

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
кронштейна антени супутникової

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

Ігор ГУДЗЬ

Керівник

Микола ПІДГУРСЬКИЙ

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

ГУДЗІЮ Ігорю Зіновійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
кронштейна антени супутникової

Керівник роботи ПІДГУРСЬКИЙ Микола Іванович
(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 Ризики та небезпека під час проведення зварювальних робіт: способи їх запобігання

5.2 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час виготовлення

кронштейна антени супутникової

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення кронштейна антени – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення кронштейна антени супутникової – 1.0 (форм. А3)

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

4. Складальне креслення зварювального маніпулятора РТМ 40 – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

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

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Ігор ГУДЗЬ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Микола ПІДГУРСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення кронштейна антени супутникової є вдосконалення вже наявного заводського варіанту зі зміною способу зварювання, обладнання, матеріалів та інших виробничих операцій. В загальному технологія виготовлення конструкції представлена заготівельними, складальними, зварювальними, опоряджувальними, допоміжними та контрольними операціями. Виконання економічних розрахунків дозволяє оцінити можливість доцільності застосування даного технологічного процесу у виробництві. Дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці займають важливе місце у технологічних процесах виготовлення конструкцій, оскільки від цього безпосередньо залежить здоров'я працівників підприємства.

ANNOTATION

Welding processes have an important part in the manufacture technology of metal constructions. Complication of metal constructions can be of different levels. The feature of technological process are the improvement of factory process of satellite antenna bracket 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	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	10
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	11
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	14
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	14
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	14
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	15
1.3.4 Вимоги до складання	15
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	16
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	17
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	20
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	22
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	24
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	29
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	32
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	35
2.6.1 Заготівельні операції	35
2.6.2 Складальні операції	36
2.6.3 Складально-зварювальні операції	37

					<i>КР.422.08.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Гудзь				Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення кронштейна антени супутникової Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Підгурський						4	78
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.	Залуцька							
Затв.	Дранівська							

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	37
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	37
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	38
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	39
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	42
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	44
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	48
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	48
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	53
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	56
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	57
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	63
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	63
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	65
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	68
5.1	Ризики та небезпека під час проведення зварювальних робіт:						
	способи їх запобігання	.	.	.	.	.	68
5.2	Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час виготовлення						
	кронштейна антени супутникової	.	.	.	.	.	71
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	75
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	76
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	78

ВСТУП

Зварювання – це технологічний процес створення нероз’ємного з’єднання між деталями шляхом утворення міжатомних зв’язків у зоні стику. Такий зв’язок досягається за рахунок нагрівання, пластичної деформації або комбінованої дії тепла та механічного зусилля. Зварювання забезпечує міцність і цілісність конструкції, дозволяючи отримати з’єднання, яке за своїми характеристиками не поступається суцільному матеріалу.

На сучасному етапі розвитку технологій можливості зварювання є практично необмеженими. Цей процес успішно застосовується для виготовлення надскладних конструкцій – від тонкостінних оболонок для радіоактивних ізотопів із високолегованих сталей товщиною всього 0,8 мм до масивних деталей пресового обладнання з товщиною до 3400 мм. Зварювання використовується не лише для з’єднання металів, але й для таких матеріалів, як пластмаси, скло, кварц та інші, що відкриває широкі перспективи у різних галузях промисловості — від енергетики до авіації та медицини.

Сучасне зварювальне виробництво активно розвивається у кількох ключових напрямках. Зокрема, відбувається перехід від клепаних, литих і кованих конструкцій до більш економічних зварних аналогів. Також спостерігається розширення виробництва зварювальних матеріалів, включаючи електроди, дріт, флюси та захисні гази. Крім того, активно впроваджуються високопродуктивні методи автоматичного та механізованого зварювання.

Завдяки широкому впровадженню зварювальних технологій стало можливим виготовлення унікальних гідравлічних і парових турбін, конструкція яких включає складні за формою та конфігурацією вузли й деталі великої товщини. У процесі виробництва застосовуються різноманітні леговані сталі та біметали – зокрема маловуглецева або низьколегована сталь товщиною понад 6 мм, поверхня якої покрита шаром високолегованої сталі або алюмінієво-магнієвого сплаву.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільшого поширення в сучасному промисловому виробництві набув метод зварювання в середовищі захисних газів, особливо з використанням їхніх сумішей. Така популярність зумовлена низькою вартістю окремих видів газів, а також значним покращенням якості зварних з'єднань і підвищенням продуктивності процесу. Цей метод дозволяє ефективно з'єднувати різноманітні матеріали як у напівавтоматичному, так і в автоматичному режимі, незалежно від просторового положення зварного шва.

Завдяки високій продуктивності, надійності зварних з'єднань та економному використанню металу, зварювання стало ключовим технологічним процесом у виробництві металевих конструкцій усіх типів.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виріб являє собою кронштейн для супутникової антени, призначений для її монтажу, фіксації та надійного закріплення. Конструкція кронштейна дозволяє встановлювати його на вертикальних і горизонтальних елементах будівель – таких як стіни, балкони, дахи та інші висотні конструкції – у місцях, де забезпечується найкращий прийом супутникового сигналу.

Конструкція кронштейна включає такі основні елементи:

- 1) вертикальний патрубок – виготовляється з сталеві труби діаметром 40 мм з товщиною стінки 3 мм; виконує функцію несучого елемента конструкції;
- 2) поперечка – виконана з труби діаметром 20 мм і товщиною стінки 3,2 мм; забезпечує жорсткість і стабільність кронштейна;
- 3) підсилення – виконане з труби діаметром 20 мм і товщиною стінки 3,2 мм; забезпечує жорсткість і стабільність кронштейна;
- 4) кріплення до опори – здійснюється за допомогою сталевих кутника розміром 25×25×3 мм та смуги 25×4 мм, які забезпечують надійне закріплення кронштейна на будівельних елементах.

Кронштейн для супутникової антени виготовляється зі сталі звичайної якості марки Ст3пс, яка є оптимальним матеріалом для конструкцій такого типу.

Габаритні розміри конструкції кронштейна для супутникової антени становлять:

- висота – 300 мм;
- ширина – 250 мм;
- довжина – 460 мм.

Загальна конструкція виробу представлена на рисунку 1.1.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

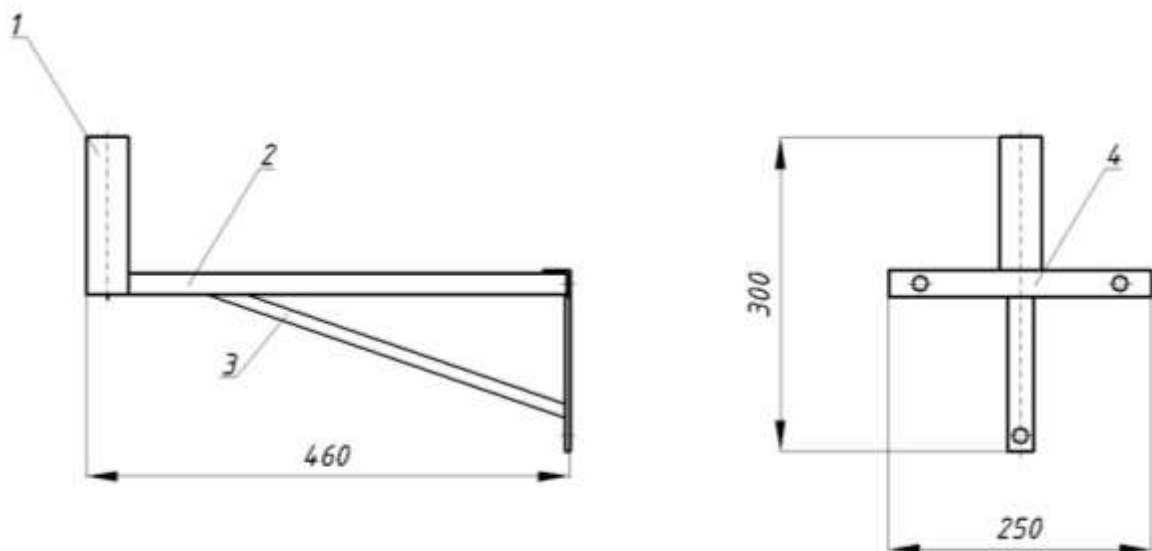


Рисунок 1.1 –Кронштейн для супутникової антени

1 – вертикальний патрубок, 2 – поперечка, 3 – підсилення, 4 – кріплення до опори

При проектуванні металевих конструкцій необхідно враховувати низку ключових вимог, серед яких:

1) умови експлуатації - відповідність конструкції заданим експлуатаційним параметрам є базовою вимогою, що визначає вибір системи, конструктивної форми та матеріалу виробу;

2) економія металу – одна з ключових вимог, що зумовлена значною потребою в металевих матеріалах у всіх галузях промисловості та їх відносно високою вартістю; при проектуванні металевих конструкцій необхідно використовувати матеріали оптимальної марки, які відповідають технічним і експлуатаційним характеристикам виробу; заміна рекомендованого металу на інші марки може виявитися нераціональною з точки зору економічності, технологічності та довговічності конструкції;

3) транспортабельність - оскільки металеві конструкції здебільшого виготовляються на заводах, а потім транспортуються до місця монтажу,

проектування має передбачати можливість їх перевезення в зібраному вигляді або окремими частинами;

4) технологічність – при проектуванні металевих конструкцій необхідно враховувати вимоги сучасних технологій виготовлення та монтажу. Конструкція повинна бути адаптована до найбільш ефективних і продуктивних виробничих методів, що дозволяють мінімізувати трудомісткість;

5) швидкісний монтаж - конструкція повинна бути спроектована з урахуванням можливості її оперативного складання у максимально короткі терміни; при цьому необхідно враховувати доступність та тип монтажного обладнання, що використовується;

6) довговічність конструкції визначається строками її фізичного та морального зношування; фізичне зношування металевих конструкцій здебільшого спричинене корозійними процесами, які поступово знижують міцність і надійність матеріалу; моральне зношування пов'язане зі зміною умов експлуатації, появою нових технологій, підвищенням вимог до функціональності та ефективності конструкції;

7) естетичність – незалежно від функціонального призначення, металеві конструкції повинні мати гармонійні форми, пропорційні геометричні розміри та привабливий зовнішній вигляд.

