

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
балону тороїдального

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

Сергій ШВАРНИЦЬКИЙ

Керівник

Ігор ГУМЕНЮК

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

ШВАРНИЦЬКОМУ Сергію Анатолійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
балону тороїдального

Керівник роботи ГУМЕНЮК Ігор Всеволодович
(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 Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виконання зварювальних робіт виготовлення балону тороїдального

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення балону тороїдального – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення балону тороїдального – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення стенду для виготовлення балона – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення складально-зварювального пристосування – 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)	(підпис)
		(дата)	(дата)
Охорона праці	Геннадій ГОРЯЧЕК, викладач	(підпис)	(підпис)
		(дата)	(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)

Сергій ШВАРНИЦЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Ігор ГУМЕНЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

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

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Опис конструкції зварного виробу	8
1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу	10
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	10
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	12
1.3.4 Вимоги до складання	13
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	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	18
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	20
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	24
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	26
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	30
2.6.1 Заготівельні операції	30
2.6.2 Складальні операції	31
2.6.3 Складально-зварювальні операції	31

					<i>КР.422.33.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шварницький			Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготовлення далону тороїдального Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Гуменюк					4	70
Реценз.						ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	32
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	33
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	36
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	36
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	37
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	41
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	41
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	46
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	49
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	50
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	55
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	56
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	59
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	61
5.1	Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті	.	.	.	.	.	61
5.2	Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під						
	час виконання зварювальних робіт виготовлення балону						
	тороїдального	.	.	.	.	.	63
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	68
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	70

ВСТУП

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

Для підвищення якості продукції та продуктивності праці у зварювальне виробництво слід широко впроваджувати останні досягнення науки і техніки [1, с. 3].

Розроблені й серійно випускаються нові конструкції джерел живлення дуги, обладнання для механізованих способів зварювання, складально-зварні пристосування [1, с. 3].

Досягнення в галузі механізації та автоматизації зварювальних процесів, використання останніх досягнень зварювальної технології й техніки зумовило корінні зміни в технології виготовлення різних зварних конструкцій [1, с. 3].

Запровадження нових способів зварювання, в тому числі у середовищі захисних газів, під флюсом тощо, дозволяє вирішити проблему широкого використання в промисловості зварних виробів із деталями і складальними одиницями із спеціальних сталей, кольорових металів та їх сплавів [1, с. 4].

Головною вимогою до зварювання є висока якість з'єднань, тобто досягнення необхідних механічних властивостей шва і зварного з'єднання при

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відсутності в них дефектів. Одержання необхідних механічних властивостей і запобігання виникненню дефектів забезпечується правильним вибором технології зварювання, що в свою чергу залежить від підготовки деталей до зварювання, хімічного складу та якості матеріалів, справності обладнання, а також кваліфікації зварника [1, с. 4].

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. 4].

При вдосконаленні технологічного процесу виготовлення тороїдального балона основна увага приділяється оптимізації самого процесу зварювання із застосуванням найбільш придатного обладнання для даної конструкції. Важливим є також використання відповідного складального оснащення та дотримання правильної послідовності виконання операцій на ньому.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Тороїдальний балон входить до складу газобалонного обладнання (ГБО), що встановлюється на легкові автомобілі. Завдяки своїй формі він монтується у відсіку багажника на місці запасного колеса, що дозволяє зберегти корисний простір автомобіля. Об'єм такого балона становить 54 л.

Даний балон слугує резервуаром для зберігання та транспортування пропан-бутанової газової суміші. Він покритий спеціальним антикорозійним шаром, що забезпечує довговічність та надійність у експлуатації. Кожен балон супроводжується сертифікатом якості та має паспорт-табличку з основними технічними характеристиками, закріплену безпосередньо на виробі.

Балон призначений для тривалого використання – до 10 років за умови правильної експлуатації. Заправляти його слід лише на 80% від повного об'єму, залишаючи 20% для повітряної подушки. Вона компенсує розширення газу при підвищенні температури всередині балона, що забезпечує безпечну роботу обладнання.

Тороїдальний балон виготовляється з двох суцільноштампованих заготовок, патрубків та кутників, що формують горловину та кронштейни. Зовнішній діаметр виробу становить 660 мм, висота – 285 мм. Для його виготовлення застосовується сталь марки 14Г2, яка забезпечує високий захист від корозії та надійну експлуатацію резервуара.

