

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
антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С

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

Василь КОВАЛЬ

Керівник

Віктор СЕНЧИШИН

Рецензент

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

КОВАЛЮ Василю Романовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С

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

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

Термін подання студентом роботи 19.06.2026р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Засоби захисту при виконанні зварювальних робіт

5.2 Безпека праці під час виконання зварювальних робіт виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення пристрою для складання та зварювання вузла – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення пристрою для зварювання діафрагми вертикальної – 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)

Василь КОВАЛЬ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Віктор СЕНЧИШИН

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С 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 communication antenna type TMA-82S manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Опис конструкції зварного виробу	7
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	12
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	12
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	13
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	13
1.3.4 Вимоги до складання	14
1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції	14
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	17
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	19
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	21
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	25
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	28
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	30
2.6.1 Заготівельні операції	30
2.6.2 Складальні операції	30
2.6.3 Складально-зварювальні операції	31

					<i>КР.422.10.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Коваль			Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення антени супутникового зв'язку Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сенчишин Вікт.					4	73
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	31
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	32
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	32
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	38
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	38
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	39
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	42
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	48
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	52
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	53
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	59
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	60
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	62
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	64
5.1	Засоби захисту при виконанні зварювальних робіт	.	.	.	.	.	64
5.2	Безпека праці під час виконання зварювальних робіт виготовлення						
	антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С	.	.	.	.	.	67
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	70
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	71
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	73

ВСТУП

Зварювання є одним із найефективніших технологічних процесів, що поєднує економічну доцільність, високу продуктивність і значний рівень механізації. Завдяки своїй універсальності та надійності, воно широко використовується в більшості галузей машинобудування для створення міцних і довговічних з'єднань металевих конструкцій.

Фізична основа процесу зварювання полягає у створенні міцного міжатомного зв'язку між поверхнями деталей, що з'єднуються. Для формування такого зв'язку необхідно дотримання кількох умов: ретельне очищення поверхонь від забруднень, оксидів і сторонніх атомів; активація поверхневих атомів шляхом енергетичного впливу, що сприяє їх взаємодії; а також наближення з'єднуваних частин на відстань, яка відповідає міжатомній відстані в матеріалі заготовок.

Усі види зварювання класифікуються на три основні класи залежно від форми енергії, яка використовується для створення зварного з'єднання: термічне, термомеханічне і механічне зварювання.

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

Найбільш поширеним методом зварювання в промисловості є зварювання в середовищі захисних газів, особливо із застосуванням їхніх сумішей. Така популярність зумовлена низькою вартістю окремих видів газів, а також значним покращенням якості зварних з'єднань і підвищенням продуктивності процесу.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Елементи антенної системи супутникового зв'язку з дзеркалом діаметром 12 метрів типу ТМА-82С включають ферму, радіальні зв'язки, вертикальні діафрагми та блок-ферми.

Ферма являє собою решітчасту конструкцію, яка складається з окремих елементів, з'єднаних у вузли, що формують геометрично незмінну систему. Хоча вся конструкція працює на згин, навантаження передаються через вузли, тому в стержнях виникають лише повздовжні сили – стиску або розтягу. Основу ферми становлять верхній і нижній пояси, між якими розміщується решітка, утворена вертикальними стояками та нахиленими розкосами. Для розкісної схеми характерна наявність зусиль одного знаку в розкосах і протилежного – у стояках. Усі ферми цієї конструкції виготовлені з трубчастих профілів, що сприяє зменшенню загальної маси виробу.

Радіальний зв'язок є просторовим елементом поздовжньої форми, що складається з двох довгомірних трубчастих профілів, з'єднаних між собою перемичками. Його конструкція має вигнуту конфігурацію, що забезпечує необхідну жорсткість і стабільність. Основне призначення цього елемента – сприймання навантажень у складі несучого каркаса, який являє собою зварну решітчасту конструкцію, сформовану з ферм та з'єднаних між собою елементів по замкненому контуру.

Вертикальна діафрагма є плоскою решітчастою конструкцією, за принципом побудови подібною до ферми. Вона має чотири точки кріплення і виконує функцію сприймання бокових навантажень, що діють на дзеркало.

Загальний вигляд антени супутникового зв'язку представлено на рисунку 1.1, який ілюструє просторову компоновку основних конструктивних елементів.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

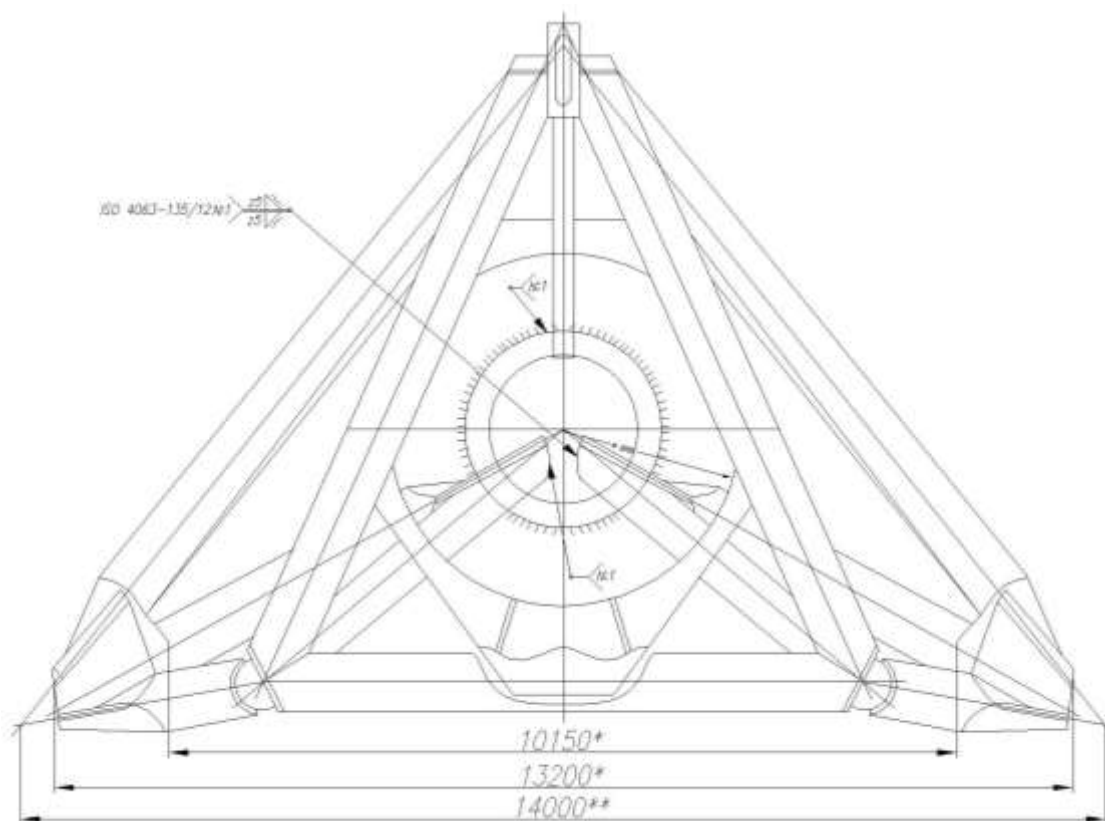


Рисунок 1.1 –Антенa супутникового зв’язку ТМА-82С

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Усі елементи дзеркальної системи мають виготовлятися з точним дотриманням встановлених технологічних процесів та з урахуванням усіх технічних вимог, що до них висуваються.

До елементів дзеркальної системи антени типу ТМА-82С висуваються суворі технічні вимоги, що забезпечують її надійність і функціональність. Зокрема, необхідно постійно підтримувати встановлені параметри режиму зварювання, виключати наявність сторонніх предметів, механічних пошкоджень, дефектів покриття та слідів корозії. Болтові з’єднання повинні бути затягнуті до упору з використанням стопорних пристроїв відповідно до креслень. Не допускаються тріщини, а задирки на краях отворів мають бути ретельно видалені без порушення фасок. Всі деталі повинні відповідати розмірам, зазначеним у конструкторській документації, а під час складання

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

конструкції перед зварюванням необхідно усунути місцеві збільшені зазори, щоб забезпечити якість з'єднань.

Технічні умови відповідно до стандарту мають узгоджуватися з вимогами технічного завдання та чинних нормативів для даного типу продукції. Вони повинні враховувати накопичений досвід у сфері проектування, виготовлення та експлуатації аналогічних виробів, що забезпечує відповідність конструкції, технології та якості продукції встановленим вимогам і практичним потребам.

Зварні шви мають виконуватись відповідно до технологічного порядку, зазначеного на кресленнях. У разі виявлення тріщин у швах необхідно очистити дефектну ділянку від покриття, провести візуальний контроль за допомогою лупи, видалити пошкоджену частину шва та накласти новий. Після завершення ремонту слід нанести нове захисне покриття.

Особливу увагу необхідно приділяти втомній міцності зварних швів, оскільки під час експлуатації конструкції на неї діють знакозмінні навантаження. Цей фактор слід обов'язково враховувати на етапах проектування та розробки технології виготовлення, щоб забезпечити довговічність і безпечну роботу виробу в умовах циклічного навантаження.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення конструкції застосовується конструкційна маловуглецева сталь звичайної якості марки СтЗсп. Її механічні характеристики наведені в таблиці 1.1, а хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі СтЗсп [2]

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст3сп, % [2]

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

Для оцінки зварюваності металу насамперед слід визначити її сутність. Зварюваність – це комплексна характеристика, яка відображає здатність матеріалу реагувати на фізико-хімічний вплив процесу зварювання та формувати зварне з'єднання, що відповідає встановленим експлуатаційним вимогам.

Механічні властивості металу шва та зварного з'єднання визначаються його структурою, яка формується під впливом хімічного складу, режиму зварювання, а також термічної обробки до і після процесу.