Усі перелічені вимоги враховуються конструкторами на основі принципів проектування, сформованих науковими дослідженнями та практичним досвідом, а також відповідно до основних напрямів розвитку галузі.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Кронштейн супутникової антени являє собою металеву зварну конструкцію, виготовлення якої повинно здійснюватися відповідно до

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

робочих креслень, вимог державних і галузевих стандартів, а також чинних нормативно-технічних документів.

Основні технічні вимоги до виробу та процесу його зварювання передбачають точне дотримання геометричних розмірів деталей, а також оптимальних параметрів режиму зварювання. Ці параметри мають забезпечувати формування якісних зварних з'єднань відповідно до встановлених норм, які залежать від товщини зварюваних елементів, марки сталі та типу зварювальних матеріалів.

Грунтування та фарбування зварної конструкції дозволяється виконувати лише після її приймання відповідними службами контролю якості. Виправлення геометрії конструкції після зварювання допускається за умови збереження міцності та цілісності зварних з'єднань. Усі необхідні технічні вимоги, що висуваються до конструкцій цього типу, повинні бути чітко зазначені у робочих кресленнях.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Кронштейн супутникової антени виготовляється з конструкційної маловуглецевої сталі звичайної якості марки Ст3сп, яка є оптимальним вибором для виробів такого типу. Механічні характеристики сталі Ст3сп наведено в таблиці 1.1, а її хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі Ст3сп [1]

Стан постачання	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5 , %
	МПа		
	не менше		
Прокат гарячекатаний	225	370-480	23

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст3сп, % [1]

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

Однією з ключових технологічних характеристик сталей є зварюваність. Відповідно до чинних стандартів, зварюваність визначається як здатність матеріалу утворювати зварне з'єднання, яке при дотриманні встановленої технології відповідає вимогам, обумовленим конструкцією та умовами експлуатації виробу. Технологічна зварюваність визначається як ступінь відповідності властивостей зварного з'єднання аналогічним характеристикам основного металу.

Механічні властивості металу шва та зварного з'єднання безпосередньо залежать від його мікроструктури, яка формується під впливом хімічного складу, режиму зварювання, а також попередньої та наступної термічної обробки.

Сталь марки Ст3сп належить до групи добре зварюваних конструкційних сталей, що зумовлено її хімічним складом. Вуглець у кількості до 0,25% забезпечує достатню міцність без істотного зниження зварюваності. Марганець (до 0,65%) сприяє загартованості сталі, не погіршуючи її здатність до зварювання. Кремній у межах 0,12–0,3% не чинить негативного впливу на процес зварювання, а навпаки – покращує формування шва. Хром підвищує твердість і міцність сталі, що позитивно позначається на експлуатаційних властивостях виробу. Нікель не знижує зварюваність, а навпаки – покращує пластичність і міцність зварного з'єднання. Мідь у кількості до 0,3% сприяє підвищенню корозійної стійкості сталі, не впливаючи негативно на її зварюваність.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

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:

$$C_{екв} = 0.22 + \frac{0.65}{6} + \frac{0.30}{24} + \frac{0.30}{10} + \frac{0.30}{5} + \frac{0.30}{15} = 0.44 \quad \%$$

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю в сталі Ст3сп становить менше 0,45%, вона належить до категорії добре зварюваних матеріалів. Це дозволяє застосовувати всі поширені методи зварювання без необхідності виконання додаткових технологічних операцій, таких як попереднє або супутнє підігрівання.

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі марки Ст3сп незначно відрізняється від складу основного металу. Основна відмінність полягає у зниженому вмісті вуглецю в зоні шва, що дозволяє уникнути утворення загартованих структур при високих швидкостях охолодження. Формування складу металу шва залежить від співвідношення основного та присаджувального металів, а також від їх взаємодії з газовим середовищем під час зварювання. Підвищена швидкість охолодження сприяє зростанню міцності металу шва, проте водночас призводить до зниження пластичності та ударної в'язкості, що пояснюється змінами у кількості та структурі перлітної фази. Варто зазначити, що критична температура переходу металу однопровідного шва практично не залежить від швидкості охолодження. Швидкість охолодження, у свою чергу, визначається такими факторами, як товщина зварюваного металу, режими зварювання та початкова температура виробу, що мають суттєвий вплив на кінцеві властивості зварного з'єднання.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Усі матеріали та напівфабрикати, що надходять для складання кронштейна супутникової антени, повинні супроводжуватися сертифікатами якості заводу-виробника або паспортами продукції. За відсутності таких документів, використання матеріалів у виробництві не допускається без проведення попередніх випробувань, метою яких є підтвердження відповідності вимогам державних стандартів та технічних умов постачання.

Якість та характеристики матеріалів повинні бути підтверджені організацією-виробником шляхом надання сертифікатів якості, що засвідчують відповідність продукції встановленим вимогам. У разі відсутності сертифікатів, інформацію про придатність і якість матеріалів надає заводська лабораторія на основі проведених випробувань.

Зварювальний дріт підлягає перевірці на чистоту поверхні, оскільки наявність забруднень або слідів окислення може негативно вплинути на якість зварного з'єднання. Зберігати дріт слід у сухих, чистих умовах, що виключають можливість його забруднення, зволоження або контакту з агресивними середовищами. Захисні гази, які використовуються в процесі зварювання, повинні проходити контроль на відсутність шкідливих домішок і вологи.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Під час проектування та виготовлення кронштейна супутникової антени необхідно забезпечити точне дотримання геометричних розмірів і форми виробу, а також належну чистоту поверхонь. Виконання цього завдання забезпечується шляхом встановлення комплексу вимог, серед яких ключовими є:

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- проектування конструкції з урахуванням специфіки виробничого процесу;
- раціональне оформлення зварних з'єднань, з урахуванням способу їх обробки, форми підготовки кромки і допустимих відхилень розмірів;
- дотримання технологічного режиму, спрямованого на мінімізацію внутрішніх напружень і деформацій.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Під час виготовлення кронштейна супутникової антени його конструкція та розташування зварних з'єднань повинні бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити:

- виконання зварювальних робіт відповідно до встановлених нормативних вимог;
- вільний доступ для розміщення нагрівального обладнання у разі потреби;
- можливість проведення контролю якості зварних з'єднань із застосуванням передбачених методів неруйнівного або візуального контролю;
- зручність виконання ремонтних робіт.

Властивості зварних з'єднань конструкції, як правило, повинні бути максимально наближеними до характеристик основного металу. З цією метою встановлюються мінімально допустимі значення механічних властивостей, серед яких основними є: міцність, пластичність та ударна в'язкість.

1.3.4 Вимоги до складання

Під час складання деталей і вузлів для зварювання необхідно використовувати спеціальні складально-зварювальні пристосування, стенди або установки, які забезпечують точне позиціонування елементів та стабільність конструкції в процесі зварювання. Це дозволяє досягти високої якості зварних з'єднань і виготовити конструкцію відповідно до заданих параметрів. При

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

цьому розміри основних деталей, що визначають габарити вузлів і всієї конструкції, повинні встановлюватися з урахуванням усаджування металу, яке виникає внаслідок термічного впливу під час зварювання.

При визначенні базових розмірів складально-зварювальних пристосувань, стендів та установок необхідно обов'язково враховувати деформації, що виникають у процесі зварювання вузлів та конструкції в цілому.

Прихоплення елементів конструкції слід виконувати в точно визначених місцях і у суворо встановленій послідовності, відповідно до вимог технологічного процесу.

Під час складання деталей перед зварюванням необхідно забезпечити ретельне очищення основного металу в зонах майбутніх з'єднань. Поверхні повинні бути звільнені від іржі, мастила, вологи, окалини та інших забруднень, які можуть негативно вплинути на якість зварного шва. Наявність таких домішок здатна спричинити появу пористості, тріщин, непроварів та інших дефектів.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість зварної конструкції забезпечується за умови дотримання низки ключових вимог на всіх етапах її створення. На стадії проектування необхідно проводити дослідження конструкції на технологічність, щоб забезпечити її відповідність можливостям виробництва. Під час виконання зварювальних робіт важливо дотримуватися встановлених параметрів режиму зварювання, забезпечити високу точність складання елементів, а також використовувати виключно якісні матеріали. Контроль якості зварних з'єднань здійснюється відповідними методами, передбаченими технологічним процесом. Недопустимою є наявність будь-яких дефектів у зварних з'єднаннях, оскільки вони можуть негативно вплинути на міцність, надійність і довговічність конструкції.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

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

Під час виготовлення кронштейна супутникової антени як основні заготовки використовуються круглі труби, кутники та арматура.

Технологічний процес виготовлення кронштейна супутникової антени включає низку послідовних операцій, спрямованих на забезпечення точності, надійності та відповідності виробу технічним вимогам. У разі потреби здійснюється правлення заготовок, після чого виконується розмічування, що визначає місця різання та зварювання. Наступним етапом є різання матеріалу відповідно до заданих розмірів, після чого проводиться складання елементів конструкції у спеціальних пристосуваннях. Далі виконується зварювання, яке має відповідати встановленим режимам і технологічним нормам. Після завершення зварювальних робіт проводиться контроль якості з'єднань із застосуванням відповідних методів. Завершальним етапом є транспортування виробу до місця проведення фарбування.

Правлення заготовок здійснюється вручну із застосуванням слюсарного інструменту. Розмічування деталей виконується за допомогою олівця, металевої інженерної лінійки та кернера, який використовується для нанесення заглиблень у місцях подальшого свердління. Різання профільного прокату проводиться кутовою шліфувальною машиною марки Makita GA9020 з використанням відповідних відрізних кругів. Для очищення заготовок від забруднень, іржі та окалини застосовуються механічні методи — кутові шліфувальні машини із зачисними кругами, металеві шестирядні щітки з дерев'яними ручками, а також слюсарний молоток Tolsen вагою 300 г для оббивання шлаку.

Зварювальні роботи виконуються методом напіваавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу, що дозволяє отримати з'єднання високої якості. Для здійснення процесу використовуються зварювальні напіваавтомати марки ПДГ-253 УМ-3.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для зварювання кронштейна застосовуються такі зварювальні матеріали: зварювальний дріт марки Св-08 діаметром 1,0 мм та вуглекислий газ I сорту з допустимим вмістом домішок не більше 0,5 %.