Загальний вигляд виробу наведено на рисунку 1.1, де показано його основні конструктивні елементи та габаритні розміри.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

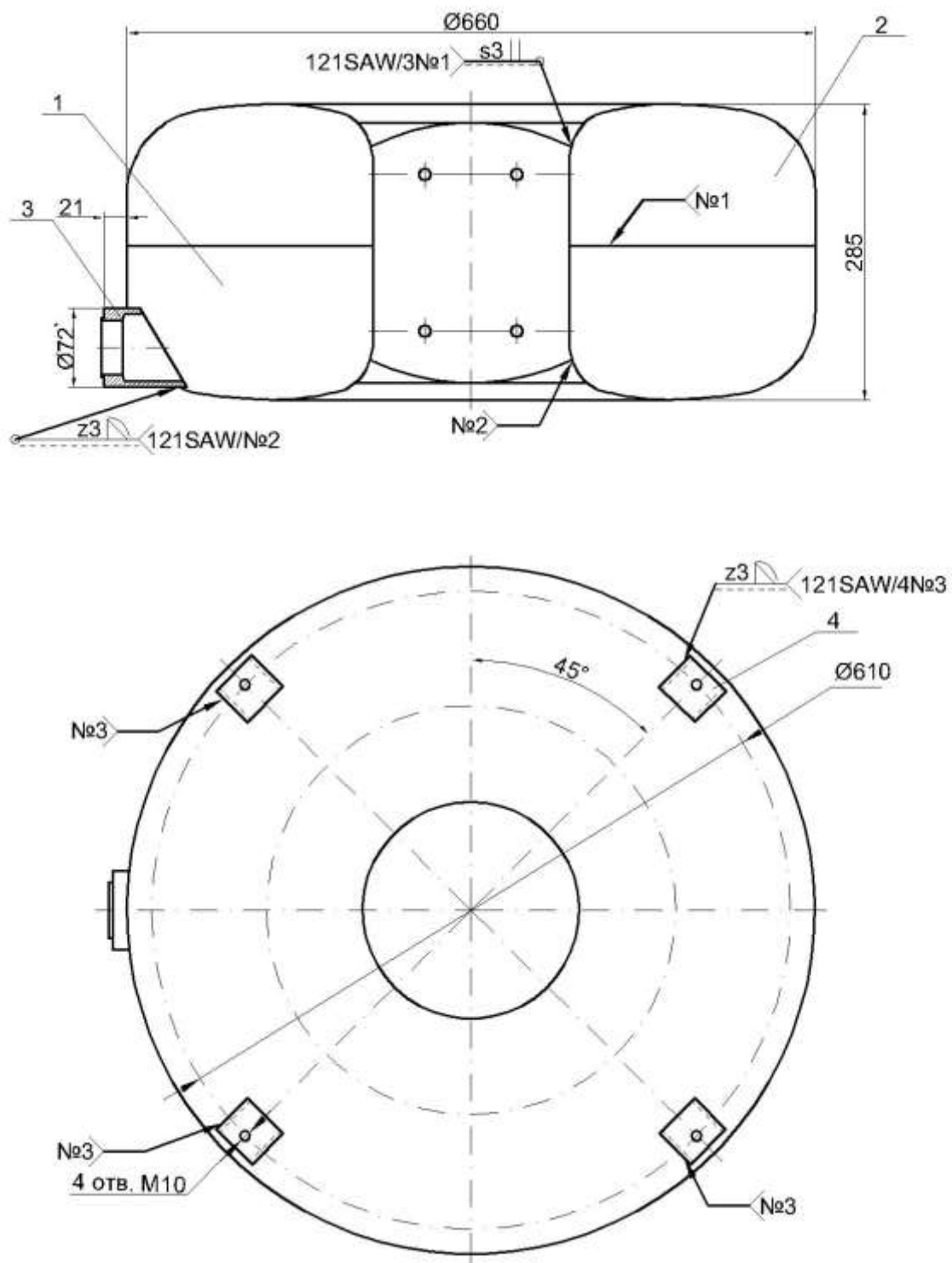


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд балона тороїдального

1 – днище; 2 – кришка, 3 – горловина, 4 – кронштейн

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР.422.33.00.00.000.ПЗ

Арк.

9

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Технічні вимоги до виготовлення конструкцій:

- 1) зварювання проводиться в закритому приміщенні, захищеному від опадів та інших зовнішніх впливів;
- 2) кромки та складання повинні відповідати робочим кресленням – як за чистотою, так і за точністю розмірів;
- 3) використовувані установки мають відповідати власним технічним характеристикам;
- 4) усі з'єднання, підготовлені до зварювання, підлягають перевірці та прийманню службою технічного контролю.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Оскільки балон експлуатується в різних кліматичних умовах та агресивних хімічних середовищах, для його виготовлення використовується сталь марки 14Г2. Цей матеріал забезпечує високий захист від корозії та гарантує надійну роботу конструкції.

