залишати пальник (різак) із запаленим полум'ям.

Таким чином, для проведення робіт у посудинах, тунелях і колодязях необхідно оформляти наряд-допуск. Обов'язково необхідно забезпечити примусову вентиляцію і місцеве освітлення з напругою 12 В. Роботу повинні виконувати не менше ніж два робітники. Один з них повинен страхувати зовні посудини. Почувши запах газу, зварник зразу ж повинен припинити роботу й покинути робоче місце [13, с.116].

Отже, дотримання вимог безпеки при газополумєневих роботах має дуже важливе значення, тому що для них характерна вибухонебезпечність, яка є загрозою не тільки для працівників підприємства, але і для навколишнього середовища.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі вдосконалення технології виготовлення рами тракторного тривісного причепа були запропоновані такі заходи: обрати метод зварювання, що гарантує високу якість швів; підібрати відповідні зварювальні матеріали для забезпечення надійності з'єднань; визначити оптимальні параметри режиму зварювання; обрати обладнання, яке відповідає вимогам розробленого технологічного процесу; а також замінити малоефективні елементи механічного оснащення на більш продуктивні.

Раму тривісного причепа виготовляють із маловуглецевої сталі Ст3сп, що обумовлює застосування напівавтоматичного зварювання в газовій суміші аргону (75%) і вуглекислого газу (25%). Як присадковий матеріал використовується дріт Св-08Г2С діаметром 1,6 мм. Для виконання зварювальних робіт застосовується напівавтомат КП 017 у комплекті з випрямлячем КІГ-401.

У межах роботи були проведені розрахунки параметрів режиму зварювання, які мають такі значення:

- зварювальний струм – 240 А;
- напруга на дузі – 29 В;
- діаметр зварювального дроту – 1,6 мм;
- швидкість подачі дроту – 184 м/год;
- швидкість зварювання – 25 м/год;
- витрата захисного газу – 10 л/хв.

Оскільки основний обсяг робіт при виготовленні припадає на складання, для підвищення ефективності виробничого процесу застосовують складально-зварювальні кондуктори.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь СтЗсп. Довідник. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/> (дата звернення: 21.05.2026).

2. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.

3. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).

4. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).

5. Биковський О.Г., Пінковський І.В. Довідник зварника. Київ: Техніка, 2002. 336 с.

6. Каховський завод електрозварювального обладнання (КЗЕСО). Напівавтомат зварювальний КП017: веб-сайт. URL: <http://kzeso.all.biz/poluvavtomat-svarochnyj-kp017-g695686> (дата звернення: 25.05.2026).

7. Каховський завод електрозварювального обладнання (КЗЕСО). Випрямляч КІГ-401: веб-сайт. URL: <http://kzeso.all.biz/search?q=киг-401> (дата звернення: 25.05.2026).

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

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

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

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

10. SA 8000 «Соціальна відповідальність». Міжнародна сертифікація: веб-сайт. URL: <https://ims-cert.com/mezhdunarodnaya-sertifikacziya-ua/sa-8000-ua.html> (дата звернення: 09.06.2026).

11. Гогіташвілі Г.Г. Системи управління охороною праці. Львів: Афіша, 2002. 320 с.

12. Гогіташвілі Г.Г., Карчевські Є.Т., Лапін В.М. Управління охороною праці та ризиком за міжнародними стандартами: навч. посіб. Київ: Знання, 2007. 367 с.

13. Гуменюк І.В. Обладнання та технології зварювальних робіт: навч. посіб. Київ: Грамота, 2014. 120 с.

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.03.00.00.000.ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		