Сталь марки Ст3сп належить до добре зварюваних матеріалів завдяки низькому вмісту вуглецю – до 0,25%. Марганець, присутній у кількості до 0,65%, покращує загартованість без негативного впливу на зварюваність. Кремній у межах 0,12–0,3% також не створює перешкод для якісного зварювання. Водночас фосфор і сірка є небажаними домішками, оскільки спричиняють червоноломкість – підвищену крихкість при високих температурах. Хром підвищує твердість і міцність сталі, а нікель сприяє покращенню пластичності та міцності без шкоди для зварюваності. Мідь, у кількості до 0,3%, підвищує корозійну стійкість і не впливає негативно на здатність сталі до зварювання.

Різні хімічні елементи по-різному впливають на зварюваність сталі, тому для комплексної оцінки цього впливу використовують показник еквіваленту вуглецю – C_e , який розраховується за формулою [3, с.127]:

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де С, Mn, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст відповідного елемента в сталі, %.

Отже:

$$C_e = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,44 \quad \%$$

Отже, еквівалент вуглецю $C_e = 0,44\%$ є меншим за критичне значення $0,45\%$, що свідчить про добру зварюваність сталі СтЗсп. Це дозволяє виконувати зварювання без попереднього підігріву та додаткового нагрівання в процесі. Термічна обробка після зварювання не є обов'язковою, за винятком окремих випадків, передбачених технічними умовами або специфікою технологічного процесу.

Хімічний склад металу шва при зварюванні сталі СтЗсп лише незначно відрізняється від складу основного металу. Основна відмінність полягає в зниженому вмісті вуглецю, що дозволяє уникнути утворення гартівних структур при високих швидкостях охолодження. Зменшення міцності, яке може виникнути через це, компенсується легуванням зварювального металу марганцем і кремнієм, що вводяться через зварювальний дріт.

Хімічний склад металу шва формується залежно від співвідношення основного та присадного металів, а також їх взаємодії з газовою фазою під час зварювання. Підвищена швидкість охолодження сприяє зростанню міцності шва, проте водночас знижує його пластичність і ударну в'язкість, що пов'язано зі змінами у кількості та структурі перлітної фази. Критична температура переходу для одношарового шва залишається практично незмінною незалежно від швидкості охолодження. Саму швидкість охолодження визначають такі фактори, як товщина зварюваного металу, обраний режим зварювання та початкова температура виробу.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для досягнення високої якості зварних з'єднань важливо застосовувати сертифіковані матеріали та напівфабрикати, які відповідають встановленим вимогам. У разі виявлення зовнішніх дефектів або відсутності сертифікатів, допуск до виробництва можливий лише після проведення хімічного аналізу, механічних випробувань і перевірки зварюваності, що гарантує відповідність матеріалу технічним стандартам і забезпечує надійність з'єднань.

Напівфабрикати та деталі слід зберігати в закритих приміщеннях, щоб запобігти впливу зовнішніх факторів. Поверхневі дефекти сприяють накопиченню вологи й забруднень, що прискорює корозійні процеси та знижує стійкість металу. Для підвищення його корозійної стійкості необхідно забезпечити високу чистоту поверхні та ретельно усувати дрібні нерівності шляхом згладжування.

Усі матеріали та напівфабрикати, що використовуються у виробництві, повинні супроводжуватись сертифікатами постачальника або паспортами якості. За їх відсутності допуск до виробничого процесу можливий лише після проведення відповідних випробувань для визначення основних характеристик. Якість і відповідність матеріалів мають бути підтверджені виробником у сертифікатах, а за їх відсутності – заводською лабораторією на основі результатів аналізу.

Зварювальний дріт підлягає перевірці на чистоту поверхні та має зберігатися в умовах, що унеможливають його забруднення й окислення. Це критично для забезпечення якісного зварного з'єднання. Захисні гази також проходять контроль на наявність шкідливих домішок і вологи, оскільки їх чистота безпосередньо впливає на стабільність дуги та властивості металу шва.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Несуча здатність і економічність зварної конструкції значною мірою залежать від точності підготовки деталей до зварювання, чистоти їх поверхонь та якості складання. Кромки зварюваних елементів дозволяється обробляти будь-якими методами механічної обробки або газовим різанням, за умови, що поверхня різу буде рівною, а нерівності не перевищуватимуть 0,5 мм.

Основною вимогою технічних умов при проектуванні конструкції є гарантування достатньої жорсткості, яка забезпечує її стабільність і надійність під дією експлуатаційних навантажень.

Точність розмірів вузлів антени ТМА-82С зазвичай забезпечується за рахунок остаточної механічної обробки. Геометричні відхилення, перекося та зміщення окремих елементів, що можуть виникати в процесі заготівельних, складальних або зварювальних робіт, регламентуються технічними умовами на виготовлення конструкції.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Під час виготовлення антени супутникового зв'язку її конструкція та розташування зварних з'єднань повинні відповідати таким вимогам:

- забезпечення зварювання згідно з усіма встановленими технологічними нормами та стандартами;
- наявність достатнього простору для розміщення нагрівальних пристроїв у разі потреби локального підігріву;
- можливість проведення контролю якості зварних з'єднань за допомогою відповідних методів (візуальний, ультразвуковий, рентгенографічний тощо);
- забезпечення доступу для виконання ремонтних робіт у разі виявлення дефектів або пошкоджень.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Властивості зварних з'єднань конструкції зазвичай мають відповідати характеристикам основного металу. З цією метою встановлюються мінімально допустимі значення механічних показників, зокрема міцності, ударної в'язкості та пластичності.

1.3.4 Вимоги до складання

Складання деталей і вузлів перед зварюванням повинно виконуватись у спеціальних пристосуваннях, стендах або установках, що гарантують точність і стабільність форми зварних елементів та конструкції загалом. При цьому розміри основних деталей, які формують габарити вузлів, необхідно визначати з урахуванням усадки металу, що виникає внаслідок термічного впливу під час зварювання.

Для точного визначення базових розмірів складально-зварювальних пристосувань, стендів і установок слід обов'язково враховувати деформації, які виникають у процесі зварювання як окремих вузлів, так і конструкції в цілому.

Прихоплення елементів конструкції слід здійснювати виключно в тих точках і в тій послідовності, які визначені технологічним процесом.

Під час складання під зварювання обов'язковою умовою є ретельне очищення основного металу в зонах майбутніх зварних з'єднань. Поверхня повинна бути повністю звільнена від: іржі, мастила і жирів, вологи, окалини, пилу та інших забруднень. Наявність таких домішок може призвести до утворення пор, тріщин, непроварів та інших дефектів у швах.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість зварного виробу гарантується лише за умови дотримання комплексу технологічних та організаційних вимог на всіх етапах виробництва. Основні з них включають:

- технологічність конструкції;

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- режими зварювання;
- точність складання;
- застосування якісних матеріалів;
- контроль якості;
- відсутність дефектів.

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

У виробництві елементів дзеркальної системи антени супутникового зв'язку типу ТМА–82С на підприємстві застосовується напівавтоматичне дугове зварювання у середовищі вуглекислого газу (CO₂).

Під час виконання зварних швів насамперед визначають режим зварювання, який забезпечує високу якість з'єднання, точні розміри та форму шва при мінімальних витратах матеріалів, електроенергії та трудових ресурсів.

Для зварювання елементів дзеркальної системи антени використовують дріт марки Св-08ГС, який при роботі з маловуглецевими сталями сприяє зниженню вмісту оксидних включень до приблизно 0,014%.

Як захисний газ застосовується вуглекислий газ, який є нетоксичним, невибухонебезпечним, безбарвним і не має запаху. Перед зварюванням поверхні деталей ретельно очищають від іржі, забруднень та знежирюють.

Таблиця 1.3 – Параметри режиму зварювання виробу

Параметри	Норми
Товщина металу, мм	5
Діаметр електродного дроту, мм	1,6
Зварювальний струм, А	250
Напруга, В	30
Швидкість зварювання, м/год	30
Витрати вуглекислого газу, л/хв	16

Перед зварюванням конструкції здійснюється її складання, що забезпечує належну якість зварних з'єднань. Елементи системи — вертикальні діафрагми, радіальні зв'язки та блок-ферми — встановлюються у проектне положення за допомогою спеціальних пристроїв. Для фіксації заготовок використовують струбцини, клини та стяжні кутники. Після завершення зварювання вироби фарбують і транспортують на складально-зварювальну дільницю для остаточного складання каркасу несучої частини дзеркальної системи.

Для виготовлення вузлів антени застосовують такі основні зварювальні засоби: напівавтомат ПДГ-502, джерело живлення ВДУ-504 та зварювальний пальник ГДПГ-501.

До основних недоліків технології зварювання вузлів антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С у цьому випадку належить неефективний вибір зварювального обладнання. Зокрема, при використанні джерела живлення, напівавтомата та пальника спостерігається недовантаження потужностей – до 50%, що призводить до необґрунтованого зростання собівартості виробу.

Ще одним недоліком є використання форсованих режимів зварювання, що через підвищену швидкість процесу може спричинити збільшення кількості браку. Це особливо актуально при виконанні коротких кільцевих швів у складних просторових положеннях та важкодоступних зонах. Крім того, застосування високої сили струму негативно впливає на якість металу шва, знижуючи його пластичність та ударну в'язкість.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Доцільність застосування того чи іншого способу зварювання при виготовленні даної конструкції визначається на основі аналізу таких факторів: технічних і економічних вимог до зварних з'єднань, зварюваності матеріалу, заданої продуктивності, можливості механізації та автоматизації процесу, безпеки і нешкідливості роботи.

Під час виготовлення цієї конструкції вибір способу зварювання обмежується особливостями розташування швів — вони мають різні просторові положення та обмежену довжину. З огляду на це доцільно застосовувати один із таких методів:

- а) ручне дугове зварювання;
- б) напівавтоматичне під флюсом;
- в) напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів;
- г) газове зварювання.