Хімічний склад сталі приведено в таблиці 1.1, а механічні властивості у таблиці 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 14Г2, % [2]

C	Mn	Si	N	As	P	S	Cr	Ni	Cu
			не більше						
0,12-0,18	1,2-1,6	0,17-0,37	0.008	0.08	0,035	0,040	0,30	0,30	0,30

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 14Г2 [2]

Стан постачання	Переріз, мм	σ _{0,2}	σ _в	δ ₅ , %
		МПа		
		не менше		
Листи гарячекатані	від 2 до 3,9	390	460	17

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварюваність даної марки сталі можна оцінити за еквівалентом вуглецю, який розрахуємо за формулою [3, с.127]:

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

де С, Мп, Si, Ni, Cr, Мо, Cu, V, В – відсотковий вміст відповідних елементів у сталі.

$$[C]_{\text{екв}} = 0,18 + \frac{1,6}{6} + \frac{0,37}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,57\%$$

Отримані результати свідчать, що дана сталь має схильність до утворення тріщин у металі шва. Оскільки ризик їх появи виникає під час кристалізації, запобігти цьому можна шляхом повільного охолодження та проведення відпуску металу шва і прилеглої зони після зварювання.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для виготовлення тороїдального балона необхідно використовувати матеріали та напівфабрикати, що відповідають чинним стандартам і технічним умовам.

Якість та характеристики матеріалів повинні підтверджуватися сертифікатами, які надає постачальник. У разі їх відсутності придатність і відповідність матеріалу визначає заводська лабораторія.

При виборі матеріалів для виготовлення ємності, що встановлюється в автомобілі, необхідно враховувати: абсолютну мінімальну температуру повітря, середню температуру протягом найхолоднішої п'ятиденки даного району та максимальну температуру навколишнього середовища.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Сталеві листи повинні бути рівними та не мати хвилястості, заусениць, тріщин чи інших дефектів, що можуть знизити їхню експлуатаційну надійність.

Якість та властивості матеріалів і напівфабрикатів повинні відповідати вимогам стандартів та технічних умов. Вони мають бути сертифіковані заводами-виробниками, а за відсутності сертифікатів усі необхідні випробування виконуються у центральній заводській лабораторії. Результати випробувань затверджує завідувач лабораторії або керівник групи, що їх проводила.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Згідно з правилами Держтехнагляду під час виготовлення балонів допускаються такі відхилення:

- за діаметром — не більше 1 % від номінального внутрішнього діаметра;
- за овальністю поперечного перерізу — не більше 1 %;
- місцеві потоншення не повинні перевищувати встановлені допустимі значення.

У випадках експлуатації виробу в агресивних середовищах передбачають додаткову товщину стінки для компенсації корозії. З урахуванням цієї прибавки товщина стінки або інших елементів конструкції з вуглецевих та низьколегованих сталей повинна становити не менше ніж $(1000 + 2,5)$ мм.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Протягом усього строку експлуатації зварні з'єднання мають забезпечувати потрібну міцність, витривалість і стійкість при заданих навантаженнях та у робочому середовищі. Метал шва повинен відповідати за міцністю основному металу.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Міцність зварного з'єднання значною мірою знижують тріщини, непровари, крихкість металу біляшовної зони та інші дефекти. Тому при розробленні технології зварювання особливу увагу слід приділяти правильному вибору матеріалів, способів і режимів зварювання, а також застосуванню відповідних пристосувань, що мінімізують ризик їх утворення. Геометричні осі елементів повинні сходитися в одній точці – центрі вузла.

Конструкція каркасів ємностей для зберігання газу та розташування зварних швів повинні гарантувати:

- виконання зварювання з дотриманням усіх встановлених вимог;
- можливість вільного розміщення нагрівальних пристроїв у разі потреби місцевої термічної обробки;
- доступність контролю якості зварних з'єднань передбаченими методами;
- умови для проведення ремонту.

Конструктивні елементи зварних з'єднань перевіряють на відповідність технічній документації. Кожне з'єднання маркують, що дає змогу визначити зварника, який його виконав.

1.3.4 Вимоги до складання

На якість зварних з'єднань істотно впливає правильне складання під зварювання. Під час виготовлення каркасів ємностей для зрідженого газу необхідно дотримуватися вимог технічної документації. Кромки та прилеглі до них ділянки основного металу шириною не менше 15 мм перед зварюванням зачищають від іржі та забруднень до металевого блиску. Після обробки поверхня повинна бути рівною й не мати подряпин глибиною понад 0,5 мм.

Під час складання слід забезпечити паралельність стиків кромки та сталість зазору між ними в межах, визначених інструкцією. Методи підгонки елементів не повинні спричиняти зміцнення металу.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Під час розроблення технологічного процесу складання та зварювання слід прагнути до зменшення перерізу швів і ширини біляшовної зони, щоб забезпечити високу якість. Необхідний рівень міцності та надійності зварного з'єднання досягається лише за умови вільного доступу до місця зварювання.

Якість зварювання гарантується за умови дотримання таких вимог:

- використання лише відповідних матеріалів;
- відсутність дефектів у з'єднаннях;
- забезпечення необхідної точності складання;
- проведення контролю ультразвуковою дефектоскопією.