Параметри режиму зварювання приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Параметри режиму зварювання у вуглекислому газі

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

Під час зварювання в середовищі вуглекислого газу спостерігається інтенсивніше розбризкування електродного металу порівняно з іншими способами зварювання. Частина крапель розплавленого металу, що вилітають із зони дуги, може налипати або сплавлятися з поверхнею зварюваної деталі, соплом пальника та струмопідвідним мундштуком, що ускладнює процес, знижує якість шва та потребує додаткового очищення обладнання.

Отже в базовому технологічному процесі виготовлення кронштейна супутникової антени спостерігаються такі недоліки:

- для виготовлення конструкції застосовується метод напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу, який характеризується інтенсивним розбризкуванням електродного металу, що може впливати на чистоту зварного шва та потребує додаткового очищення; крім того, у зимовий період цей спосіб зварювання вимагає використання підігрівача, оскільки вуглекислий газ має властивість замерзати при низьких температурах;

- зварювання конструкції здійснюється без застосування спеціальних складально-зварювальних пристосувань, що негативно позначається на точності її геометричної конфігурації;

- для підвищення ефективності та якості зварювальних робіт необхідно впровадити у виробництво сучасніші зразки зварювального устаткування.

Для вдосконалення технологічного процесу виготовлення кронштейна супутникової антени доцільно впровадити низку технічних рішень. Зокрема, рекомендується використовувати метод напівавтоматичного зварювання в суміші аргону (80%) та вуглекислого газу (20%), що дозволить зменшити розбризкування електродного металу, покращити захист зварювальної ванни та забезпечити стабільність процесу в умовах низьких температур, особливо в зимовий період. Крім того, необхідно застосовувати спеціальні пристосування та устаткування, які забезпечують надійну фіксацію елементів конструкції та запобігають їх зміщенню під час зварювання. Важливим напрямом удосконалення є також використання сучасних зразків зварювального обладнання, що забезпечують стабільні режими роботи, високу якість з'єднань і підвищену продуктивність.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Під час вибору оптимального способу зварювання для виготовлення кронштейна супутникової антени слід враховувати низку ключових факторів, що безпосередньо впливають на ефективність та якість процесу. До таких факторів належать: матеріал виробу, товщина зварюваних елементів; відповідальність конструкції; масштаби виробництва, та вимоги, що стосуються якості.

Враховуючи зазначені фактори доцільним є застосування напівавтоматичного зварювання в суміші аргону (80%) і вуглекислого газу (20%).

При напівавтоматичному зварюванні в суміші захисних газів дуга горить між кінцем електродного дроту та поверхнею виробу. Горіння дуги відбувається в середовищі газової суміші, яка подається через зовнішній мундштук електродотримача разом із дротом. Це забезпечує ефективний захист зварювальної ванни від впливу кисню та азоту навколишнього повітря, запобігаючи окисненню та азотуванню розплавленого металу.

До основних переваг напівавтоматичного зварювання в суміші аргону та вуглекислого газу належать:

- висока концентрація тепла дуги, що обмежує зону структурних змін у матеріалі та зменшує деформації виробу;
- підвищена продуктивність процесу завдяки механізації подачі дроту та стабільності дуги;
- добра адаптованість до автоматизації, що дозволяє інтегрувати процес у сучасні виробничі лінії;
- надійний захист зварювальної ванни від атмосферного впливу, що забезпечує якість шва;

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

- можливість візуального контролю за переміщенням кінця електрода під час зварювання;
- низький рівень розбризкування металу, що зменшує потребу в додатковому очищенні поверхні;
- універсальність щодо товщини деталей, що дозволяє зварювати як тонкі, так і масивні елементи;
- гнучкість у просторовому розташуванні, тобто можливість зварювання в різних положеннях;
- відсутність шлаку після зварювання, що скорочує час на обробку шва та підвищує загальну ефективність виробництва;
- простота та доступність обладнання, що робить метод економічно вигідним і зручним у використанні.

До недоліків напівавтоматичного зварювання в суміші аргону та вуглекислого газу належать:

- потреба в спеціальних засобах захисту від інтенсивної світлової та теплової радіації, що виникає під час горіння дуги;
- вища собівартість зварних швів порівняно зі зварюванням у чистому вуглекислому газі, що обумовлено вартістю захисної газової суміші.

Продуктивність напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу значно перевищує ефективність традиційних методів. Зокрема, вона є у 1,5–4 рази вищою, ніж при ручному дуговому зварюванні покритим електродом, і приблизно у 1,5 рази вищою, ніж при зварюванні під флюсом.

Вартість наплавлення одного кілограма металу при зварюванні в суміші захисних газів є значно нижчою: вона приблизно вдвічі — у 2–2,5 рази — менша, ніж при ручному дуговому зварюванні, і на 10–20 % нижча порівняно з автоматичним зварюванням під флюсом.

Отже, для виготовлення кронштейна супутникової антени обрано спосіб напівавтоматичного зварювання в середовищі захисної газової суміші, що

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

складається з 80% аргону та 20% вуглекислого газу. Схематичне зображення процесу зварювання наведено на рисунку 2.1.

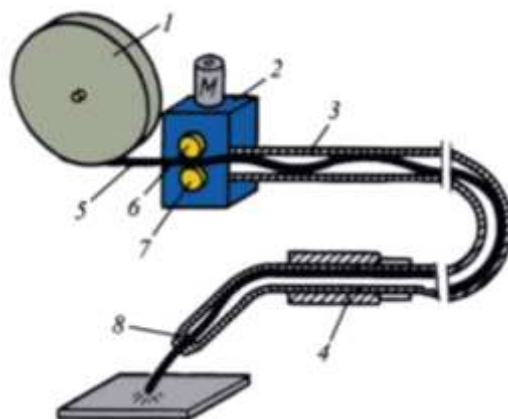


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші захисних газів [3, с.163]

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

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Вибір зварювальних матеріалів є ключовим етапом у розробці технологічного процесу. Тільки за умови правильного добору основних і допоміжних матеріалів можна забезпечити отримання зварних з'єднань високої якості, які відповідатимуть вимогам рівномірності між металом шва та основним металом конструкції.

Правильний добір зварювальних матеріалів безпосередньо впливає на механічні та фізико-хімічні характеристики металу шва, які мають відповідати вимогам надійності та довговічності конструкції в умовах її експлуатації.

Під час вибору зварювальних матеріалів необхідно враховувати такі ключові вимоги:

- забезпечення безпористості шва;

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- досягнення високої технологічної міцності швів.

Для виконання зварювальних робіт застосовується захисна газова суміш, що складається з 80% аргону та 20% вуглекислого газу.

Аргон у промисловості добувають із атмосферного повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої основними продуктами є кисень і азот, а аргон — супутній компонент. Як інертний газ, аргон не вступає в хімічні реакції за звичайних умов, що робить його ідеальним для використання як захисне середовище при зварюванні.

Згідно з технічними умовами ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання кронштейна використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою основного компонента 99,998%.

Вуглекислий газ, що використовується для зварювальних робіт, повинен відповідати вимогам ДСТУ 4817:2007, який класифікує газ за сортами залежно від масової частки діоксиду вуглецю (CO₂):

- вищий – 99,8%;
- перший – 99,5%;
- другий – 98,8%.

Для зварювання кронштейна супутникової антени застосовується вуглекислий газ вищого сорту як захисне середовище, що відповідає вимогам ДСТУ 4817:2007. Його масова частка основного компонента (CO₂) становить не менше 99,8%, а максимально допустимий вміст домішок – 0,2%.

Для зварювання кронштейна супутникової антени використовується зварювальний дріт марки Св-08Г2С, який є оптимальним за хімічним складом для поєднання з основним металом конструкції. Цей дріт широко застосовується в машинобудівній галузі для зварювання вуглецевих і низьколегованих сталей, завдяки своїм високим механічним властивостям – зокрема, високій міцності при достатній пластичності.

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С представлений в таблиці 2.1.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Під час вибору параметрів режиму зварювання важливо забезпечити отримання зварних швів заданих розмірів, форми та якості, що відповідають технічним вимогам до конструкції. У зв'язку з цим доцільніше здійснювати не просто вибір, а саме розрахунок параметрів режиму зварювання, що дозволяє врахувати всі особливості матеріалу, типу з'єднання та умов виконання робіт.

Оскільки зварювання кронштейна супутникової антени виконується у вигляді таврових з'єднань, розрахунок режиму проводиться для кутового з'єднання з катетом 3 мм, що є типовим для даної конструкції.

Схематичне зображення кутового з'єднання наведено на рисунку 2.2.

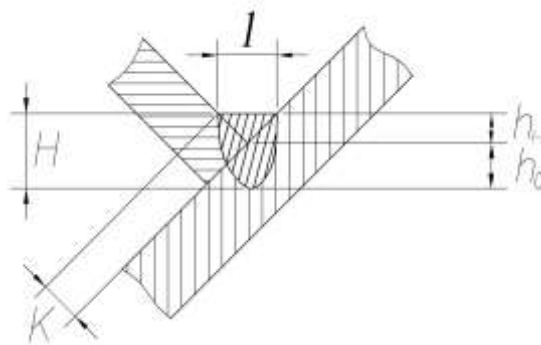


Рисунок 2.2 - Схема кутового з'єднання

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Основні параметри режиму зварювання в середовищі захисних газів, які мають вирішальний вплив на геометрію та якість зварного шва, включають:

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

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

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

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

де K – катет шва, $K=3$ мм,

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

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

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

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

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

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

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

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

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

Тоді:

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

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

Отже:

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

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

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

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

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

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

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

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

де K_a – коефіцієнт пропорційності, $K_a=1,3$ [4, с.193].

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

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

Отже, приймаємо силу зварювального струму 110 А.

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

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

де α_p – коефіцієнт розплавлення, $\alpha_p=11,6$ г/А·год [4, с.189];

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

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

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

Отже:

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

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

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

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

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $U_d=25$ В.

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [4, с.194]:

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

де A – коефіцієнт, який залежить від діаметра електродного дроту, в даному випадку для $d_e = 1,0$ мм – $A = 2 \cdot 10^3$ А·м/год [4, с.194]:

$$V_{36} = \frac{2 \cdot 10^3}{110} = 18,18 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{36}=18$ м/год.