Ручне дугове зварювання вирізняється простотою обладнання та низькими витратами на виробництво порівняно з іншими методами. Водночас цей спосіб має суттєві недоліки: низьку продуктивність, шкідливі умови праці, потребу у висококваліфікованому персоналі, відсутність автоматизації та високу ймовірність виникнення браку.

Напівавтоматичне зварювання під флюсом забезпечує отримання якісних швів, однак, як і ручне дугове зварювання, потребує видалення шлаку після завершення процесу. Цей метод доцільно застосовувати для швів середньої довжини, тоді як у конструкції антени переважають короткі шви, що знижує його ефективність у даному випадку.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів має низку переваг: достатній рівень автоматизації, високу продуктивність, невеликі витрати на виробництво, якісні зварні з'єднання, можливість візуального

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю дуги та ванни розплавленого металу, зручність роботи в різних просторових положеннях, а також здатність зварювати метали товщиною від 0,2–0,9 мм до 10–20 мм. Серед недоліків – інтенсивне розбризкування електродного металу, що забруднює обладнання, потреба в джерелі постійного струму та необхідність захисту від світлового і теплового випромінювання через відкриту дугу.

Газове зварювання має низку переваг: плавне нагрівання металу, відсутність потреби в електроживленні, простота та економічність процесу, а також можливість зварювання як чорних, так і кольорових металів та їх сплавів. Водночас цей метод характеризується такими недоліками, як вибухонебезпечність, складність механізації та автоматизації, чутливість до протягів і низьких температур, а також обмеження щодо товщини металу – ефективно лише для тонких матеріалів.

Отже, при виготовленні антени супутникового зв'язку типу ТМА–82С застосовується напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів, зокрема у суміші МІХ-2, яка складається з 81% аргону, 18% вуглекислого газу та 1% кисню.

Схема даного способу приведена на рисунку 2.1.

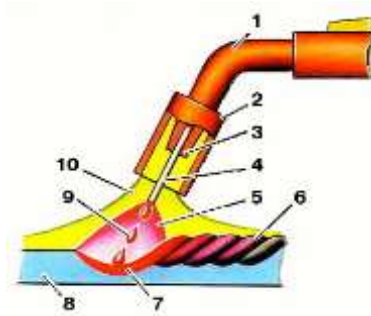


Рисунок 2.1 - Схема напівавтоматичного зварювання у суміші газів

1 - пальник; 2 - сопло; 3 – струмопровідний мундштук; 4 – електродний дріт; 5 - зварювальна дуга; 6 – зварний шов; 7 – зварювальна ванна; 8 - основний метал; 9 – краплі електродного металу; 10 – газовий захист

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

У машинобудуванні для створення зварних конструкцій використовують різноманітні марки сталей, вибір яких залежить від специфічних вимог до виробу. Серед основних критеріїв — підвищена міцність, стійкість до корозії, зносостійкість та інші експлуатаційні характеристики. Одним із ключових факторів при цьому є оцінка зварюваності обраної сталі.

Вуглецева сталь марки СтЗсп належить до конструкційних сталей спокійного розливу (сп – спокійна). Вона широко використовується в машинобудуванні завдяки збалансованим механічним властивостям, добрій зварюваності та доступності.

Вуглецеві сталі – це сплави на основі заліза, де головним легуючим елементом виступає вуглець. У конструкційних марках його вміст зазвичай становить від 0,5% до 0,9%. Крім вуглецю, до складу таких сталей входять постійні домішки: корисні – марганець і кремній, які покращують механічні властивості та зварюваність; а також шкідливі – сірка, фосфор, кисень, азот і водень, що можуть негативно впливати на якість металу, спричиняючи крихкість, пористість або зниження міцності.

Марганець і кремній додають до сталі з метою її розкислення, що сприяє покращенню структури металу. Крім того, марганець нейтралізує негативний вплив сірки, зменшуючи ризик утворення гарячих тріщин. Сірка, навпаки, є шкідливою домішкою, оскільки сприяє крихкому руйнуванню сталі при високих температурах. Фосфор, хоча й добре розчиняється в залізі, значно підвищує температуру переходу металу в крихкий стан, що призводить до холодноламкості – зниження міцності при низьких температурах.

Щоб забезпечити рівномірне та надійне з'єднання, важливо грамотно підібрати як матеріал, так і технологію зварювання. Від правильного вибору зварювальних матеріалів залежать механічні та фізико-хімічні характеристики металу шва, які мають відповідати експлуатаційним вимогам конструкції.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Застосування захисних зварювальних сумішей замість традиційного вуглекислого газу дає змогу істотно підвищити швидкість зварювання без необхідності змінювати технологію чи обладнання. Це досягається завдяки стабільнішій роботі дуги, покращеному перенесенню та нагнітання металу в зварювальну ванну.

Крім того, розширюється робочий діапазон регулювання режимів як за напругою, так і за струмом. Наприклад, швидкість подачі дроту може зрости з 6–7 до 12–14 м/хв. У таких сумішах легко реалізується режим струменевого перенесення, що забезпечує майже ідеальну форму зварного шва.

Під час виготовлення конструкції антени супутникового зв'язку типу ТМА–82С як захисний газ застосовується суміш МІХ-2, яка складається з 81% аргону, 18% вуглекислого газу та 1% кисню. При напівавтоматичному електродуговому зварюванні в середовищі захисних газів основним зварювальним матеріалом виступає зварювальний дріт, тоді як допоміжним – захисна газова суміш.

У промисловості аргон добувають із атмосферного повітря шляхом низькотемпературної ректифікації, під час якої основними продуктами є кисень і азот, а аргон – супутній компонент. Це інертний газ, який може поставлятися як у рідкому, так і в газоподібному стані. Відповідно до технічних умов ТУ 2114-001-76237928-2013, для зварювання антени використовується газоподібний аргон високої чистоти з масовою часткою 99,998%.

Для зварювання конструкції як захисний газ використовується вуглекислий газ вищого сорту з максимально допустимим вмістом домішок не більше 0,1%. Кисень, що входить до складу захисної суміші, отримують у промисловості з атмосферного повітря шляхом низькотемпературної ректифікації. Технічний кисень класифікується на три сорти залежно від ступеня чистоти: сорт №1 містить 99,7% O₂, сорт №2 – 99,55% O₂, а сорт №3 –

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

99,2% O₂. Оскільки зварювання виконується в захисній газовій суміші МІХ-2, до її складу входить технічний кисень саме третього сорту.

У процесі зварювання конструкції використовується легований зварювальний дріт марки Св-08Г2С, який забезпечує високу якість зварного шва. Детальний хімічний склад дроту наведено в таблиці 2.1.

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

З метою покращення процесу зварювання та забезпечення високої якості шва, зварювальний дріт марки Св-08Г2С повинен поставлятись з обмідненою поверхнею.

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Щоб забезпечити необхідні розміри, форму та якість зварних швів, важливо не просто обирати параметри режиму зварювання, а виконувати їх точний розрахунок. Оскільки конструкція антени супутникового зв'язку з'єднується кутовими швами, розрахунок режиму проводиться для з'єднання з катетом 5 мм.

Схема з'єднання зображена на рисунку 2.2.

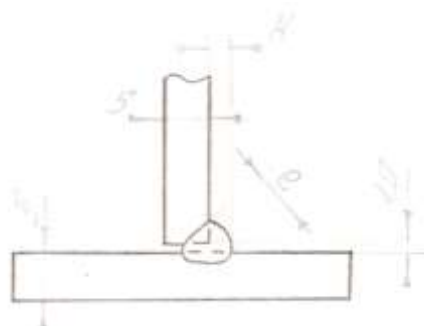


Рисунок 2.2 – Схема з'єднання

Визначимо площу поперечного перерізу наплавленого металу за формулою:

$$F_H = \frac{K^2}{2}; \quad [4, \text{с. 196}] \quad (2.1)$$

де F_H – площа поперечного перерізу наплавленого металу, мм;
 K – катет шва, приймаємо 5 мм.

$$F_H = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу за формулою:

$$C' = \sqrt{F_H}; \quad [4, \text{с. 196}] \quad (2.2)$$

де C' - висота наплавленого металу, мм.

$$C' = \sqrt{12,5} = 3,5 \text{ мм}^2$$

Визначаємо ширину шва, як гіпотенузу прямокутного трикутника (рисунок 2.2):

$$e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{2K^2}; \quad (2.3)$$

де e - ширина шва, мм.

$$e = \sqrt{2 \cdot 5^2} = 7 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва із співвідношення:

$$e = \Psi_{\text{пр}} \cdot H; \quad [4, \text{с. 188}] \quad (2.4)$$

де $\Psi_{\text{пр}}$ – коефіцієнт форми проплавлення, приймаємо 1,0 [4, с. 186].

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

H – загальна висота шва, мм.

$$H = \frac{e}{\psi_{np}}; \quad (2.5)$$

$$H = \frac{7}{1} = 7 \text{ мм.}$$

Визначаємо глибину проплавлення основного металу за формулою:

$$H_1 = H - C'; \quad [4, \text{с. 197}] \quad (2.6)$$

де H_1 - глибина проплавлення основного металу шва, мм.

$$H_1 = 7 - 3,5 = 3,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо 3,5 мм.

Вибираємо діаметр електродного дроту в залежності від катета шва і приймаємо 1,4 мм [4, с. 106].

Визначаємо величину зварювального струму за формулою:

$$I_{зв} = \frac{H_1}{K_h} \cdot 100; \quad [4, \text{с. 192}] \quad (2.7)$$

де K_h - коефіцієнт пропорційності, який залежить від умов ведення зварювання, приймаємо 1,75 мм/100А [4, с. 193].

$$I_{зв} = \frac{3,5}{1,75} \cdot 100 = 200 \text{ А.}$$

По розрахованому значенні зварювального струму уточнюємо діаметр електродного дроту за формулою:

$$d_e = 1,13 \sqrt{I_{зв} / \gamma}; \quad [4, \text{с. 193}] \quad (2.8)$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де d_e – діаметр електродного дроту, мм;

γ – допустима густина струму, А/мм².