Якщо у зварному з'єднанні наявні дефекти, допустимі без виправлення, їх сумарна довжина не повинна перевищувати 15 % від загальної довжини шва.

У зоні термічного впливу та в металі шва не допускаються тріщини, непровари й пори.

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

Технологічний процес виготовлення тороїдального балона включає попереднє правлення, розмічування та різання профільного прокату на заготовки потрібних розмірів. Днище й кришку формують за допомогою пресового обладнання.

Прихоплення заготовок виконують напівавтоматичним зварюванням у середовищі CO₂. Основне зварювання тороїдального балона здійснюють однопрохідним напівавтоматичним способом під шаром флюсу.

За результатами аналізу базового технологічного процесу виготовлення тороїдального балона виявлено такі недоліки:

- значні витрати часу на виконання кільцевих швів;

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосування механічних затискачів.

Для усунення зазначених недоліків пропонується розробити новий технологічний процес зварювання ємності: замінити напівавтоматичне зварювання під флюсом на автоматичне, використовувати пневмопритискачі замість ручних механічних, обрати сучасне та найбільш придатне зварювальне обладнання.

Отже, виготовлення балона передбачає застосування однопрохідного автоматичного зварювання під флюсом. Зварювання горловини та кронштейнів виконують напівавтоматичним способом у середовищі CO₂ на спеціальному стенді.

Під час виготовлення тороїдального балона параметри режиму зварювання наведені в таблиці 1.3. Оскільки товщина виробу становить 3 мм, зварювання виконують по колу без розроблення кромки, використовуючи стикове з'єднання.

Таблиця 1.3 – Режими зварювання балона тороїдального

Параметри	Значення
Струм зварювання, А	300
Напруга на дузі, В	30
Діаметр електродного дроту, мм	2
Марка електродного дроту	Св-О8Г2С
Зварювальний флюс	ОСЦ-45
Товщина зварюваного металу, мм	3

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Виготовлення тороїдального балона слід максимально механізувати та автоматизувати, адже традиційні способи зварювання відзначаються високою трудомісткістю та значними витратами часу. Запровадження механізованих і автоматизованих методів дає змогу підвищити продуктивність, знизити трудомісткість і забезпечити вищу якість шва та зварного з'єднання.

З літературних джерел відомо, що для зварювання металу товщиною 3 мм можуть застосовуватися такі методи: ручне дугове багатопрохідне, напівавтоматичне та автоматичне дугове під флюсом, електронно-променеве, у середовищі вуглекислого газу.

Електронно-променеве зварювання не застосовується через відсутність обладнання для подібних конструкцій. Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів обмежене складністю автоматизації процесу. А потреба у збільшенні випуску продукції призведе до розширення виробничих площ та зростання чисельності персоналу.

Ручне дугове зварювання можна застосовувати, проте воно потребує високої кваліфікації зварника й супроводжується значними витратами часу, що є неприйнятним за умов нарощування виробництва.

Під час вибору способу зварювання для виготовлення балона слід враховувати: матеріал виробу, товщину деталей, відповідальність конструкції, масштаб виробництва, вимоги до якості зварних з'єднань.

Нині значна частина зварювальних робіт виконується вручну покритими електродами. Тип електрода визначають залежно від міцності сталі та вимог до конструкції. Для зварювання низьколегованих сталей останнім часом найширше застосовують електроди Е46Т з рутиловим покриттям (АНО-3, АНО-4, ОЗС-4, МР-3 та ін.).

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Для особливо відповідальних конструкцій застосовують електроди типу Е42А з фтористо-кальцієвим або фтористо-кальцієво-рутиловим покриттям (наприклад, УОНІ-13/45, СМ-11). Вони забезпечують високу стійкість металу шва проти кристалізаційних тріщин та покращені пластичні властивості. Недоліком електродів УОНІ-13/45 є потреба у зварюванні постійним струмом зворотної полярності та знижена стійкість до утворення пор у шві при наявності іржі чи надмірної вологості на кромках.

Основним недоліком ручного дугового зварювання металевим електродом є низька продуктивність та залежність якості шва від рівня майстерності зварника.

Ручне дугове зварювання доцільно застосовувати для коротких швів у різних просторових положеннях та при дрібносерійному виробництві. Під час монтажу його використання виправдане за невеликого обсягу робіт, навіть для отримання якісних швів. Також ручне зварювання широко застосовується у ремонтних роботах.

Щоб забезпечити необхідні механічні властивості металу шва та високу стійкість проти утворення кристалізаційних тріщин і пор під час зварювання високолегованих і низьколегованих сталей, застосовують матеріали, що знижують схильність до тріщиноутворення. Для цього метал шва легують кремнієм і марганцем.

Напівавтоматичне зварювання у середовищі вуглекислого газу можливе в усіх просторових положеннях. Його застосування поступово розширюється завдяки заміні ручного дугового зварювання.