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

$$d_e = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{I_{36}}{j}}, \quad (2.11)$$

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

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

що є допустимо.

Виліт електродного дроту приймаємо $l_d=8$ мм.

Витрати захисного газу $Q_r = 9$ л/хв [4, с.226].

Розраховані параметри режиму зварювання приведено в таблиці 2.2.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
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	110
Напруга на дузі	U_d	В	25
Діаметр електродного дроту	d_e	мм	1,0
Виліт електрода	l_d	мм	8
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/год	18
Швидкість подачі електродного дроту	$V_{п.д.}$	м/год	185
Витрати захисного газу	Q_g	л/хв	9

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Устаткування для дугового зварювання в середовищі захисних газів поділяється на універсальне та спеціалізоване, залежно від характеру виробництва та вимог до зварювального процесу. Його головною особливістю є наявність вузлів, агрегатів і допоміжних пристроїв, які забезпечують ефективний газовий захист металу шва та зони термічного впливу від взаємодії з атмосферним повітрям.

Зварювання кронштейна антени супутникової здійснюється напівавтоматом інверторного типу MIG/MMA Dnipro-M MG-20P.

Зварювальний напівавтомат MG-20P – професійний апарат для виконання широкого спектру завдань та зварювання різних матеріалів: сталь, нержавіюча сталь, алюміній, мідь. Це універсальна модель, яка має шість режимів роботи, що дають змогу виконувати різноманітні зварювальні завдання – від зварювання тонких металів до товстих металевих конструкцій [6].

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напівавтомат має мікропроцесорне керування, яке забезпечує точний контроль над зварювальним струмом, стабільністю дуги та зварювальним процесом [6].

Функціональні особливості зварювального напівавтомату Dnipro-M MG-20P є такими [6]:

- Full Color LCD дисплей: дає змогу точно налаштовувати та контролювати процес зварювання, підвищуючи ефективність роботи;
- 2T/4T: забезпечує комфортну роботу для коротких і довгих швів;
- регулювання подачі дроту в режимі DC: для тонкого налаштування процесу зварювання;
- тонке регулювання Anti Stick, Arc-Force, VRD: швидке налаштування функцій, які підвищують продуктивність та якість зварювального процесу;
- синергетичне та ручне керування: оператор може налаштувати зварювальний процес під особливості та тонкощі роботи або вибрати автоматичні режими та налаштування, які запрограмовані та пропонує сам напівавтомат [6].

Даний напівавтомат дозволяє виконувати зварювальні роботи у наступних режимах [6]:

- DC MIG, MMA, LIFT TIG;
- PULSE MIG: забезпечує високоефективне зварювання алюмінію та інших кольорових і чорних металів. Цей режим дає змогу зварювати тонкі матеріали, мінімізуючи перегрів та деформацію, значно підвищує швидкість та продуктивність зварювання;
- Double Pulse MIG: ще більше покращує процес зварювання, контролюючи тепловий вплив на заготовку, мінімізуючи деформації та створюючи акуратний структурний зварювальний шов;
- Spool Gun: дає змогу ефективно зварювати алюміній за допомогою спеціального рукава Spool Gun, забезпечуючи постійну подачу дроту [6].

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній вигляд інверторного напівавтомату Dnipro-M MG-20P представлено на рисунку 2.3, а його технічні характеристики наведено у таблиці 2.3.



Рисунок 2.3 – Інверторний напівавтомат Dnipro-M MG-20P [6]

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики інверторного напівавтомату Dnipro-M MG-20P [6]

Характеристика	Значення
Максимальна активна потужність, кВа	10
Номінальний діаметр зварювального дроту MIG, мм	0,6–1,2
Діаметр зварювального електрода, мм	1,6–5,0
Робочий цикл апарата на максимальному струмі 200 А, %	300
Тип зварювального дроту	обміднений/ флюсовий
Режим роботи	MIG / MMA / Lift Tig
Швидкість подачі дроту, м/хв	1–12,5
Діаметр встановлюваних котушок з дротом, мм	до 200
Діапазон регулювання струму в режимі MMA, А	100–200
Коефіцієнт корисної дії, %	77
Напруга холостого ходу, В	64
Клас захисту	IP21S
Маса, кг	12

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості виробу здійснюється з метою виявлення дефектів у зварних швах, визначення їх розмірів, характеру та локалізації. Отримана інформація дає змогу оцінити доцільність та обсяг ремонтних робіт, а також встановити причини виникнення дефектів. Це, у свою чергу, дозволяє вжити коригувальні заходи, спрямовані на усунення технологічних недоліків і запобігання повторному виникненню дефектів у майбутньому.

У цьому випадку для контролю якості зварних з'єднань кронштейна супутникової антени доцільно застосовувати такі методи неруйнівного контролю:

- візуальний;
- радіаційний;
- магнітний;
- ультразвуковий.

Візуально-оптичний метод контролю займає важливе місце у сучасній практиці оцінювання якості зварних з'єднань. Зовнішній огляд швів зазвичай здійснюється неозброєним оком, а для більш детального аналізу застосовуються лупи, мікроскопи та інші збільшувальні засоби. У випадках, коли дефекти не видно безпосередньо або шви розташовані у важкодоступних місцях конструкції, використовують спеціалізовані оптичні прилади — такі як ендоскопи, перископи та відеоінспекційні системи.

Своєчасне усунення дефектів, виявлених візуальним оглядом, і з'ясування причин їх виникнення дозволяє оперативно регулювати якість технології та зменшити об'єм наступних етапів контролю [7, с.114].

Радіаційна дефектоскопія. В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання в формі рентгенівських променів і гама-випромінювання. Ці види випромінювання мають електромагнітну природу. Довжина хвилі рентгенівських променів - $6 \cdot 10^{-11}$... $6 \cdot 10^{-11}$ мм, гама-

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

випромінювання- $4 \cdot 10^{-13} \dots 4 \cdot 10^{-12}$ мм, що в багато разів менше довжини світлових хвиль - $4 \cdot 10^{-7} \dots 7 \cdot 10^{-7}$ мм [7, с.114].

Рентгенівське та гама-випромінювання володіють великою енергією в порівнянні з світловою, що обумовлює їх високу проникаючу здатність. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами базується на зміні рентгенівського та гама-випромінювання в результаті втрати частини енергії при проходженні ними через матеріал в залежності від його густини та товщини [7, с.114].

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія. В межах малих об'ємів, так званих доменів ($V = 10^{-5} \dots 10^{-7} \text{ см}^3$), магнітні поля, які викликаються обертанням електронів навколо власних осей, врівноважують одне одного і деталь виявляється розмагніченою. Але під впливом зовнішніх магнітних ліній поля доменів встановлюються в його напрямку, при цьому створюється спільне поле [7, с.137].

Деталь намагнічена. Магнітні лінії мають певний напрямок. При контакті з дефектом, магнітна проникність якого в тисячі разів менша проникності основного металу, силові лінії обходять дефект і утворюють поле розсіювання магнітних ліній. Дефекти направлені вздовж магнітних ліній, не викликають істотних перешкод розповсюдженню потоку, тому важко виявляються магнітним контролем. І навпаки, дефекти, направлені перпендикулярно магнітним лініям, викликають істотне розсіювання та виявляються значно легше [7, с. 138].

Контролю магнітними методами піддаються тільки феромагнітні матеріали [7, с. 137].

Ультразвукова дефектоскопія є одним із найефективніших методів неруйнівного контролю, що дозволяє виявляти внутрішні дефекти в матеріалі без його пошкодження. Пружні механічні коливання, які поширюються в повітрі, сприймаються як звукові хвилі й називаються акустичними. Якщо частота цих коливань перевищує 20 кГц – межу чутливості людського слуху –

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вони класифікуються як ультразвукові. У дефектоскопії зазвичай використовують ультразвукові хвилі з частотою в межах 0,5...20 МГц.

Суть методу полягає в наступному. Генератор-випромінювач створює ультразвукові коливання, які поширюються в матеріалі виробу. У разі наявності дефекту частина хвиль відбивається, розсіюється або утворює акустичну тінь за дефектом, якщо його розміри значні. Приймач-шукач реєструє зміни інтенсивності хвиль – зокрема послаблення сигналу або ехо-відбиття – що дозволяє визначити наявність, розміри та характер дефекту.

З урахуванням технологічних особливостей та конструктивної складності кронштейна супутникової антени, для оцінки якості зварних з'єднань доцільно застосовувати комбінований підхід до контролю, що включає: візуально-оптичний контроль та ультразвукову дефектоскопію.

На рисунку 2.4 показаний приклад контролю зварних з'єднань за допомогою ультразвуку.

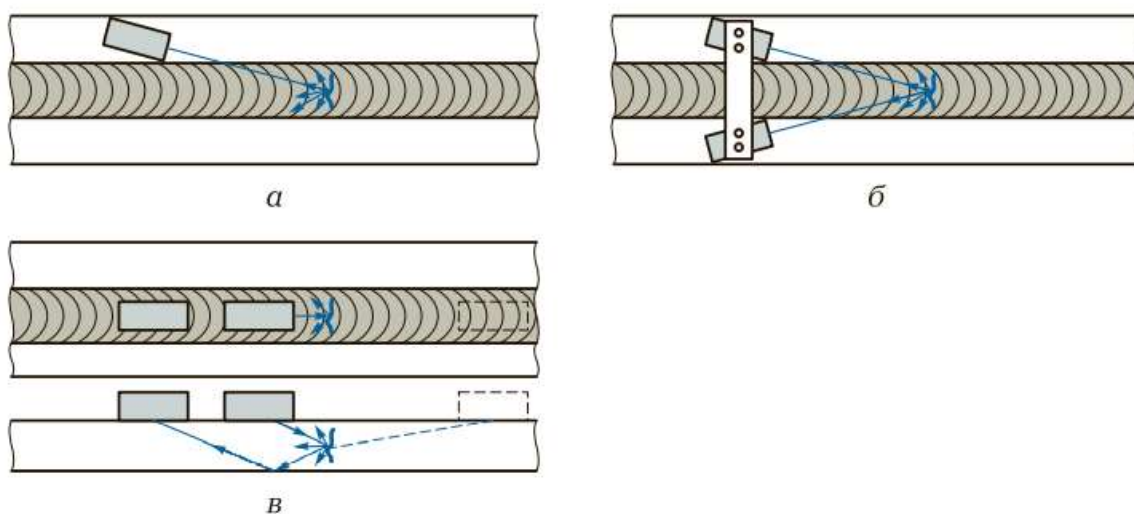


Рисунок 2.4 – Ультразвуковий контроль зварних з'єднань

а) один перетворювач; б) два перетворювачі; в) один або два перетворювачі при знятому валику на лицевій поверхні шва

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Опис технологічного процесу виготовлення зварної конструкції полягає в послідовному виконанні комплексу операцій, спрямованих на створення надійного, міцного та довговічного з'єднання елементів конструкції шляхом зварювання. Цей процес охоплює як підготовчі, так і основні та завершальні етапи, кожен з яких має критичне значення для забезпечення якості виробу.