Орієнтовно приймаємо 130 А/ мм² [5, с. 244].

$$d_e = 1,13\sqrt{200/130} = 1,4\text{мм}.$$

Визначаємо напругу на дузі за формулою:

$$U_g = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{de^{0,5}} \cdot I_{зг} \pm 1; \quad [4, \text{с. 194}] \quad (2.9)$$

$$U_g = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,4^{0,5}} \cdot 200 \pm 1 = 28 \pm 1\text{В}.$$

Приймаємо $U_g = 28\text{В}$.

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою:

$$V_{n.d} = \frac{4\alpha_n \cdot I_{зг}}{\pi \cdot c / c^2 \cdot \gamma}; \quad [5, \text{с. 212}] \quad (2.10)$$

де γ – густина металу електродного дроту, кг/м³. Приймаємо $\gamma=7800$ кг/м³;

α_n - коефіцієнт наплавлення металу, кг/(А·год).

При зварюванні на постійному струмі зворотної полярності $\alpha_n=11,6\pm0,4$ г/(А·год) [5, с. 246]. Приймаємо $\alpha_n=12 \cdot 10^{-3}$ кг/(А·год).

$$V_{n.d} = \frac{4 \cdot 12 \cdot 10^{-3} \cdot 200}{3,14 \cdot (1,4 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 7800} = 249\text{м/год}.$$

Визначаємо швидкість зварювання за формулою:

$$V_{зг} = \frac{A}{I_{зг}}; \quad [4, \text{с. 194}] \quad (2.11)$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де A – коефіцієнт, який визначається в залежності від діаметру дроту.
Приймаємо $A=5 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{м/год}$ [4, с. 194].

$$V_{36} = \frac{5 \cdot 10^3}{200} = 25 \text{ м/год.}$$

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання кутового з'єднання

Параметри	
Товщина металу, мм	5
Форма кромки	без розроблення
Катет шва, мм	5
Кількість проходів	1
Діаметр електродного дроту, мм	1,4
Зварювальний струм, А	200
Напруга, В	28
Швидкість зварювання, м/год	25
Швидкість подачі дроту, м/год	249
Витрати газової суміші, л/хв	12

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Зварювання вузлів антени здійснюється за допомогою комбінованого інверторного зварювального напівавтомата TESLA MIG/MAG/MMA 350 S.

Даний напівавтомат розроблений для дугового зварювання електродними дротами суцільного перерізу (MIG/MAG), дугового зварювання порошковим дротом (FCAW), дугового зварювання штучним покритим електродом (MMA). Апарат обладнаний виносним подавальним механізмом, який обладнаний захистом від протягування дроту [6].

Даний напівавтомат виконаний у сучасному дизайні з примусовою вентиляцією, для стійкої і стабільної роботи. Він зарекомендував себе, як надійний промисловий зварювальний апарат [6].

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Особливості комбінованого інверторного зварювального апарату MIG/MAG/MMA 350 S [6]:

- універсальне використання в режимі напівавтомата MIG-MAG і в режимі ручного дугового зварювання MMA;
- висока стабільність горіння дуги, зменшена можливість утворення бризк;
- регулювання напруги на дузі;
- регулювання зварювального струму суміщене з регулюванням швидкості подачі електродного дроту;
- можливість встановлення котушки D300;
- стабільна довготривала робота на максимальних струмах;
- відкритий подавальний механізм, легкий і зручний для транспортування до місця роботи;
- два цифрових дисплея для відображення струму і напруги на дузі;
- розетка 36 В для підключення підігрівання редуктора;
- набір зварювальних аксесуарів для зварювання MIG/MAG і MMA;
- силовий блок на базі інверторної технології IGBT нового покоління;
- сучасний дизайн і зручний інтерфейс;
- чотирьох роликовий механізм подачі дроту;
- робота способом FCAW – порошковим самозахисним дротом [6].

Основне використання комбінованого інверторного зварювального апарату TESLA MIG/MAG/MMA 350 S [6]:

- монтаж металоконструкцій;
- будівництво трубопроводів;
- машинобудування;
- котельне виробництво [6].

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Технічні характеристики комбінованого інверторного зварювального напівавтомата TESLA MIG/MAG/MMA 350 S наведено в таблиці 2.3, а зовнішній вигляд обладнання представлено на рисунку 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата Tesla Weld MIG MAG MMA 350 S [6]

Характеристика	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	40 - 350
Напруга холостого ходу, В	52
Діаметр електродного дроту, мм	0,8 -1 -1,2-1,6
Маса котушки для зварювального дроту, кг	15
Напруга мережі живлення, В	380 (±10%)
Частота мережі живлення, Гц	50
Споживча потужність, кВт	11,9
Коефіцієнт корисної дії, %	85
Клас захисту	IP21S
Габаритні розміри, мм	630x285x870
Вага, кг	26



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд напівавтомата Tesla Weld MIG MAM350 S [6]

Одним із ключових елементів будь-якого зварювального апарата є пальник, оскільки саме він відповідає за збудження зварювальної дуги, а також формування й спрямування потоку захисного газу. Його конструкція повинна гарантувати безпечну роботу, стабільність зварювального процесу, ефективний захист зони зварювання, мінімальне осідання розплавленого металу на сопло та зручну заміну зношених компонентів. З огляду на ці вимоги, для зварювання антени застосовується зварювальний пальник ABICOR BINZEL MB 36 довжиною 3,15 м.

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Якість – це комплекс характеристик продукції, що визначає її здатність відповідати встановленим вимогам згідно з призначенням. Для зварного з'єднання показник якості формується на основі таких властивостей, як міцність, надійність, відсутність деформацій, відповідна структура металу шва та прилеглої зони, а також кількість і характер усунених дефектів.

Надійність зварного виробу – це його здатність стабільно виконувати передбачені функції та зберігати експлуатаційні характеристики у встановлених межах протягом визначеного терміну служби.

Згідно зі стандартом, дефектом вважається будь-яка окрема невідповідність продукції вимогам, визначеним нормативною документацією. У зварювальному виробництві дефекти класифікують залежно від етапу їх виникнення – на ті, що з'являються під час складання виробів, та ті, що виникають у процесі зварювання внаслідок деформацій.

Зварювальні деформації поділяються на зовнішні (поверхневі) та внутрішні, причому останні здебільшого пов'язані зі структурними порушеннями в металі шва. Для виявлення зовнішніх дефектів доцільно застосовувати оптично-візуальний контроль якості, оскільки цей метод є доступним, простим у використанні та економічним. Під час зовнішнього

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

огляду неозброєним оком перевіряють наявність тріщин, пропалень та інших видимих дефектів.

Для виявлення внутрішніх дефектів існує чимало методів контролю, вибір яких залежить від умов зварювання, призначення конструкції та вимог до її якості. У нашому випадку доцільно застосувати ультразвуковий контроль, який є ефективним і широко використовуваним у зварювальному виробництві. Найпоширенішими методами УЗ-контролю є три основні варіанти, серед яких для нашого з'єднання обрано ехо-імпульсний метод. Його принцип полягає у зменшенні амплітуди ультразвукових хвиль при проходженні через матеріал: наявність дефекту створює перешкоду, що ослаблює сигнал, який повертається до приймача. Чим більший дефект – тим слабший відбитий імпульс.

Ехо-імпульсний метод, як показано на схемі, не вимагає доступу з обох боків з'єднання, що робить його зручним для контролю важкодоступних ділянок. Крім того, цей спосіб забезпечує високу достовірність виявлення дефектів у зварних з'єднаннях.

На рисунку 2.4 приведено схему контролю кутових з'єднань ехо-імпульсним методом ультразвукової дефектоскопії.

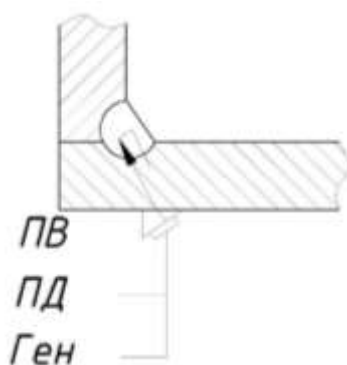


Рисунок 2.4 - Схема ультразвукового контролю зварних з'єднань ехо-імпульсним методом

ПВ - перетворювач випромінювання, ПД –приймач, Ген – генератор

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С включає послідовне виконання таких основних операцій: заготівельних, складальних, складально-зварювальних, опоряджувальних, допоміжних та контрольних. Кожен етап має своє призначення – від підготовки матеріалів і деталей до остаточного складання, перевірки якості та забезпечення відповідності виробу технічним вимогам.

2.6.1 Заготівельні операції

Для виготовлення заготовок, що входять до складу вузлів антени, виконуються такі основні технологічні операції: правлення, розмічування, різання та штампування. Вихідним матеріалом слугує профільний прокат, зокрема кутники та труби. Правлення здійснюється шляхом створення локальних пластичних деформацій на багатороликовій правильній машині YJ1450. Розмічування проводиться з використанням рулетки, лінійки, маркера, кернера та шаблонів. Для поперечного різання заготовок застосовується торцева пила Metabo CS 23-355. Заготовка дзеркала виготовляється методом штампування на кривошипному пресі Yangli J23-10B.

2.6.2 Складальні операції

Перед початком складання здійснюється візуальна перевірка деталей на відповідність вимогам креслень. Під час монтажу важливо забезпечити точне взаємне розташування елементів, яке має відповідати їх положенню в готовому виробі. Складальний вузол повинен мати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій у процесі зварювання. Для виконання складання та зварювання вузлів антени застосовується спеціалізований

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрій, який забезпечує точність позиціонування та стабільність конструкції.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

На основі розрахованих параметрів режиму зварювання здійснюється налагодження напівавтомата: встановлюється сила зварювального струму, регулюється витрата захисного газу та швидкість подачі електродного дроту. Під час складання, коли всі елементи виробу розміщені згідно з проектним положенням, виконуються прихоплення в зонах майбутніх зварних швів. Після цього проводиться остаточне зварювання складальної одиниці.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Суть опоряджувальних операцій при виготовленні зварної конструкції полягає в доведенні виробу до завершеного технічного та естетичного стану, що відповідає вимогам експлуатації та зовнішнього вигляду. Основні завдання цих операцій:

- очищення швів;
- механічна обробка;
- підготовка до фарбування або покриття;
- маркування та пакування.