Автоматичне дугове зварювання під флюсом, попри складність та високу вартість обладнання, набуло широкого застосування. Цей метод забезпечує стабільність режимів та високу якість зварного шва.

Автоматичне зварювання має суттєві переваги над напівавтоматичним. Воно забезпечує значно вищу продуктивність, не потребує високої кваліфікації зварника – достатньо роботи оператора, сприяє економії

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

зварювальних матеріалів та дозволяє досягати глибокого проплавлення за один прохід.

Суттєвим недоліком автоматичного дугового зварювання під флюсом є неможливість виконання швів у різних просторових положеннях.

З огляду на специфіку різних методів зварювання та особливості технології роботи з низьколегованими й високолегованими сталями, для виготовлення тороїдального балона обрано автоматичне дугове зварювання під флюсом. Схему цього способу наведено на рисунку 2.1.

Такий вибір забезпечить виконання поставлених технологічних умов, і вимог що до міцності і надійності конструкції.

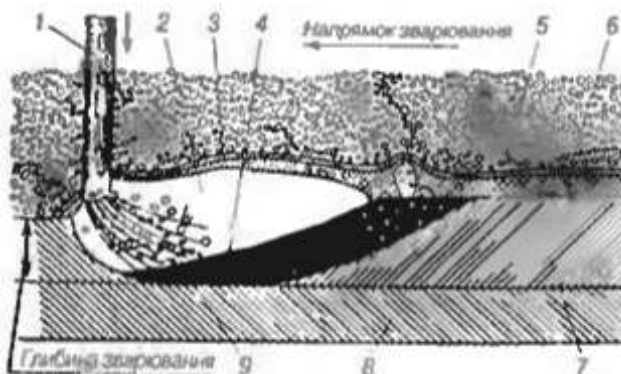


Рисунок 2.1 - Схема зварювання під флюсом – горіння дуги [1, с. 189]

1 – електродний дріт; 2 – порожнина; 3 – рідкий шлак; 4 – рідкий метал; 5 – флюс; 6 – шлакова кірка; 7 – зварний шов; 8 – основний метал; 9 – дуга

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Зазвичай під час зварювання як присаджувальний матеріал застосовують дріт, виготовлений гарячим прокатуванням або волочінням після прокатки. На основі марок сталевих дроту створено державний стандарт, що визначає хімічний склад 77 різних марок зварювального дроту.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір зварювального матеріалу визначається необхідністю отримання бездефектної структури металу шва, яка відповідає вимогам експлуатації конструкції. Під час зварювання низьколегованих сталей найчастіше застосовують кремнієво-марганцеві електродні матеріали. Вони забезпечують формування швів без пор та знижують забрудненість металу оксидними включеннями, що можуть негативно впливати на його структуру й послаблювати міцність.

Для зварювання тороїдального балона зі сталі 14Г2 використовується дріт суцільного перерізу марки Св-08ГСМТ. Цей дріт придатний для роботи у всіх просторових положеннях. Наплавлений метал характеризується ефективним розкисленням завдяки достатньому вмісту кремнію та марганцю, а високі показники міцності й пластичності забезпечуються присутністю молібдену та титану.

Хімічний склад дроту Св-08ГСМТ приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08ГСМТ [4,с. 87]

Вміст елементів, %								
C	Si	Mn	Mo	Ti	Cr	Ni	S	P
					не більше			
0,06- 0,11	0,40- 0,70	1,0- 1,3	0,20- 0,40	0,05- 0,12	0,30	0,30	0,025	0,03

При автоматичному зварюванні під флюсом сталі 14Г2 дротом суцільного перерізу марки Св-08ГСМТ рекомендується використовувати флюси АН-348А та ОСЦ-45.

Оскільки конструкція є відповідальною, для захисту зварювальної ванни обрано флюс ОСЦ-45, який менш чутливий до змін хімічного складу основного металу та дроту. Поєднання зі Св-08ГСМТ забезпечує формування

шва з механічними властивостями, що відповідають характеристикам сталі 14Г2.

Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу ОСЦ-45 [4,с.117]

Вміст елементів, %								
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P
38-44	34-41	6,5	2,5	5,0	6-9	2,0	0,15	0,15

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

До основних параметрів автоматичного зварювання під флюсом належать: сила зварювального струму, напруга дуги, швидкість зварювання, діаметр дроту та швидкість його подачі в зону шва.

Для досягнення високої технологічної та експлуатаційної міцності необхідно забезпечити якісне зварне з'єднання з повним проваром. Тому процес виконують на мідній водоохолоджуваній підкладці.

Розрахунок параметрів режиму зварювання проводимо за типом з'єднання показаним на рисунку 2.2.