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення заготовок, що входять до складу кронштейна антени, необхідно виконати такі технологічні операції:

- нанесення розмічування на металеву поверхню;
- розрізання матеріалу згідно з розмічуванням;
- очищення заготовок від забруднень.

Розмічування здійснюється з використанням рулетки, металевої інженерної лінійки, маркера та кернера, який застосовується для створення заглиблень у точках майбутнього свердління.

Розкрій деталей із кутників, смугового металу, круглих труб та арматури виконується за допомогою електричного труборізу Exact P400, який забезпечує високу точність різання та чистоту обробленої поверхні. Загальний вигляд труборізу Exact P400 представлено на рисунку 2.5.

Очищення поверхонь перед зварюванням здійснюється за допомогою кутових шліфувальних машин Makita GA5030, які оснащуються зачисними дисками діаметром 125 мм. Для усунення незначних забруднень або обробки важкодоступних ділянок додатково використовуються ручні дротяні щітки INTERTOOL BT-0001.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд електричного труборізу марки Exact R400

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням здійснюється візуальна перевірка відповідності заготовок вимогам креслень. Під час складання конструкції деталі розміщуються у взаємному положенні, яке відповідає їх кінцевому положенню в готовому виробі. Складальна конструкція повинна мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій у процесі зварювання. Для виконання складання та зварювання елементів кронштейна застосовуються спеціальні складально-зварювальні пристосування – кондуктор із вмонтованими притискачами та опорами, що забезпечують фіксацію деталей у необхідному положенні.

Складання конструкції здійснюється в такій послідовності: спочатку встановлюються заготовки кріплення – кутник і смуга, після чого виконуються прихоплення для фіксації їх положення. Далі монтуються поперечка, елемент підсилення та вертикальний патрубок, які також закріплюються прихопленнями у відповідних точках. Після завершення всіх етапів складання та забезпечення необхідної точності взаємного розміщення елементів, готова конструкція передається на зварювання.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до розрахованих параметрів режиму зварювання здійснюється налагодження напівавтомата та газового обладнання, що включає:

- встановлення зварювального струму, який забезпечує необхідну глибину проплавлення та стабільність дуги;
- регулювання витрати захисного газу для ефективного захисту зварювальної ванни від атмосферного впливу;
- налаштування швидкості подачі електродного дроту, що впливає на рівномірність наплавлення та формування шва.

Після встановлення елементів конструкції у відповідне проектне положення, здійснюється прихоплювання деталей у зонах майбутніх зварних швів. Після завершення прихоплювань та перевірки точності взаємного розміщення елементів, конструкція передається на основну операцію зварювання.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт виконується зачищення швів та видалення металевих бризок з поверхні конструкції з метою покращення її зовнішнього вигляду та підготовки до подальших технологічних операцій. Для виконання опоряджувальних робіт застосовується наступний інструмент: захисні окуляри TOPEX (жовті), слюсарний молоток Tolsen 300 г, зубило Stanley 12×150 мм, КШМ Makita GA5030 і щітка INTERTOOL BT-0001.

2.6.5 Допоміжні операції

Під час виготовлення кронштейна супутникової антени виконуються такі допоміжні технологічні операції, що забезпечують ефективність основного виробничого процесу:

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- налагоджувальні роботи;
- перевантажувальні операції;
- підіймально-транспортні роботи.

Перед початком зварювальних робіт здійснюється налагодження зварювального обладнання, що включає: регулювання витрати захисного газу, встановлення параметрів зварювання, та перевірку справності системи подачі дроту та газу.

Під час виконання перевантажувальних і підіймально-транспортних операцій здійснюється низка важливих дій, що забезпечують безперервність та ефективність виробничого процесу. Зокрема: проводиться встановлення деталей у складально-зварювальному пристосуванні, здійснюється переміщення заготовок до робочого місця, після завершення зварювання готові конструкції транспортуються на дільницю контролю якості для проведення відповідних перевірок, далі виконуються опоряджувальні операції, а завершальним етапом є розміщення готової продукції на складі.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють комплекс перевірок на всіх етапах виготовлення зварної конструкції, до складу таких операцій входять:

- перевірка вхідних зварюваних матеріалів;
- контроль якості зварювальних матеріалів;
- оцінка якості виконання заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій, а також процесу зварювання;
- перевірка зварних з'єднань і конструкції загалом.

Під час зовнішнього огляду здійснюється перевірка форми та розташування зварних швів на відповідність конструкторській документації, а також виявлення зовнішніх дефектів і можливих деформацій конструкції. Після цього проводиться вибірковий контроль за допомогою ультразвукової дефектоскопії ехо-імпульсним методом, який дозволяє оцінити внутрішню

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якість зварних з'єднань, виявити приховані дефекти та підтвердити відповідність продукції вимогам технічних стандартів.

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів здійснюється з метою визначення їх оптимальної кількості, необхідної для виготовлення зварної конструкції. Це дозволяє забезпечити раціональне використання ресурсів, знизити виробничі витрати та підвищити ефективність зварювального процесу на підприємствах промисловості та будівництва. Основні принципи нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх розрахунку, регламентуються державним 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 $\alpha_n=15$ г/Атод;

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

$l_{ш}$ – загальна довжина зварних швів, $l_{ш}=0,26$ м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 110 \cdot 0,26 \cdot 10^{-3} = 0,429 \quad \text{кг.}$$

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

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

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

де Q_p – маса розплавленого електродного матеріалу,

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

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

$$Q_p = 0,429 \cdot 0,7 = 0,3 \quad \text{кг},$$

Q_{nn} – маса наплавленого металу,

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

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

$$Q_{nn} = 0,429 \cdot 0,5 = 0,215 \quad \text{кг}.$$

Отже:

$$H_{el} = 0,3 + 0,215 = 0,515 \quad \text{кг}.$$

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, $K_z=0,85 \dots 0,9$;

$$H_z = 0,3 \cdot 0,9 = 0,27 \quad \text{л / хв.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де U_d напруга на дузі, В;

η_n – коефіцієнт корисної дії, %;

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

$$E = \frac{25}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,469 \quad \text{кВт.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

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

де t_0 – час зварювання одного метра шва, $t_0=0,03$ год;

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Вибір і розробка технологічних пристосувань є важливим етапом підготовки виробництва. Проектування нового обладнання або вдосконалення наявного здійснюється на основі:

- вивчення креслень і технічних умов на зварну конструкцію є ключовим етапом технологічної підготовки виробництва. У процесі розробки зварних виробів питання їх технологічності часто залишаються поза увагою конструктора, що може ускладнити подальше виготовлення. Тому при проектуванні технологічного процесу, а також при виборі та конструюванні зварювальних пристосувань, виникає необхідність аналізу технологічності конструкції. Особливу увагу слід приділяти: геометричній конфігурації деталей, точності виготовлення заготовок, а також стану поверхонь;

- розробка технологічного процесу виготовлення впливає на ефективність і якість складання та зварювання виробу. Раціональний технологічний процес повинен бути детально опрацьований у форматі маршрутного або розгорнутого опису, з урахуванням послідовності операцій, режимів обробки та вимог до обладнання. Особливу увагу слід приділити вивченню процесу конструктором пристосувань;

- аналіз виробничої програми випуску виробу передбачає оцінку обсягів виробництва, типу серійності та вимог до технологічного оснащення. У процесі такого аналізу вивчається складність конструкції пристосування, а також визначається необхідність і доцільність його оснащення засобами механізації та автоматизації.

Отже, вибір типу зварювального пристосування залежить від низки ключових факторів, серед яких: метод складання та зварювання виробу, конструктивні особливості виробу, матеріал і поперечний переріз деталей,

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

вимоги до точності та якості з'єднань, обсяг і продуктивність запланованого виробництва.

При організації виробничого процесу важливо враховувати необхідність зниження трудомісткості складальних та допоміжних операцій, забезпечення стабільної якості продукції, а також покращення умов праці для робітників. У серійному та масовому виробництві перевага надається механізованим високошвидкісним пристосуванням, які функціонують за рахунок енергії стисненого повітря, рідини або електроенергії, замість фізичних зусиль працівника. У таких умовах роль людини зводиться переважно до керування механізованими системами, а також завантаження та вивантаження виробів, особливо у випадках, коли повна механізація або автоматизація процесу є технічно складною або економічно недоцільною на даному етапі.

Вибір конкретного типу пристосування з-поміж доступних варіантів здійснюється на основі техніко-економічного аналізу, який враховує як технічну доцільність, так і економічну ефективність. Зазвичай обирають той варіант, який є найбільш оптимальним з точки зору конструктивної раціональності та забезпечує мінімальні витрати при високій продуктивності і якості.

Складально-зварювальне обладнання класифікується на універсальне, спеціальне та спеціалізоване, залежно від його призначення, конструктивних особливостей і сфери застосування.

Універсальне обладнання застосовується для виготовлення виробів з широким асортиментом конструкцій, завдяки своїй гнучкості та можливості адаптації до різних типів деталей. Натомість спеціальне обладнання розробляється для обробки одного або кількох конкретних виробів, що мають спільні конструктивні ознаки. Вибір типу обладнання залежить від характеру виробництва (одиничне, серійне, масове), обсягів випуску продукції, а також конструктивних особливостей виробу.