2.6.5 Допоміжні операції

У процесі виготовлення антени супутникового зв'язку виконуються такі допоміжні операції:

1. Налагоджувальні роботи – перед початком зварювання здійснюється налаштування обладнання, регулювання витрати захисного газу та встановлення параметрів режиму зварювання.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

2. Перевантажувальні та підйимально-транспортні операції – включають встановлення деталей у спеціальні пристрої, переміщення заготовок до робочого місця, а також транспортування готових виробів на етапи контролю якості, ґрунтування, фарбування та складування.

3. Транспортувальні роботи – переміщення конструкцій здійснюється за допомогою автокари Nissan вантажопідйомністю 5 тон, що забезпечує ефективну логістику всередині виробничого процесу.

2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції охоплюють повний спектр перевірок на всіх етапах виготовлення зварної конструкції, що дозволяє забезпечити її відповідність технічним вимогам та стандартам якості. До складу контрольних робіт входять:

- контроль вхідних зварюваних матеріалів;
- контроль зварювальних матеріалів;
- контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операції зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Під час зовнішнього огляду здійснюється перевірка форми та розташування зварних швів на відповідність кресленням, а також виявлення видимих дефектів і деформацій конструкції. Після цього проводиться вибірковий ультразвуковий контроль ехо-імпульсним методом, що дозволяє оцінити внутрішню якість зварних з'єднань.

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

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводиться з метою визначення їх оптимальної кількості, необхідної для виготовлення зварної

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкції, а також для забезпечення економного та раціонального використання ресурсів у промисловому і будівельному зварювальному виробництві. Основні положення щодо нормування витрат і відходів зварювальних матеріалів, а також методи їх розрахунку, регламентуються стандартом ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [7].

Визначаємо річну потребу в зварювальному дроті за формулою:

$$Q_{\text{др}} = H_{\text{др}} \cdot N; \quad (2.12)$$

де $Q_{\text{др}}$ - річна потреба в зварювальному дроті, кг;

$H_{\text{др}}$ - норма витрат дроту на 1 виріб, кг;

N - річна програма випуску виробів, шт.

Норма витрат дроту на 1 виріб визначається за формулою:

$$H_{\text{др}} = I_{\text{др}} \cdot \ell, \quad (2.13)$$

де $I_{\text{др}}$ - витрати дроту на 1 виріб, кг/м;

ℓ - сумарна довжина швів одного виробу, м.

$$I_{\text{др}} = m_{\text{н}} \cdot \kappa_{\text{р}}, \quad (2.14)$$

де $m_{\text{н}}$ - маса наплавленого металу, кг;

$\kappa_{\text{р}}$ - коефіцієнт витрат дроту суцільного перерізу, приймаємо $\kappa_{\text{р}} = 1,18$.

Масу наплавленого металу знаходимо за формулою:

$$m_{\text{н}} = \rho \cdot F_{\text{н}}, \quad (2.15)$$

де ρ - густина металу дроту, $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$;

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F_H - площа поперечного перерізу наплавленого металу, m^2 .

Площу поперечного перерізу наплавленого металу визначаємо за формулою:

$$F_H = \frac{K^2}{2} + 1,05Kg, \quad (2.16)$$

де K – катет шва, мм. Приймаємо 5 мм;

g – підсилення шва, мм.

$$F_H = \frac{5^2}{2} + 1,05 \cdot 5 \cdot 1,5 = 20,4 \text{ мм}^2 = 20,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Отже, маса наплавленого металу становить:

$$m_H = 7,8 \cdot 0,20H = 1,59 \text{ г/см} = 0,159 \text{ кг/м}.$$

Витрати дроту на 1 м шва виробу:

$$I_{\text{др}} = 1,59 \cdot 1,18 = 1,88 \text{ г/см} = 0,188 \text{ кг/м}.$$

Норма витрат дроту на 1 виріб складає:

$$H_{\text{др}} = 0,188 \cdot 69 = 12,97 \text{ кг}.$$

Річна потреба в дроті становить:

$$Q_{\text{др}} = 12,97 \cdot 720 = 9339,8 \text{ кг};$$

де $\ell_{\text{ш}} = 69 \text{ м}$ - довжина швів,

$N = 720 \text{ шт}$ - річна потреба випуску виробів.

Визначимо річну потребу у вуглекислому газі.

Витрати захисної суміші при дуговому зварюванні на 1 м шва визначаємо за формулою:

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{32} = Q_{3,2} \cdot t_0 \cdot K_r; \quad (2.17)$$

де $Q_{3,2}$ - витрати захисного газу на 1 м шва, л;

t_0 - основний час зварювання, хв/м;

K_r - коефіцієнт, який враховує додатковий розхід газу на продувку шлангів і пальника, а також втрати на витікання, невикористаний залишок в балоні.

Витрати захисного газу становлять:

$$Q_{3,2} = 12 \text{ л / хв};$$

$K_r = 1,05 - 1,10$. Вибираємо 1,05.

Основний час зварювання визначаємо за формулою:

$$t_0 = \frac{\ell}{V_{36}}; \quad (2.18)$$

де ℓ - довжина всіх швів виробу, м;

V_{36} - швидкість зварювання, м/год. Приймаємо 25 м/год.

$$t_0 = \frac{69}{25} = 2,76 \text{ год.}$$

$$P_{32} = 8 \cdot 2,76 \cdot 1,05 = 24 \text{ л.}$$

Річна потреба в захисному газі становить:

$$Q_{3,2} = \frac{24}{69} \cdot 16560 = 5759 \text{ л.}$$

Проведемо розрахунок норм часу складально-зварювальних робіт.

$$T_{ш} = [(T_0 + t_{gu}) \cdot \ell \cdot t_{gs}] \cdot K, \quad (2.19)$$

де $T_{ш}$ - штучна норма часу складально-зварювальних робіт, год;

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_0 - основний час зварювання на 1м шва, хв.;

t_{gui} - час на зачистку і огляд поверхні, хв.;

ℓ - довжина швів, м;

t_{ge} - додатковий час, що зв'язаний з вибором і роботою обладнання, хв.;

K - коефіцієнт, що враховує витрати часу на обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби зварника, $K = 1,13$.

Основний час на зварювання 1м шва становить:

$$T_0 = \frac{60}{V_{зв}}, \quad (2.20)$$

де $V_{зв}$ - швидкість зварювання, м/год. Приймаємо 25 м/год.

$$T_0 = \frac{60}{25} = 2,2 \text{ хв.}$$

Час на зачищення і огляд поверхні становить: $t_{gui} = 1,85 \text{ хв.}$

Час на зачищення і огляд 69 метрів швів становить:

$$t_{gui} = 1,85 \cdot 69 = 127,65 \text{ хв.}$$

Час на складання деталей у пристрій становить:

$$t_{ge} = 3 \cdot 960 = 2880 \text{ хв.}$$

Отже, норма часу складально-зварювальних робіт складає:

$$T_{ui} = [(2,4 + 1,85) \cdot 69 + 2880] \cdot 1,13 = 3420,07 \text{ хв} = 57 \text{ год.}$$

Витрати електроенергії при напіваавтоматичному зварюванні у захисній суміші газів визначаються за формулою:

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_e = \frac{U_g \cdot Q_H}{\alpha_H \cdot \eta \cdot K_u}, \quad (2.21)$$

де U_g - напруга на дузі, $U_g = 28B$;

Q_H - маса наплавленого металу, $Q_H = 0,159 \text{ кг} / \text{м}$;

α_H - коефіцієнт наплавлення, $\alpha_H = 12 \frac{\text{с} \cdot A}{\text{год}}$;

η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,8\%$;

K_u - коефіцієнт втрат в навколишнє середовище $k = 0,4$.

$$Q_e = \frac{28 \cdot 0,159 \cdot 10^3}{12 \cdot 0,8 \cdot 0,4} = 1,16 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Витрати енергії на виконання програми становить:

$$Q_e^n = Q_e \cdot N; \quad (2.22)$$

де N – річна програма, $N = 150 \text{ шт}$.

$$Q_e^n = 1,16 \cdot 150 = 154 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Вибір пристосувань у зварювальному виробництві визначається способом зварювання і складання, конструкцією виробу, матеріалом, перерізом деталей, вимогами до точності та продуктивності. Основна мета – зменшити трудомісткість допоміжних і складальних операцій, забезпечити стабільну якість, покращити умови праці та усунути монотонність у роботі.

Точна підготовка деталей до зварювання, їхня чистота та якісне складання мають вирішальне значення для забезпечення несучої здатності та економічності зварної конструкції. Недбале виконання складальних операцій значно підвищує ризик виникнення дефектів як у зварних з'єднаннях, так і в конструкції загалом. Складання полягає у встановленні та надійній фіксації елементів у заданому проектному положенні, що досягається за допомогою спеціальних технологічних пристосувань і оснащення.

З урахуванням серійного типу виробництва, решітчастої конструкції виробу, особливостей технології виготовлення заготовок, рівня їх точності, а також специфіки процесів складання і зварювання, доцільно застосовувати спеціалізовані складально-зварювальні пристосування.

Для кожного елемента дзеркальної системи – вертикальної діафрагми, радіальних зв'язків і блок-ферм – передбачено індивідуальний підхід до виготовлення, з урахуванням їх конструктивних особливостей, функціонального призначення та вимог до точності.