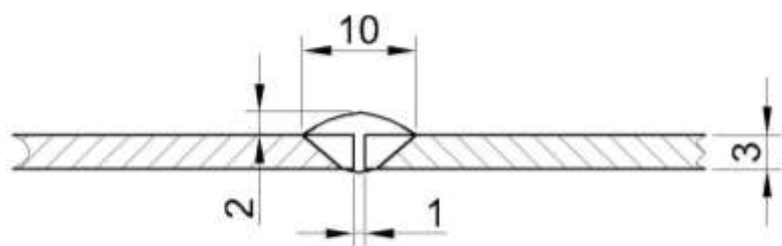


Рисунок 2.2 - Схема зварного стикового з'єднання

Визначаємо силу зварювального струму за формулою:

$$I_{зг} = \frac{h}{k} \cdot 100, \quad [4, \text{с.192}] \quad (2.1)$$

де h – глибина проплавлення, мм. Виходячи з умови повного проплавлення, приймаємо глибину проплавлення 3 мм;

k – коефіцієнт пропорційності. Величина якого залежить від умов проведення зварювання, мм/100А.

Для електродного дроту діаметром 2 мм, $k=1$ мм/100А.

$$I_{зг} = \frac{3}{1} \cdot 100 = 300 \text{ А.}$$

Зварювальний струм приймаємо рівним 300А.

Визначимо діаметр електродного дроту за формулою:

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зг}}{j}} \quad [4, \text{с.193}] \quad (2.2)$$

де $I_{зг}$ – сила зварювального струму, А;

j – густина струму, А/мм²;

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{300}{50}} = 2 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр електродного дроту рівний 2 мм.

Визначасмо напругу на дузі за формулою:

$$U_o = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_e^{0,5}} \cdot I_{зг} \pm 1, \quad [4, \text{с.194}] \quad (2.3)$$

де $I_{зг}$ – струм зварювальний, А;

d_e – діаметр електродного дроту, мм;

$$U_o = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2^{0,5}} \cdot 300 = 30,7 \text{ В.}$$

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Приймаємо напругу на дузі 30 В.

Розрахуємо площу наплавленого металу в поперечному перерізі шва, яка рівна сумі площ підсилення і величини зазору в поперечному перерізі шва.

Площа підсилення в поперечному перерізі шва розраховується за формулою:

$$F_1 = 0,75 \cdot l \cdot q, \quad (2.4)$$

де l – ширина зазору шва, м;

q – величина підсилення шва, м;

$$F_1 = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 10^{-3} = 32 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу наплавленого металу в зазорі поперечного перерізу шва за формулою:

$$F_2 = h_u \cdot l + h_p \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot h_p, \quad (2.5)$$

де h_u – висота шва, м;

l – ширина зазору шва, м;

h_p – висота розроблення, м;

α – кут розроблення;

$$F_2 = 3 \cdot 1,0 + 2 \cdot \operatorname{tg} 90 \cdot 2 = 27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

$$F = F_1 + F_2, \quad (2.6)$$

де F_1 – площа поперечного перерізу величини підсилення шва, мм^2 ;

F_2 – площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва, мм^2 ;

$$F = 32 \cdot 10^{-6} + 27 \cdot 10^{-6} = 59 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт наплавлення розраховується за формулою:

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_n = A + B \cdot \frac{I_{зв}}{d_{ел}}, \quad [4, с.189] \quad (2.7)$$

де A – коефіцієнт пропорційності, при постійному струмі, $A=2,3$;

B – коефіцієнт пропорційності при постійному струмі, $B=0,04$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, A ;

$d_{ел}$ – діаметр електродного дроту, $мм$;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,04 \cdot \frac{300}{2} = 8,3 \text{ } \mathcal{A}/\text{год}.$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту в зону зварювання за формулою:

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{зв}}{\pi \cdot d_{ел}^2 \cdot \gamma}, \quad [5, с.212] \quad (2.8)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $\mathcal{A}/\text{год}$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, A ;

π – геометрична константа, $\pi=3,14$;

$d_{ел}$ – діаметр електрода, $мм$;

γ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$. Густина сталі рівна $7800 кг/м^3$;

$$V_{н.д.} = \frac{4 \cdot 8,3 \cdot 300}{3,14 \cdot 2^2 \cdot 7800} = 85,3 \text{ } \mathcal{M}/\text{год} \approx 85 \text{ } \mathcal{M}/\text{год}.$$

Швидкість зварювання розраховується за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100}, \quad [4, с.194] \quad (2.9)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $\mathcal{A}/\text{год}$;

$I_{зв}$ – сила зварювального струму, A ;

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу, m^2 ;

γ – густина наплавленого металу, kg/m^3 ;

$$V_{зв} = \frac{8,3 \cdot 10^{-3} \cdot 300}{59 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 100} = 44,3 m/год.$$

Результати розрахунків параметрів режиму зварювання представлено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом стикового з'єднання (№1) балона тороїдального

Діаметр електродного дроту, <i>мм</i>	Сила зварювального струму, <i>А</i>	Напруга на дузі, <i>В</i>	Швидкість зварювання, <i>м/год</i>	Швидкість подачі дроту, <i>м/год</i>
2	300	30	44	85

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Під час вибору зварювального устаткування слід враховувати, що на механізованих установках для складання каркасів ємностей застосовують обладнання, яке забезпечує зварювання металу товщиною 3–8 мм.