Спеціальне обладнання забезпечує високу продуктивність і якість виготовлення, тому його доцільно використовувати у масовому та

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

великосерійному виробництві. Спеціалізоване обладнання, у свою чергу, застосовується переважно в серійному виробництві, де необхідна певна гнучкість у налаштуванні, але водночас важливо зберігати ефективність і точність обробки виробів зі схожими конструктивними ознаками.

Точність підготовки деталей до зварювання, чистота їх поверхонь та якість складання мають вирішальний вплив на міцність, надійність і економічність зварної конструкції. Складання конструкції передбачає точне розміщення та фіксацію елементів у заданому проектному положенні, що забезпечує правильну геометрію виробу та сприяє формуванню якісних зварних з'єднань. Для досягнення необхідної точності та стабільності процесу використовуються технологічні пристосування та оснащення, які дозволяють оптимізувати умови складання.

Під час виготовлення кронштейна супутникової антени застосовуються складально-зварювальні пристосування, зокрема кондуктори для точного позиціонування деталей та маніпулятори, які забезпечують зручність доступу до зони зварювання.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань, що застосовуються під час виготовлення кронштейна супутникової антени, забезпечують чітку послідовність виконання складально-зварювальних операцій. Деталі виробу встановлюються у пристосування згідно з проектним положенням, орієнтуючись на упори та фіксатори, які гарантують точність позиціонування. Після цього елементи надійно закріплюються притискними механізмами.

Опори складально-зварювальних пристосувань поділяються на основні та допоміжні, залежно від їх функціонального призначення. Основні опори відповідають за просторове положення деталі, забезпечуючи її точне базування згідно з проектними вимогами. Вони жорстко закріплюються в корпусі пристосування і формують базову систему координат для складання.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Найпоширенішим типом основних опор є штирі, які забезпечують точне позиціонування. Для великих деталей з обробленими базовими поверхнями застосовуються опорні пластини, що дозволяють рівномірно розподілити навантаження.

Допоміжні опори використовуються для додаткової стабілізації деталі. Вони не впливають на точність базування, але сприяють безпечному та зручному розміщенню елементів.

Регульовані гвинтові опори можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних, завдяки можливості точного налаштування висоти та положення.

Упори призначені для фіксації деталей по бічних поверхнях і забезпечення їх точного розміщення у пристосуванні. Для позиціонування елементів по контуру виробу зазвичай використовуються планки або ребра, які повторюють форму деталі. Залежно від конструкції та умов експлуатації, упори можуть бути: постійними, відкидними, відвідними, знімними, причому їх базова поверхня може бути рельєфною, сферичною або плоскою. Постійні упори жорстко закріплюються на корпусі пристосування за допомогою гвинтів або зварювання, що забезпечує стабільність їх положення. Для підвищення зносостійкості робочих поверхонь упорів застосовують термічну обробку або наплавлення, що дозволяє зберігати точність базування протягом тривалого терміну експлуатації.

Доцільно, щоб упори одночасно виконували функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовуються у випадках, коли геометрія виробу ускладнює його вилучення з пристосування після прихоплювання або зварювання. Такі упори забезпечують зручність демонтажу без порушення точності базування. Для забезпечення надійної фіксації, довжина робочої частини упорів повинна становити не менше ніж подвійна товщина стінки деталі, що гарантує достатню площу контакту та стійкість під час технологічного процесу.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій необхідно дотримуватись точного складання деталей, що передбачає їх правильне взаємне розміщення та надійне закріплення відповідно до проектної документації.

Процес складання зварного виробу включає низку послідовних технологічних операцій, кожна з яких має важливе значення для забезпечення якості кінцевої конструкції. На першому етапі здійснюється подача деталей, що входять до складу виробу або зварного вузла, до місця складання. Далі ці елементи встановлюються у складальному пристосуванні відповідно до заданого проектного положення, яке забезпечує правильну геометрію виробу. У встановленому положенні деталі надійно фіксуються затискними елементами, після чого виконується зварювання. подача та розміщення деталей здійснюється за допомогою універсального або спеціального транспортного обладнання. Позиціонування деталей під час складання визначається установчими елементами пристосування або взаємодією з суміжними деталями.

У конструкції розроблених пристосувань застосовуються пневматичні притискачі, а також різноманітні типи упорів і призми. Таким чином, основна функція складального обладнання у зварювальному виробництві полягає у фіксації та стабільному утриманні зварюваних елементів у заданому положенні.

Притискачі і затискачі повинні забезпечувати [9, с.92]:

- правильне прикладання та напрямок притискного зусилля для закріплення деталей відносно встановлених баз;
- надійне закріплення деталей на протязі всього процесу складання та зварювання;
- швидкодію;

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- можливість зручного встановлення деталей в пристосування, зручність при зварюванні вузла, а також можливість знімання виробу із пристосування після закінчення зварювання;
- зручний підхід до них для легкого приведення в дію (для ручних пристосувань);
- безпечність в роботі [9, с.92].

Притискачі, що застосовуються у складально-зварювальних пристосуваннях, поділяються на ручні та механізовані. Механізовані притискачі забезпечують вищі притискні зусилля, сприяють зниженню трудомісткості складальних операцій, підвищують рівень механізації та покращують умови праці. Ручні притискачі мають простішу конструкцію порівняно з механізованими. У деяких випадках притискачі поєднуються з упорами або фіксаторами, утворюючи комплексні вузли, що дозволяє зменшити габарити пристосування та підвищити його функціональність. В універсально-складальних пристосуваннях установлювальні та затискні елементи, як правило, виконуються знімними та регульованими, що забезпечує гнучкість у налаштуванні та можливість адаптації до різних типів виробів.

З технологічної точки зору, для точного встановлення, фіксації та надійного закріплення вузлів конструкції у пристосуваннях застосовуються постійні упори, відвідні фіксатори, а також притискачі та затискачі.

Для складання та зварювання деталей кронштейна супутникової антени застосовуються складально-зварювальні кондуктори та маніпулятори, які забезпечують високу точність позиціонування елементів, стабільність з'єднань і оптимальні умови для виконання технологічних операцій.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
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 кронштейна антени супутникової

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фізичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	460x300x250	460x300x250
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3пс	кг	5,5	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	0,5	
захисний газ (суміш Ar 80% +CO ₂ 20%)	кг	0,27	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	0,25	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3пс	грн	33,88	33,52
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	132,6	129,6
захисний газ (суміш Ar 80% +CO ₂ 20%)	грн	38,25	37,3
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	1,25	

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення кронштейна антени супутникової

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Потужність електрод вигунів, кВт	Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн		Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка кернер маркер	170 160 179 69	III	$\frac{2,6}{1,8}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Електрич. труборіз Exact P400	151000	1			III	$\frac{2,9}{2,7}$
Очищування	$\frac{3}{П}$	КШМ Makita GA5030	2536	0,72	щітка дротяна Intertool BT-0001	26	II	1,1
Складання	$\frac{3}{П}$	Зварюв. маніпулято р РТМ-40 Кондуктор	148800 41000	1,01	молоток зубило	197 186	III	$\frac{2,7}{2,0}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Напівавтомат Dnipro-M MG-20P	22000				IV	2,1
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Makita GA5030	2536	0,72	щітка дротяна Intertool BT-0001 молоток	26 197	II	$\frac{2,2}{2,1}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвук овий дефектоскоп УД2303 Novotest	70000		Лупа Economi x, 50 мм 5x	55	VI	1,7
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Навантаж увач Linde L16	910000	1,5			III	1,0

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 15,3;

по проекту 13,5;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,0;

по проекту 1,0.

Загальна штучна норма часу: по заводу 16,3;

по проекту 14,5.

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

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,05) \approx 1920 \text{ год.}$$

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

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

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

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=12,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 25000 шт.$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні кронштейна антени супутникової:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 2,79 \approx 3 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{1,8 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 1,94 \approx 2 шт.$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,9 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 3,12 \approx 3 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,7 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 2,9 \approx 3 шт.$$

Для очищування необхідно (за двома варіантами):

$$n = \frac{1,1 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 1,18 \approx 1 шт.$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{2,7 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 2,9 \approx 3 \text{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,0 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 2,15 \approx 2 \text{шт}.$$

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

$$n = \frac{2,1 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 2,26 \approx 2 \text{шт}.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,2 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 2,37 \approx 2 \text{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,1 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 2,26 \approx 2 \text{шт}.$$

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

$$n = \frac{1,7 \cdot 25000}{1920 \cdot 12,1} = 1,83 \approx 2 \text{шт}.$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [10, с.13]:

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 25000 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{25000 \cdot 1 \cdot 0,07}{2100 \cdot 0,7} = 1,19 \approx 1 \text{шт.}$$

Приймаємо один навантажувач для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

4.2 Розрахунок кількості працівників

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

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

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

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 25000$ шт;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається

$K_{вн} = 12,1 \dots 12,2$;

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,6}{1850 \cdot 12,1} = 2,9 \approx 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 1,8}{1850 \cdot 12,1} = 2,01 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,9}{1850 \cdot 12,1} = 3,24 \approx 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,7}{1850 \cdot 12,1} = 3,02 \approx 3 \text{чол.}$$

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

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 1,1}{1850 \cdot 12,1} = 1,23 \approx 1 \text{чол.}$$

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,7}{1850 \cdot 12,1} = 3,02 \approx 3 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,0}{1850 \cdot 12,1} = 2,33 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,1}{1850 \cdot 12,1} = 2,35 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,2}{1850 \cdot 12,1} = 2,46 \approx 2 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 2,1}{1850 \cdot 12,1} = 2,3501 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{25000 \cdot 1,7}{1850 \cdot 12,1} = 1,89 \approx 2 \text{чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
розмічувальники	3	2	III	III
різальники	3	3	III	III
очищувальники	1	1	II	II
складальники	3	2	III	III
зварювальники	2	2	IV	IV
зачищувальники	2	2	II	II
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	III	III
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер діляниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	22	20	—	—