Вибір складально-зварювальних пристосувань зумовлений доцільністю виконання складання і зварювання в одному місці, що забезпечує вищу якість виробів завдяки зварюванню безпосередньо після складання, без переміщення конструкції. Переставлення деталей з одного пристосування на інше часто призводить до збільшення тривалості зварювального циклу та зростання

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трудомісткості. Оскільки всі елементи виготовляються з тонколистового матеріалу, який не допускає прихоплювань, це додатково підтверджує правильність обраного обладнання.

Складально-зварювальні пристосування мають забезпечувати вільне переміщення окремих елементів конструкції, що виникає внаслідок термічного впливу під час нагрівання та охолодження зони зварювання. За потреби вони повинні сприяти зменшенню або усуненню деформацій, які можуть виникати у зварних з'єднаннях чи самому пристосуванні. Під час проєктування важливо передбачити зручний доступ до місць зварювання, ефективне відведення тепла з зон інтенсивного нагріву, можливість складання з мінімальною кількістю елементів фіксації та легке вилучення готових виробів.

Комплексна механізація процесу зварювання значною мірою залежить від оснащення зварювальної установки механічним і допоміжним обладнанням. Для ефективного транспортування елементів дзеркальної системи антени типу ТМА–82С доцільно використовувати автокари, що дає змогу суттєво скоротити час на виконання допоміжних операцій у межах технологічного процесу.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій необхідно точно виконати складання деталей виробу, що передбачає їх правильне взаємне розміщення та надійне закріплення у відповідності з проєктними вимогами.

Процес складання зварювального виробу включає низку послідовних дій. Спочатку деталі, з яких формується виріб або зварний вузол, доставляють до місця складання. Далі їх розміщують у складальному пристосуванні у визначеному положенні, де здійснюється фіксація, після чого проводиться зварювання. Транспортування та встановлення деталей у потрібне положення виконується за допомогою універсального або спеціалізованого обладнання.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Точність позиціонування забезпечується установчими елементами пристосування або суміжними деталями, а закріплення – затискними механізмами.

Під час виготовлення елементів дзеркальної системи застосовуються складально-зварювальні пристосування. У типовому виконанні такі пристосування складаються з основи (рами), фіксуючих елементів, притискачів і допоміжних деталей, що разом утворюють стабільну конструкцію для зручного та якісного виконання технологічних операцій.

Основи пристосувань є конструктивним елементом, що поєднує всі складові в єдину систему. На них розміщуються опорні та направляючі компоненти, упори, а також фіксатори, зокрема бобишки, які забезпечують точне положення деталей під час складання і зварювання.

Основа складально-зварювального пристосування виконує функцію опорного елемента, що сприймає вагу виробу та всі навантаження, які виникають під час складання, зварювання і кантування. Вона повинна забезпечувати точне розміщення деталей, виключати їх зміщення та вібрації, а також мати достатню міцність для стабільної роботи. Її форма і габарити визначаються конфігурацією виробу, що складається, а також типом і розташуванням фіксуючих, затискних і направляючих елементів. Оскільки елементи дзеркальної системи мають різні розміри, доцільно розглядати кожне пристосування окремо.

Пристосування для складання і зварювання вертикальної діафрагми за конструкцією подібне до пристрою, що використовується для горизонтальної. Воно складається з основи, звареної зі швелерів, на полиці яких закріплені вилочки для встановлення боковин. Останні фіксуються спеціальними болтами. У конструкції передбачені отвори для кріплення деталей, причому їх розташування повинно бути рівномірним і точним. Основну опору становить вилочка, в яку встановлюється виріб і фіксується за допомогою відповідних фіксаторів. Застосовуються як постійні опори, так і висувні фіксуючі елементи. Притискачі, переважно гвинтового типу, забезпечують надійне

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

закріплення. Усі деталі розміщуються в пристосуванні згідно з визначеним порядком.

Пристосування та стапелі для зварювання ферм виконуються у вертикальному положенні та базуються на міцній основі. В їх конструкції передбачені ложементи для розміщення елементів виробу і вилочки для встановлення труб. Після укладання деталей здійснюється їх фіксація: один кінець виробу спирається на упор, а інший залишається вільним. Це забезпечує необхідну стабільність і точність перед проведенням зварювання.

Пристосування для складання і зварювання радіальних зв'язків відрізняються від аналогів для діафрагм своїми габаритами – вони мають подовжену форму, що відповідає конфігурації елементів. Як і в попередніх варіантах, конструкція включає ложементи, вилочки для укладання труб, фіксатори, затискачі, опори та упори. Це забезпечує точне розміщення виробів у пристрої, після чого виконується зварювання.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика антени супутникового зв'язку ТМА-82С

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	13200	13200
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
профільний прокат Ст3сп	кг	12250	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	13	
захисний газ (суміш МІХ-2 – Аг 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	л	25	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	92,5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь Ст3сп	грн	55,2	55,08
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	169	168
захисний газ (суміш МІХ-2 – Аг 81% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	грн	39,45	39,25
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	370	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С

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
Правлення	$\frac{3}{П}$	Правильн машина YJ1450	912000	13,5	молоток	335	III	$\frac{3,5}{2,8}$
Розмічування	$\frac{3}{П}$				рулетка лінійка кернер маркер	368 162 176 62	III	$\frac{3,6}{3,4}$
Різання	$\frac{3}{П}$	Торцева пила Metabo CS 23-355	8500	3,2			III	$\frac{3,7}{3,5}$
Штампування	$\frac{3}{П}$	Кривошипний штампувальний прес Yangli J23-10B	748000	1,1	молоток	335	III	$\frac{2,6}{2,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Складальн.-зварювальн. пристосування	894400		МОЛОТОК зубило NEO Tools33-072	335 150	IV	$\frac{6,1}{5,3}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварювальн напівавтома Tesla Weld MIG/MAG/MMA 350 S	85300	14,5			IV	$\frac{4,4}{3,8}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Zegor GCS125	4600	1,5	щітка Intertool МОЛОТОК диск зачисний Vitals	35 335 45	III	$\frac{3,7}{3,5}$

Продовження таблиці 4.2

Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразвуковий дефектоскоп УД 3701	122000				VI	2,5
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Автокара Nissan	849000				III	$\frac{2,6}{2,4}$

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 30,1;

по проекту 27,3;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 2,6;

по проекту 2,4.

Загальна штучна норма часу: по заводу 32,7;

по проекту 29,7.

Для виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на дільниці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [8, с.8]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,1) \approx 1822 \text{ год.}$$

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок проводять за формулою [8, с.9]:

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

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

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=0,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 150 шт.$

Кількість робочих місць для виконання правління при виготовленні антени ТМА-82С:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,88 \approx 3 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,8 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,3 \approx 2 шт.$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні антени супутникового зв'язку ТМА-82С:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,6 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,96 \approx 3 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,8 \approx 3 шт.$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 3,04 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,88 \approx 3_{шт}.$$

Для штампування необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,14 \approx 2_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,06 \approx 2_{шт}.$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{6,1 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 5,02 \approx 5_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,3 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 4,36 \approx 4_{шт}.$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить

- заводський варіант:

$$n = \frac{4,4 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 3,62 \approx 4_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,8 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 3,13 \approx 3_{шт}.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,7 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 3,05 \approx 3_{шт},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{3,5 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,88 \approx 3_{шт}.$$

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

$$n = \frac{2,5 \cdot 150}{1822 \cdot 0,1} = 2,06 \approx 2_{шт}.$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [8, с.13]:

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
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, 150 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 транспортного засобу, приймається $K_{кр} = 0,1 \dots 0,7$.

$$n = \frac{150 \cdot 3 \cdot 0,8}{2100 \cdot 0,1} = 1,71 \approx 2 \text{шт.}$$

Приймаємо дві електричних кари 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 [8, 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;

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 150$ шт;

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

$K_{вн}$ - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається $K_{вн} = 0,1 \dots 0,2$;

Необхідна кількість правильників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,5}{1850 \cdot 0,1} = 2,84 \approx 3 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 2,8}{1850 \cdot 0,1} = 2,27 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,6}{1850 \cdot 0,1} = 2,92 \approx 3 \text{чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,4}{1850 \cdot 0,1} = 2,76 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,7}{1850 \cdot 0,1} = 3_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,5}{1850 \cdot 0,1} = 2,84 \approx 3_{чол}.$$

Необхідна кількість робітників для виконання штампування:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 2,6}{1850 \cdot 0,1} = 2,1 \approx 2_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 2,5}{1850 \cdot 0,1} = 2,03 \approx 2_{чол}.$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 6,1}{1850 \cdot 0,1} = 4,95 \approx 5_{чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 5,3}{1850 \cdot 0,1} = 4,3 \approx 4_{чол}.$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 4,4}{1850 \cdot 0,1} = 3,57 \approx 4_{чол},$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,8}{1850 \cdot 0,1} = 3,08 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,7}{1850 \cdot 0,1} = 3 \text{чол.},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 3,5}{1850 \cdot 0,1} = 2,84 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{150 \cdot 2,5}{1850 \cdot 0,1} = 2,03 \approx 2 \text{чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
правильники	3	2	III	III
розмічувальники	3	3	III	III
різальники	3	3	III	III
штампувальники	2	2	III	III
складальники	5	4	IV	IV
зварювальники	4	3	IV	IV
зачищувальники	3	3	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	2	2	III	III

Продовження таблиці 4.3

Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	2	2	IV	IV
ремонтники	2	2	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	34	31	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів			Од. вим ·	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн				
							на один виріб		на програму		
З/П	Сталь Ст3сп			кг	55,2	55,08	676200	674730	101430000	101209500	
З/П	Дріт Св-08Г2С			кг	169	168	2197	2184	329550	327600	
З/П	Суміш МІХ-2			кг	39,45	39,25	986,25	981,25	147937,5	147187,5	
Р- ом							679383,25	677895,25	101907487,5	101684287,5	
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	2,76	2,75	33810	33736,5	5071500	5060475	370	370	55500	55500
З/П	5	8,45	8,4	109,85	109,2	16477,5	16380				
З/П	5	1,97	1,96	49,31	49,06	7396,88	7359,38				
Р- ом		13,18	13,12	33969,16	33894,76	5095374,38	5084214,38	370	370	55500	55500