Для механізованого складання та зварювання балонів використовується автомат типу А-1569. Це самохідна зварювальна головка, призначена для автоматичного стикового однопрохідного й багатопрохідного зварювання, а також наплавлення електродним дротом під шаром флюсу виробів із маловуглецевих та низьколегованих сталей на постійному струмі. Крім того, автомат забезпечує виконання кутових і напусткових з'єднань. У процесі роботи А-1569 рухається безпосередньо над виробом по встановленій напрямній. Технічні характеристики цього обладнання наведено в таблиці 2.4.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика зварювального автомату (головки) А-1569, для автоматичного зварювання під флюсом [5, с. 290]:

Найменування параметру	Значення
Номінальний зварювальний струму, А	400
Діаметр електродного дроту	2,0-3,0
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	49,7-350
Швидкість зварювання, м/год	12-120
Габаритні розміри автомата, мм	1120x850x1990
Маса, кг	260

Як джерело живлення для автомата А-1569 використовується зварювальний випрямляч КІУ-501 (див. рис. 2.3). Технічні характеристики цього обладнання наведено в таблиці 2.5.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд зварювального випрямляча КІУ-501

Таблиця 2.5 – Технічна характеристика випрямляча КІУ-501 [5, с. 256]

Параметри	Значення
Нижня границя температури оточуючого середовища, °C	-30
Номинальний зварювальний струм, А	500
Межі регулювання зварювального струму, А:	
при роботі з жорсткими характеристиками;	100...500
при роботі з спадаючими характеристиками	60...500
Режим роботи, ПВ %	60
Межі регулювання робочої напруги, В:	
при роботі з жорсткими характеристиками;	18...50
при роботі з спадаючими характеристиками	23...46
Напруга холостого ходу, В	80
Напруга мережі живлення, В	380
Первинна потужність, кВ*А	40
Коефіцієнт корисної дії, %	0,82
габаритні розміри, мм	
довжина;	1085
висота;	808
ширина.	1026
Маса, кг не більше	370

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Контроль якості зварювання балонів здійснюється у двох формах: поопераційний та приймальний.

Завдання поопераційного контролю полягає у перевірці правильності виконання всіх етапів технологічного процесу, включно з монтажем і зварюванням, шляхом дотримання вимог нормативно-технічної та технологічної документації.

Під час складання деталей для зварювання контролюють відповідність розмірів і форми кромки, а також величину зазору, щоб зміщення не перевищувало допустимих значень.

У процесі зварювання контролюють режими та техніку виконання операцій, дотримання послідовності накладання швів, якість очищення кореневого шва від шлаку та відсутність видимих дефектів.

Приймальний контроль зварних з'єднань ємностей є завершальним етапом виготовлення. Для його проведення застосовується ультразвукова дефектоскопія всіх швів, яка дає змогу виявити дрібні тріщини та незначний непровар, що залишаються непомітними при контролі гамма-променями.

Визначення технічних властивостей зварних з'єднань проводиться згідно зі стандартом. Показники міцності при випробуваннях на розтяг і згин обчислюють як середнє арифметичне результатів усіх зразків контрольного з'єднання. Результати вважаються незадовільними, якщо хоча б один із показників перевищує допустимі межі більш ніж на 10%.

За результатами механічних випробувань, у разі потреби, здійснюється коригування параметрів режимів зварювання окремих або всіх швів.

Механічні випробування виконуються через визначені інтервали часу у центральній заводській лабораторії.

Вибір методів контролю якості залежить від характеру необхідної інформації, особливостей об'єкта та можливості їх застосування у конкретних виробничих умовах. Зовнішні дефекти зварних з'єднань визначають візуальним методом контролю — неозброєним оком або за допомогою лупи. Це проста, але надзвичайно важлива операція, яку слід виконувати ретельно й професійно, з обов'язковою реєстрацією всіх виявлених дефектів для подальшого аналізу та встановлення їх причин.

Магнітному контролю підлягають лише феромагнітні матеріали. Основна складність перевірки пов'язана з габаритами виробу, адже для великих деталей потрібен потужний електромагніт значних розмірів.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

В основі радіаційних методів контролю лежить іонізуюче випромінювання в формі рентгенівського променя і гама – випромінювання. Контроль зварних з'єднань радіоактивними методами встановлений на зміні рентгенівського і гама – випромінювання в результаті втрат частини енергії при проходженні ними через матеріал в залежності від його густини і товщини. На отриманому рентгенівському знімку можна побачити темні і світлі ділянки, різна зміна кольору ділянки шва означає зменшення чи збільшення густини металу, а також можливість наявності дефекту [6, с.114].