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 Ст3пс	кг	33,88	33,52	186,34	184,36	4658500	4609000			
З/П	Зв. дріт Св-08Г2С	кг	132,6	129,6	66,3	64,8	1657500	1620000			
З/П	Захисна суміш (Ar 80% + CO ₂ 20%)	кг	38,25	37,3	10,33	10,07	258187,5	251775			
Р- ом					262,97	259,23	6574187,5	6480775			
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	1,69	1,68	9,32	9,22	232925	230450	1,25	1,25	31250	31250
З/П	5	6,63	6,48	3,32	3,24	82875	81000				
З/П	5	1,91	1,87	0,52	0,5	12909,38	12588,75				
Р- ом		10,24	10,02	13,15	12,96	328709,38	324038,75	1,25	1,25	31250	31250

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

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

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

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 5,5 \cdot 52,5 \cdot 2,6 = 750,75 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 750,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 262,76 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 750,75 \cdot 0,4 = 300,3 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{\text{оо}} = 5,5 \cdot 52,5 \cdot 1,8 = 519,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 519,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 181,91 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 519,75 \cdot 0,4 = 207,9 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 52,8 \cdot 2,9 = 689,04 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 689,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 241,16 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 689,04 \cdot 0,4 = 275,62 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 4,5 \cdot 52,8 \cdot 2,7 = 641,52 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 641,52 \cdot (0,2 + 0,15) = 224,53 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 641,52 \cdot 0,4 = 256,61 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці очищувальників:

$$З_{\text{оо}} = 9,5 \cdot 52,8 \cdot 1,1 = 551,76 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 551,76 \cdot (0,2 + 0,15) = 193,12 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 551,76 \cdot 0,4 = 220,7 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 53,5 \cdot 2,7 = 938,93 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 938,93 \cdot (0,2 + 0,15) = 328,62 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 938,93 \cdot 0,4 = 375,57 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 53,5 \cdot 2,0 = 695,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 695,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 243,43 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 695,5 \cdot 0,4 = 278,2 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 54,5 \cdot 2,1 = 743,93 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 743,93 \cdot (0,2 + 0,15) = 260,37 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 743,93 \cdot 0,4 = 297,57 \text{ грн}.$$

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 51,8 \cdot 2,2 = 569,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 569,8 \cdot (0,2 + 0,15) = 199,43 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 569,8 \cdot 0,4 = 227,92 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 51,8 \cdot 2,1 = 543,9 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 543,9 \cdot (0,2 + 0,15) = 190,37 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 543,9 \cdot 0,4 = 217,56 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 58,5 \cdot 1,7 = 696,15 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 696,15 \cdot (0,2 + 0,15) = 243,65 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 696,15 \cdot 0,4 = 278,46 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 11,5 \cdot 54,5 \cdot 1,0 = 626,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 626,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 219,36 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 626,75 \cdot 0,4 = 250,7 \text{ грн}.$$

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

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

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.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$З_{од} = 1 \cdot 62,2 \cdot 1850 = 115070 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 115070 \cdot 0,35 = 40274,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 115070 \cdot 0,4 = 46028 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 1 \cdot 62,2 \cdot 1850 = 115070 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 115070 \cdot 0,35 = 40274,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 115070 \cdot 0,4 = 46028 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 62,2 \cdot 1850 = 115070 \text{ грн};$$

$$З_{дд} = 115070 \cdot 0,35 = 40274,5 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 115070 \cdot 0,4 = 46028 \text{ грн}.$$

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

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

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:

$$З_{оп} = 1 \cdot 14500 \cdot 12 = 174000 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 174000 \cdot 0,35 = 60900 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 174000 \cdot 0,4 = 69600 \text{ грн}.$$

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 13723 \cdot 12 = 164676 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 164676 \cdot 0,35 = 57636,6 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 164676 \cdot 0,4 = 65870,4 \text{ грн}.$$

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 заробітн. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
розмічувальники	569819,25	262993,5	199436,74	92047,73	227927,7	105197,4
різальники	522981,36	486913,68	183043,48	170419,79	209192,54	194765,47
очищувальники	139595,28		48858,35		55838,11	
складальники	712644,08	351923	249425,43	123173,05	285057,63	140769,2
зварювальники	376426,05		131749,12		150570,42	
зачищувальники	288318,8	275213,4	100911,58	96324,69	115327,52	110085,36
контролери	352251,9		123288,17		140900,76	
транспортувальники	158567,75		55498,71		63427,1	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	115070		40274,5		46028	
ремонтники	115070		40274,5		46028	
електрики	115070		40274,5		46028	
ІТР	174000		60900		69600	
МОП	164676		57636,6		65870,4	
Разом	3804490,47	308770,56	1331571,66	1080719,7	2171487,89	1884799,92

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	2	3
1	3	П
Основні матеріали:	262,97	259,23
сталь Ст3пс	186,34	184,36
зв. дріт Св-08Г2С	66,3	64,8
захисна суміш (Ar 80% +CO ₂ 20%)	10,33	10,07
Поворотні відходи	1,25	
Паливо та енергія на технологічні цілі	7,14	7,97
Основна заробітна плата основних робітників	124,82	96,16
Додаткова заробітна плата основних робітників	43,69	33,65
Премії та надбавки основних робітників	49,93	38,46
Відрахування на соціальне страхування	3,06	2,36
Відрахування на медичне страхування	5,46	4,21
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	37,28	37,28
Цехові (дільничні) витрати	36,58	36,58
Всього цехова собівартість	569,68	514,65

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.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
різальне	3	3	151000	151000	7550	7550
очищувальне	1	1	2536	2536	126,8	126,8
складальне	3	2	189800	189800	9490	9490
зварювальне	2	2	22000	22000	1100	1100
зачищувальне	2	2	2536	2536	126,8	126,8
контрольне	2	2	70000	70000	3500	3500
транспортне	1	1	910000	910000	45500	45000
Інструмент						
и: молоток	5	4	197	197	9,85	9,85
зубило	3	2	186	186	9,3	9,3
щітка	3	3	26	26	1,3	1,3
рулетка	3	2	170	170	8,5	8,5
кернер	3	2	179	179	8,95	8,95
лінійка	3	2	160	160	8	8
маркер	3	2	69	69	3,45	3,45
лупа	2	2	55	55	2,75	2,75
Разом						

Продовження таблиці 4.7.

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будови та споруди	1055000	1055000	5	52750	52750
Устаткування:					
різальне	460550	460550	8,5	39146,75	39146,75
очишувальне	2662,8	2662,8	8,5	226,34	226,34
складальне	578890	389090	23,5	136039,15	91436,15
зварювальне	45100	45100	19,5	8794,5	8794,5
зачишувальне	5198,8	5198,8	8,5	441,9	441,9
контрольне	143500	143500	10,5	15067,5	15067,5
транспортне	955500	955500	19,5	186322,5	186322,5
Інструменти:					
молоток	994,85	797,85	18	179,07	143,61
зубило	567,3	381,3		102,11	68,63
щітка	79,3	79,3		14,27	14,27
рулетка	518,5	348,5		93,33	62,73
кернер	545,95	366,95		98,27	66,05
лінійка	488	328		87,84	59,04
маркер	210,45	141,45		37,88	25,46
лупа	112,75	112,75		20,3	20,3
Разом	3249918,7	3059157,7		439421,71	394645,73

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=3217,21$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=2990,17$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=569,68$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=514,65$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((3217,21 + 0,15 \cdot 569,68) - (2990,17 + 0,15 \cdot 514,65)) \cdot 25000 = \\ = 5882362,5 \text{ грн.}$$

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

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=72794000$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=68377000$ грн);

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

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

$$E_{yp} = 25000 \cdot (3217,21 - 2990,17) = 5676000 \text{ грн;}$$

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{72794000 - 68377000}{5676000} = 0,78 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт.	25000	25000
Кількість технологічного устаткування	шт.	17	15
Собівартість товарної продукції	грн	3217,21	2990,17
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол.	22	20
- основних робітників	чол.	17	15
Фондомісткість продукції	грн/шт.	569,68	514,65
Умовна річна економія	грн	-	5676000
Річний економічний ефект	грн	-	5882362,5
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,78
Місячний оклад основних робітників:			
- розмічувальники	грн	27590,06	19100,81
- різальники	грн	25322,22	23575,86
- очищувальники	грн	20277,18	20277,18
- складальники	грн	34505,49	25559,63
- зварювальники	грн	27339,24	27339,24
- зачищувальники	грн	20940,15	19988,33
- контролери	грн	25583,51	25583,51
- транспортувальники	грн	23033,06	23033,06

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Ризики та небезпека під час проведення зварювальних робіт: способи їх запобігання

Зварювання – складний та відповідальний процес, саме тому він вимагає підвищеної уваги у плані дотримання безпеки. Правильно підібране обладнання з урахуванням факторів захисту, надійності та зручності використання може значно знизити ризики та запобігти травмуванню персоналу, а також гарантувати комфортні умови праці без зниження продуктивності.

Питаннями безпеки на робочому місці стурбовані як робітники, так і роботодавці, які прагнуть захистити здоров'я спеціалістів: зір, слух, голова, обличчя, легені, грудна клітка – найвразливіші місця людини на момент проведення зварювальних робіт. Запобігти негативним наслідкам на виробничому майданчику можна шляхом проведення тематичного навчання, дотримуючись запобіжних заходів, усуваючи небезпечні чинники. А також вибираючи максимально надійні та функціональні засоби індивідуального захисту зварювальника: пальники, маски, респіратори та вогнестійкий одяг. Тип і рівень захисту необхідно вибирати виходячи зі ступеня складності завдання, що виконується, а також тривалості впливу небезпечних факторів. Наприклад, використання легких зварювальних масок допускається при нетривалій роботі. Але у разі довготривалого перебування на зварювальній ділянці, коли вплив випарів, що містяться в повітрі і утворюються в процесі зварювання та шліфування, потрібен надійний захист органів дихання, який здатний зберегти здоров'я працівника [11].

До основних загроз здоров'ю при проведенні зварювальних процесів відносять: вплив тепла, ультрафіолетового випромінювання, сильний дим і світло, а також випари, що становлять загрозу для здоров'я спеціаліста та його оточення. Через багаторазовий тривалий вплив забруднень, що містяться в

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

повітрі, виникає більша частина професійних легеневих захворювань, а для пошкодження легень достатнього навіть одноразового такого впливу. Зварювальники зазнають сильної втоми та професійних травм через необхідність виконувати роботи у складних просторових положеннях [11].