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 [8, с.16]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [8, с.16].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [8, с.16]:

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [8, с.17]:

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

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

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

Затрати по оплаті праці правильників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,7 \cdot 53,5 \cdot 3,5 = 692,83 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 692,83 \cdot (0,2 + 0,15) = 242,49 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 692,83 \cdot 0,4 = 277,13 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,7 \cdot 53,5 \cdot 2,8 = 554,26 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 554,26 \cdot (0,2 + 0,15) = 193,99 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 554,26 \cdot 0,4 = 221,7 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,1 \cdot 53,5 \cdot 3,6 = 597,06 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 597,06 \cdot (0,2 + 0,15) = 208,97 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 597,06 \cdot 0,4 = 238,82 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3,1 \cdot 53,5 \cdot 3,4 = 563,89 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 563,89 \cdot (0,2 + 0,15) = 197,36 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 563,89 \cdot 0,4 = 225,56 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,9 \cdot 54,5 \cdot 3,7 = 584,79 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 584,79 \cdot (0,2 + 0,15) = 204,68 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 584,79 \cdot 0,4 = 233,91 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 2,9 \cdot 54,5 \cdot 3,5 = 553,18 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 553,18 \cdot (0,2 + 0,15) = 193,61 \text{ грн};$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{по} = 553,18 \cdot 0,4 = 221,27 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці штампувальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 54,5 \cdot 2,6 = 637,65 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 637,65 \cdot (0,2 + 0,15) = 223,18 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 637,65 \cdot 0,4 = 255,06 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 54,5 \cdot 2,5 = 613,13 \text{ грн;}$$

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

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

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 2,3 \cdot 55,5 \cdot 6,1 = 778,67 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 778,67 \cdot (0,2 + 0,15) = 272,53 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 778,67 \cdot 0,4 = 311,47 ;$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 2,3 \cdot 55,5 \cdot 5,3 = 676,55 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 676,55 \cdot (0,2 + 0,15) = 236,79 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 676,55 \cdot 0,4 = 270,62 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3,2 \cdot 56,5 \cdot 4,4 = 795,52 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 795,52 \cdot (0,2 + 0,15) = 278,43 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 795,52 \cdot 0,4 = 318,21 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3,2 \cdot 56,5 \cdot 3,8 = 687,04 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 687,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 240,46 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 687,04 \cdot 0,4 = 274,82 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3 \cdot 53,5 \cdot 3,7 = 593,85 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 593,85 \cdot (0,2 + 0,15) = 207,85 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 593,85 \cdot 0,4 = 237,54 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 3 \cdot 53,5 \cdot 3,5 = 561,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 561,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 196,61 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 561,75 \cdot 0,4 = 224,7 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 4,7 \cdot 55,5 \cdot 2,5 = 652,13 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 652,13 \cdot (0,2 + 0,15) = 228,24 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 652,13 \cdot 0,4 = 260,85 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 54,5 \cdot 2,6 = 708,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 708,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 247,98 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 708,5 \cdot 0,4 = 283,4 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5 \cdot 54,5 \cdot 2,4 = 654 \text{ грн};$$

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

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

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [8, с.16]:

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

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

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

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 58,2 \cdot 1850 = 215340 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 215340 \cdot 0,35 = 75369 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 215340 \cdot 0,4 = 86136 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 58,2 \cdot 1850 = 215340 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 215340 \cdot 0,35 = 75369 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 215340 \cdot 0,4 = 86136 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 58,2 \cdot 1850 = 107670 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 107670 \cdot 0,35 = 37684,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 107670 \cdot 0,4 = 43068 \text{ грн}.$$

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[8, с.17]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = 1 \cdot 16200 \cdot 12 = 194400 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 194400 \cdot 0,35 = 68040 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 194400 \cdot 0,4 = 77760 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 12100 \cdot 12 = 145200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 145200 \cdot 0,35 = 50820 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 145200 \cdot 0,4 = 58080 \text{ грн}.$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова заробітна плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
правильники	525854,18	280455,56	184048,96	98159,45	210341,67	112182,22
розмічувальники	453168,54	427992,51	158608,99	149797,38	181267,42	171197
різальники	443851,82	419859,83	155348,14	146950,94	177540,73	167943,93
штампувальники	322650,9	310241,25	112927,82	108584,43	129060,36	124096,5
складальники	985011,23	684663,54	344753,93	239632,24	394004,49	273865,42
зварювальники	805066,24	521463,36	281773,18	182512,18	322026,5	208585,34
зачищувальники	450732,15	426368,25	157756,25	149228,89	180292,86	170547,3
контролери	329975,25		115491,34		131990,1	
транспортувальники	358501	330924	125475,35	115823,4	143400,4	132369,6
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	215340		75369		86136	
ремонтники	215340		75369		86136	
електрики	107670		37684,5		43068	
ІТР	194400		68040		77760	
МОП	145200		50820		58080	
Разом	5552761,3	4609893,55	1943466,45	1613462,74	3055157,02	2678009,92

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:	679383,25	677895,25
сталь Ст3сп	676200	674730
зв. дріт Св-08Г2С	2197	2184
захисний газ (суміш МІХ-2 – Ar 82% +CO ₂ 18% + O ₂ 1%)	986,25	981,25
Поворотні відходи	370	
Паливо та енергія на технологічні цілі	2997,5	2994
Основна заробітна плата основних робітників	31165,41	24879,62
Додаткова заробітна плата основних робітників	10907,89	8707,87
Премії та надбавки основних робітників	12466,16	9951,85
Відрахування на соціальне страхування	763,55	609,55
Відрахування на медичне страхування	1363,49	1088,48
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	9690,3	9690,3
Цехові (дільничні) витрати	6112,8	6112,8
Всього цехова собівартість	754480,35	741559,72

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будови та споруди					-	-
Устаткування:						
правильне	3	2	912000	912000	45600	45600
різальне	3	3	8500	8500	425	425
штампувальне	2	2	748000	748000	37400	37400
складальне	5	4	894400	894400	44720	44720
зварювальне	4	3	85300	85300	4265	4265
зачищувальне	3	3	4600	4600	230	230
контрольне	2	2	122000	122000	6100	6100
транспортне	2	2	849000	849000	42450	42450
Інструменти:						
молоток	13	11	335	335	16,75	16,75
зубило	5	4	150	150	7,5	7,5
диск зачисний	3	3	45	45	2,25	2,25
щітка	3	3	35	35	1,75	1,75
рулетка	10	9	368	368	18,4	18,4
кернер	3	3	176	176	8,8	8,8
лінійка	5	5	162	162	8,1	8,1
маркер	13	11	62	62	3,1	3,1
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	11381250	11381250	5	569062,5	569062,5
Устаткування:					
правильне	2781600	1869600	8,5	236436	158916
різальне	25925	25925	8,5	2203,63	2203,63
штампувальне	1533400	1533400	8,5	130339	130339
складальне	4516720	3622320	7	316170,4	253562,4
зварювальне	345465	260165	7,5	25909,88	19512,38
зачищувальне	14030	14030	8,5	1192,55	1192,55
контрольне	250100	250100	6,5	16256,5	16256,5
транспортне	1740450	1740450	7,5	130533,75	130533,75
Інструменти:			15		
молоток	4371,75	3701,75		655,76	555,26
зубило	757,5	607,5		113,63	91,13
диск зачисний	137,25	137,25		20,59	20,59
щітка	106,75	106,75		16	16
рулетка	3698,4	3330,4		554,76	499,56
кернер	536,8	536,8		80,52	80,52
лінійка	818,1	818,1		122,72	122,72
маркер	809,1	685,1		121,37	102,77
Разом	22600175,65	20707163,65		1429789,55	1283067,25

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [8,с.26]:

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz}=999928,01$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn}=964290,88$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz}=754480,35$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn}=741559,72$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((999928,01 + 0,15 \cdot 754480,35) - (964290,88 + 0,15 \cdot 741559,72)) \cdot 150 = 5636283,68 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [8,с.27]:

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz}=134342437,5$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn}=130658058$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [8,с.26]:

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

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

$$E_{yp} = 150 \cdot (999928,01 - 964290,88) = 5345569,5 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{134342437,5 - 130658058}{5345569,5} = 0,69 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця виміру	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	150	150
Кількість технологічного устаткування	шт	22	19
Собівартість товарної продукції	грн	999928,01	964290,88
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	34	31
- основних робітників	чол	27	24
Фондомісткість продукції	грн/шт	754480,35	741559,72
Умовна річна економія	грн	-	5345569,5
Річний економічний ефект	грн	-	5636283,68
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,69
Місячний оклад основних робітників:			
- правильники	грн	25461,32	20369,06
- розмічувальники	грн	21941,96	20722,96
- різальники	грн	21490,85	20329,18
- штампувальники	грн	23433,64	22532,34
- складальники	грн	28615,94	24863,03
- зварювальники	грн	29235,36	25248,72
- зачищувальники	грн	21823,99	20644,31
- контролери	грн	23965,59	23965,59
- транспортувальники	грн	26037,38	24034,5

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Засоби захисту при виконанні зварювальних робіт

У виробничих умовах не завжди можна знизити вміст усіх шкідливих речовин до ГДК за рахунок застосування тільки загально-обмінної (припливно-витяжної) та місцевої вентиляції. Тому в таких випадках необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання (далі - ЗІЗОД).

До ЗІЗОД належать респіратори, промислові протигази та ізолюючі дихальні апарати, які застосовуються для захисту від шкідливих речовин (аерозолів, газів, пари), що знаходяться в навколишньому повітрі.

За принципом дії (ДСТУ EN. 133) ЗІЗОД поділяються на фільтруючі (застосовуються при наявності у повітрі вільного кисню не менше 18% і обмеженого вмісту шкідливих речовин) та ізолюючі (при недостатньому для дихання вмісту в повітрі кисню та необмеженої кількості шкідливих речовин) [9].