Ультрафіолетове випромінювання / яскраве світло в процесі зварювання. За яскравістю світла та іскор дуги приховується дуже велика небезпека. Якщо спостерігати за дугою, що горить, без потрібного захисту для очей - можна отримати пошкодження зору. Також слід враховувати, що навіть короткий вплив може спричинити опік поверхні ока (це явище називають «зловити зайчика»). Ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, а також такі видимі елементи, як гарячі бризки, можуть пошкодити очі та обпалити незахищену шкіру [11].

Захист для очей у фокусі уваги. Зварювальна маска та зварювальний фільтр здатні забезпечити надійний захист очей. Світлофільтри (з фільтром, що автоматично затемнюється) і пасивні світлофільтри (схвалені кольорові захисні скла) гарантують 100%-ий захист від ультрафіолетового випромінювання.

Зварювальні або лицьові маски почали використовувати досить давно. При виборі потрібної моделі необхідно орієнтуватися на характеристики їхнього класу захисту, ваги і балансування, оскільки ці властивості істотно різняться. Зварювальні або захисні маски з світлофільтром, що автоматично затемнюється, полегшують і прискорюють роботу фахівця протягом усієї роботи [11].

Захист легень – життєва необхідність у вирі зварювального процесу. Один з варіантів надійного захисту - маска зварювальна або маска для обличчя, що оснащена лицьовим ущільненням. У її конструкції є вентиляційна система очищення повітря (зварювальні респіратори та системи PAPR), яка здатна убезпечити людину від щоденної дії канцерогенних токсичних випарів та газів. Повна респіраторна система складається з фільтру, набору шлангів та

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

лицьової маски. Зварювальні респіратори мають класифікацію за рівнями захисту, тобто рівнями очищення забрудненого повітря у зварювальному середовищі. Ця класифікація несе інформацію не тільки про ефективність фільтру системи фільтрації. Вона містить значення загального вимірного сукупного коефіцієнта витоків респіраторної системи – коефіцієнт проникнення (TIL) [11].

Токсичні зварювальні гази та випаровування. Згідно з дослідженнями, за 8-годинну зміну людина вдихає 4000 літрів повітря. При цьому один зварювальник за годину роботи може спровокувати утворення до 40 г диму та зважених у повітрі компонентів. Ці випари складаються з газів і дрібних частинок та можуть містити більше 40 різних речовин, які утворюються з оброблюваного матеріалу, присадкових металів, а також з таких поверхонь, як фарби і покриття. Випари небезпечні для здоров'я людини, а якщо нехтувати засобами захисту - крихітні частинки диму можуть глибоко проникати в структуру легень і змінювати її. Крім того, тривала взаємодія з канцерогенами може спровокувати респіраторні недуги і рак. Професійним захворюванням легень можна запобігти, використовуючи надійний захист органів дихання [11].

Для мінімізації шкідливого впливу випарів і газів необхідно дотримуватись певних заходів безпеки [11]:

- забезпечити вентиляцію в зоні зварювання з метою відведення випарів та газів із місця проведення робіт;
- зварювальник завжди повинен використовувати сертифікований зварювальний респіратор.

Таким чином, в ході виконання зварювальних робіт, зварник завжди повинен дотримуватись вимог техніки безпеки, щоб зменшити імовірність появи ризиків та небезпек в процесі своєї роботи.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

5.2 Вимоги охорони праці та пожежної безпеки під час виготовлення кронштейна антени супутникової

Кронштейн антени супутникової виготовляється із використанням дугового зварювання, тому найважливішим питанням в охороні праці є забезпечення електробезпеки зварювальних робіт під час виготовлення виробу.

Електричне обладнання, що застосовується для зварювання, і його експлуатація повинні відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.32-01 та ДНАОП 0.00-1.21-98.

Корпус будь-якої електрозварювальної установки необхідно заземлювати. Послідовне включення в заземлюючий провідник декількох апаратів забороняється.

Окремі елементи зварювального кола, а також відрізки зварювальних кабелів при нарощуванні довжини повинні бути з'єднані роз'ємними з'єднувальними муфтами. Забороняється з'єднувати зварювальні кола скрутками з оголеним кабелем. Струмопідвідні кабелі зварювального кола повинні бути по всій довжині ізольовані та захищені від механічних ушкоджень [12, с.128].

Зворотнім проводом, що з'єднує зварювальні вироби з джерелом зварювального струму, можуть слугувати гнучкі, а також металічні шини достатнього перерізу, зварювальні плити і сама зварювана конструкція. Використання в якості зворотнього проводу мережі заземлення металевих будівельних конструкцій будівлі, комунікацій і незварювального технологічного обладнання забороняється. З'єднання між собою окремих елементів, що використовуються в якості окремого проводу, повинно виконуватися ретельно (зварюванням або затисканням струбциною). При зварюванні кругових швів допускається з'єднання зворотнього проводу з виробом, що зварюється, за допомогою ковзкого контакту. Затискання вторинної обмотки трансформатора, до якого підключається зворотній провід,

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

а також аналогічні затискачі у зварювальних випрямлячах і генераторах, в яких обмотки збудження підключаються до розподільчої електричної мережі без розділяючого трансформатора, необхідно заземлювати [12, с.128].

Якщо установка має кілька пультів керування, обслуговування яких з одного робочого місця неможливе, кожен пульт повинен бути обладнаний апаратом ручного аварійного відключення. На установках або автоматичних лініях з великим фронтом обслуговування кнопки аварійного відключення повинні розташовуватися одна від одної на відстані не більше 10 м. Кнопки керування, що використовуються у таких випадках, повинні мати защібки, які забезпечують тільки примусове повернення контактів у початковий стан [12, с.128].

Якщо для забезпечення безпеки працюючих установкою необхідно керувати одночасно обома руками, система керування повинна забезпечити дворучне включення, що допускає можливість пуску установки тільки одночасним включенням пускових кнопок (рукояток), які повинні розташовуватися на відстані 300-600 мм одна від одної. В особливо відповідальних випадках для дворучного включення повинна бути передбачена протизаклинна схема, яка виключає можливість роботи на установці, якщо одна з кнопок (рукояток) включення заклинена.

Схема приєднання декількох джерел зварювального струму, що працюють на одну зварювальну дугу, повинна виключати можливість одержання між виробом і електродом напруги, що перевищує найбільшу напругу холостого ходу одного з джерел зварювального струму [12, с.129].

Зварювальні установки мають бути захищені запобіжниками або автоматами зі сторони мережі живлення. Багатопостові зварювальні агрегати, крім захисту з боку мережі живлення, повинні мати у загальному проводі зварювального ланцюга автоматичний вимикач та запобіжники на кожному проводі на зварювальному посту.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усі електрозварювальні установки з джерелами змінного і сталого струму у випадках зварювання в особливо небезпечних умовах (зварювання у середині металевих ємностей, колодязів, відсіків, на понтонах тощо) повинні бути обладнані пристроями автоматичного відключення холостого ходу або обмеження його напруги до 12 В не пізніше 1 с після розмикання зварювального ланцюга. Обмежник, виконаний у вигляді окремої приставки, має бути заземлений окремим проводом [12, с.129].

Замкнуті простори резервуарів, котлів, металевих ємностей, відсіків і т.д. під час виконання зварювальних робіт, наплавлення і різання повинні освітлюватися світильниками з напругою не вище 42 В, установленими ззовні зварюваного виробу, або ручними переносними світильниками закритого виконання з напругою не більш 12 В. Трансформатор для переносних світильників необхідно встановлювати поза зварюваним виробом, а його вторинну обмотку – заземлити.

Застосування автотрансформаторів для зниження напруги живлення світильників забороняється.

Електрозварювальний інструмент (електродотримачі, електропаяльники, електрорізаки) не повинні мати відкритих струмоведучих частин, а рукоятки необхідно виготовляти із струмоізолюючих матеріалів.

Забороняється залишати на робочому місці електрозварювальний інструмент, що знаходиться під напругою. Пересувні електрозварювальні установки під час їх пересування необхідно відключати від мережі.

Приєднання і від'єднання від мережі електрозварювальних установок, переключення зварювального струму рукоятками, розташованими в середині установки за дверцятами, що не мають пристрою блокування, а також спостереження за справним станом установок у процесі експлуатації повинно виконуватися електротехнічним персоналом [12, с.129].

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Весь персонал, що обслуговує електрозварювальні установки, повинен періодично проходити інструктажі з електробезпеки, охорони праці, пожежної безпеки, надання першої допомоги.

Вищезазначені вимоги безпеки праці мають велике значення в технологічному процесі виготовлення кронштейна антени супутникової, оскільки вони вимагають від працівника обов'язкового виконання та забезпечення безпеки обладнання та виробництва.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

ВИСНОВКИ

Вдосконалення технологічного процесу виготовлення кронштейна супутникової антени доцільно впровадити низку технічних рішень. Зокрема, рекомендується використовувати метод напівавтоматичного зварювання в суміші аргону (80%) та вуглекислого газу (20%), що дозволить зменшити розбризкування електродного металу, покращити захист зварювальної ванни та забезпечити стабільність процесу в умовах низьких температур, особливо в зимовий період.

Крім того, необхідно застосовувати спеціальні пристосування та устаткування, які забезпечують надійну фіксацію елементів конструкції та запобігають їх зміщенню під час зварювання. Важливим напрямом удосконалення є також використання сучасних зразків зварювального обладнання, що забезпечують стабільні режими роботи, високу якість з'єднань і підвищену продуктивність.

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сталь Ст3сп. Метінвест: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st3sp> (дата звернення: 20.05.2026).

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. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.

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

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

6. Напівавтомат інверторний MIG/MMA Dnipro-M MG-20P. Напівавтомати зварювальні: веб-сайт. URL: <https://dnipro-m.ua/tovar/napivavtomat-invertornij-mg-20p/?tab=description> (дата звернення: 25.05.2026).

7. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-yakosti-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 25.05.2026).

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

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

9. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького національного технічного університету: веб-сайт. URL: https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=254263 (дата звернення: 02.06.2026).

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

11. Ризики та небезпека під час проведення зварювальних робіт: способи їх запобігання. Захист зварювальника: веб-сайт. URL: https://kemppi.in.ua/articles/zahust_zvaryvalnuka.htm (дата звернення: 11.06.2026).

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

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.08.00.00.000.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		