Основні стандарти для ЗІЗОД – ДСТУ EN 133:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація»; ДСТУ 12.4.041:2006 «Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги» [9, 10] висувають основні вимоги до засобів захисту зварювальника.

Створення металевих конструкцій, будівництво, виготовлення нероз'ємних вузлів здійснюють за допомогою зварювання. Ця технологія застосовується в виробничих процесах, при ремонтах і в побутових умовах. Під час зварювання є небезпека травматизму і виникнення хронічних захворювань працівника. Засіб індивідуального захисту мінімізує ризики і забезпечить комфортні умови праці фахівця.

Спеціальні засоби захисту зварника. Зварювальник буде відчувати себе безпечно в різних умовах, якщо застосує спеціалізоване обладнання та

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

спецодяг. Використання засобів захисту під час зварювальних робіт регламентується відповідними стандартами, що є обов'язковими до використання.

У перелік засобів індивідуального захисту включені [11, с.97]:

- спецодяг - комбінезони, штани, куртки повинні бути промарковані символом «ТР». Вбереже від попадання від крапель і бризок розплавленого металу, іскор і окалини. Робочий одяг виготовляється в літньому і зимовому виконанні (рис. 5.1);



Рисунок 5.1 – Зварювальний костюм

- захист при зварюванні органів дихання забезпечується спеціальними респіраторами, які зупиняють пил, дим і токсичні гази, в особливо складних випадках застосовуються ізолюючі протигази;

- маски і окуляри запобігають опік сітківки, потрапляння розпечених часток в очі (рис. 5.2);



Рисунок 5.2 – Зварювальна маска

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

- в індивідуальні засоби захисту зварника входять брезентові і шкіряні рукавиці або рукавички, промарковані відповідним чином;

- взуття шкіряне з посиленими носками повинне відповідати вимогам ДСТУ [11, с.95].

Незалежно від призначення і конструкційних особливостей ЗІЗОД повинні відповідати вимогам, що ставляться до показників їх якості, які поділяють на такі основні групи [11, с.81]:

- показники захисної ефективності, що характеризуються коефіцієнтами проникання шкідливих речовин через усю конструкцію (коефіцієнт проникання), а також через окремі його елементи, вузли та деталі (коефіцієнти проникання лицевої частини, фільтруючих елементів, клапанів видихання тощо);

- показники надійності, які характеризують час захисної дії проти газових, комбінованих (газопилозахисних) і автономних ЗІЗОД, пилоємкість фільтруючих елементів протипилових та газопилозахисних респіраторів, стійкість конструкційних і фільтруючих матеріалів до дії хімічних, механічних та термічних факторів навколишнього середовища і при санітарній обробці, а також зберігання захисних властивостей в процесі транспортування та зберігання;

- ергономічні показники, що оцінюють можливий вплив ЗІЗОД на здоров'я, функціональний стан і працездатність людини, тобто які характеризують ступінь безпечного використання ЗІЗОД для людини та збільшення робочого напруження в процесі їх експлуатації. До групи цих показників належать опір диханню, що створюється ЗІЗОД і окремими його вузлами — фільтруючими елементами, клапанами; рівні зміни температури, відносної вологості та газового складу повітря, яке вдихається; ступінь обмеження функції зору, мовлення, слуху; вагу ЗІЗОД у комплекті і тих його частин, які чинять навантаження на голову та тіло людини; ступінь обмеження пересування, а також необхідна кількість розмірів лицевих частин ЗІЗОД, що

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

забезпечують охоплення основного контингенту працюючих відповідно до антропометричних даних тощо;

- показники технічної досконалості ЗІЗОД, до яких належать показники естетичного виконання, стандартизації і уніфікації окремих вузлів та деталей; економічності, технологічності виробництва.

Однією з основних характеристик ЗІЗОД є коефіцієнт захисту K_3 . Він позначає кратність зниження концентрації шкідливої речовини, що забезпечується даним засобом індивідуального захисту, і визначає умови, за яких гарантується надійний захист людини від впливу шкідливих речовин, що містяться в повітрі робочої зони [11, с. 80].

Отже, засоби індивідуального захисту є невід'ємною частиною при виконанні зварювання, тому що вони захищають зварника від шкідливих і небезпечних факторів, які існують при різних зварювальних процесах.

5.2 Безпека праці під час виконання зварювальних робіт виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С

У першу чергу при виготовленні антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С, охорона праці виробничого процесу визначається шляхом урахування вимог безпеки до конкретного обладнання на етапі розробки проекту, випуску та випробуваннях дослідного зразка і передачі його в серійне виробництво згідно з ДСТУ 3278-95 «Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення» [12].

Основними вимогами безпеки до технологічних процесів є [13, с. 192-193]:

– усунення безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією та відходами виробництва, що можуть бути вірогідними чинниками небезпек;

					<i>КР.422.10.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- заміна технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих факторів, процесами і операціями, за яких ці фактори відсутні або характеризуються меншою інтенсивністю;
- комплексна механізація та автоматизація виробництва, застосування дистанційного керування технологічними процесами і операціями за наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів;
- герметизація обладнання;
- застосування засобів колективного захисту працівників;
- раціональна організація праці та відпочинку з метою профілактики монотонності праці, гіподинамії, а також обмеження важкості праці;
- своєчасне отримання інформації про виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів на окремих технологічних операціях (системи отримання цієї інформації слід виконувати за принципом пристроїв автоматичної дії з виводом на системи попереджувальної сигналізації);
- впровадження систем контролю та керування технологічним процесом, що забезпечують захист працівників й аварійне відключення виробничого обладнання;
- своєчасне видалення і знешкодження відходів виробництва, які є джерелами небезпечних та шкідливих виробничих факторів;
- забезпечення пожежної і вибухової безпеки [13, с.193].

Для визначення необхідних засобів захисту слід керуватися вказівками відповідних нормативно-правових актів за видами виробничих процесів та групами виробничого обладнання, що використовуються в цих процесах. Перелік діючих нормативно-правових актів подається в покажчиках нормативно-правових актів з питань охорони праці [13, с.193].

Виробничі будівлі та споруди, залежно від вибраного архітектурно-будівельного та об'ємно-планувального вирішення, можуть впливати на формування умов праці: освітлення, шум, мікроклімат, загазованість та запиленість повітряного середовища, виробничі випромінювання. Крім того,

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

неправильне кольорове або архітектурне вирішення інтер'єру призводить до несприятливого психологічного впливу на працівників [13, с.193].

У виробничому приміщенні умови праці залежать від таких факторів, як розташування технологічного обладнання, організація робочого місця, сировини, заготовки та готова продукція. В кожному конкретному випадку вимоги безпеки до виробничих приміщень та площадок формуються, виходячи з вимог діючих будівельних норм та правил [13, с.193].

Розташування виробничого обладнання, вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва у виробничих приміщеннях і на робочих місцях не повинно створювати небезпеку для працівників. Відстані між одиницями обладнання, обладнанням та стінами виробничих приміщень, будівель і споруд мають відповідати вимогам діючих норм технологічного проектування, будівельним нормам та правилам.

Зберігання вихідних матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готової продукції та відходів виробництва потребує системи заходів, що виключають виникнення небезпечних та шкідливих виробничих факторів; використання безпечних пристроїв для зберігання; механізації й автоматизації навантажувально-розвантажувальних робіт тощо [13, с.193-194].

Таким чином, в технологічному процесі виготовлення антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С, використання всіх цих рекомендацій і вимог дозволить створити загальні правила з охорони і безпеки праці, які стосуватимуться спроектованої зварювальної ділянки.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз технологічного процесу зварювання антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С, а також розглянуто обладнання, що застосовується для її виготовлення. Оцінено ефективність складально-зварювальних пристосувань, особливості конструкції елементів дзеркальної системи, методи фіксації та зварювання, а також засоби механізації, які сприяють підвищенню точності, якості та продуктивності виробництва.

До основних недоліків існуючої технології зварювання вузлів антени супутникового зв'язку типу ТМА-82С у цьому випадку належить неефективний вибір зварювального обладнання. Зокрема, при використанні джерела живлення, напівавтомата та пальника спостерігається недовантаження потужностей – до 50%, що призводить до необґрунтованого зростання собівартості виробу.

Ще одним недоліком є використання форсованих режимів зварювання, що через підвищену швидкість процесу може спричинити збільшення кількості браку. Це особливо актуально при виконанні коротких кільцевих швів у складних просторових положеннях та важкодоступних зонах. Крім того, застосування високої сили струму негативно впливає на якість металу шва, знижуючи його пластичність та ударну в'язкість.

Тому подальші пропозиції стосуватимуться вдосконалення даного технологічного процесу, що приведе до покращення технологічних та економічних показників.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь СтЗсп. Довідник. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/> (дата звернення: 20.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
5. Технологія електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal`na-literatura-po-zwariuvanniu/337-D-s-i-tekhnologiya-elektriynogo-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Зварювальний напівавтоматичний апарат Tesla Weld MIG/MAG/MMA 350 S. Характеристики: веб-сайт. URL: <https://ua.teslaweld.com/svarochnyy-poluavtomaticheskij-apparat-tesla-weld-mig-mag-mma-350> (дата звернення: 25.05.2026).
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

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

9. ДСТУ EN 133:2005 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація».

10. ДСТУ 12.4.041:2006 «Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги».

11. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві. Навчальний посібник для студентів зварювальних спеціальностей. Київ: Основа, 2004. 98 с.

12. ДСТУ 3278-95 «Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Основні терміни та визначення». Наказ Держстандарту України від 27.12.1995р. №442.

13. Охорона праці та цивільний захист: підручник для студентів, які навчаються за спеціальностями галузей знань «Автоматизація та приладобудування» / Левченко О.Г., Полукаров О.І., Зацарний В.В., Полукаров Ю.О., Землянська О.В.; за ред. О.Г. Левченка. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 420 с.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

ДОДАТКИ

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		