Недоліками радіаційного методу контролю є низька ефективність виявлення площинних дефектів, значна тривалість процесу та потреба у використанні дефіцитної плівки.

Для виявлення внутрішніх дефектів зварних швів (тріщин, непроварів, неметалевих включень) застосовують радіаційний та ультразвуковий методи контролю. У деяких випадках використовують також магнітний контроль і перевірку на герметичність.

Ультразвукова дефектоскопія ґрунтується переважно на застосуванні одного з двох основних методів.

Перший метод полягає у виявленні дефектів за зменшенням амплітуди сигналу як при імпульсному, так і при неперервному випромінюванні. Він реалізується у двох варіантах – тіньовому та дзеркально-тіньовому. Обидва методи відзначаються високою стійкістю до перешкод. Для застосування тіньового методу потрібен двобічний доступ до дефекту, тоді як дзеркально-тіньовий не має такої вимоги й дозволяє виявляти дефекти у корневих швах стикових з'єднань.

Обидва тіньові методи придатні для контролю об'єктів із грубо обробленими поверхнями. Вони ефективно застосовуються для перевірки стикових з'єднань арматури залізобетону періодичного профілю.

Другий метод ґрунтується на використанні відбитих ультразвукових хвиль від несучільностей у контрольованій деталі, які відрізняються від

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

основного металу за акустичним опором. Відбита хвиля фіксується та реєструється для подальшого аналізу.

Ехо-імпульсний метод ґрунтується на озвучуванні об'єкта короткими імпульсами. Ознакою наявності дефекту є поява ехо-сигналів на екрані приймача. Цей метод застосовується для контролю всіх основних типів зварних з'єднань – стикових, кутових, напусткових і таврових. Він забезпечує виявлення дефектів у деталях товщиною до 1000 мм і більше. Дефекти площею до 0,7 мм² можуть бути виявлені на глибині до 100 мм. Контроль здійснюється при однобічному доступі до з'єднання з використанням одного перетворювача, який виконує функції випромінювача та приймача сигналів.

Для контролю якості виробів часто застосовують установки для перевірки герметичності. Процес випробування включає такі етапи:

- а) встановлення виробу у випробувальне місце;
- б) під'єднання труб та герметизація всіх отворів;
- в) заповнення виробу водою з повним видаленням повітря;
- г) підвищення тиску води до випробувального рівня (приблизно на 50 % вище робочого);
- д) витримування виробу під тиском протягом визначеного часу;
- е) зниження тиску та видалення рідини з виробу.

Випробувальний тиск зазвичай становить 2–2,5 МПа, а час витримки виробу під навантаженням – до 60 секунд. У готових виробах тріщини не допускаються. Відповідно до вимог Держтехнагляду, зварні з'єднання мають бути вільними від напливів та підрізів.

Для оцінки механічних властивостей зварних з'єднань проводять відповідні випробування на зразках, вирізаних із контрольної пластини. При перевірці поздовжніх швів балонів пластину прихоплюють так, щоб її шов був продовженням виробничого. Для контролю кільцевих швів пластина може зварюватися окремо, але з обов'язковим дотриманням усіх умов технології зварювання. Із кожного контрольного з'єднання вирізають два зразки для

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випробування на розтяг, два – для випробування на згин та три – для визначення ударної в'язкості.

Для виявлення внутрішніх і зовнішніх дефектів застосовують візуально-оптичний метод контролю. Усі вимоги щодо забезпечення якості регламентуються стандартом. Оскільки виріб призначений для роботи у вибухонебезпечних умовах, його додатково перевіряють на герметичність за допомогою спеціального випробувального стенда.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Під час виготовлення тороїдального балона, що входить до складу газобалонного обладнання автомобілів, першим етапом технологічного процесу є перевірка відповідності матеріалів виробу та зварювальних матеріалів вимогам нормативно-конструкторської документації.

Технологічний процес виготовлення виробу включає такі основні операції: заготівельні, складальні, зварювальні, опоряджувальні, допоміжні та контрольні.

2.6.1 Заготівельні операції

Для підготовки заготовок, що підлягатимуть складанню, необхідно виконати дані операції:

- а) очищення;
- б) розмічування;
- в) різання;
- г) штампування.

Очищення металопрокату здійснюють за допомогою кутової шліфувальної машинки Bosh Professional GWS 26-230 LVI та дротяної щітки. Цю операцію виконують лише у випадках, коли вона є необхідною.

					<i>КР.422.33.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розмічування заготовок відповідно до заданих розмірів здійснюється на спеціальній дільниці ручним методом із використанням вимірювальної рулетки, металевої інженерної лінійки та маркера. Основним завданням цієї операції є точне перенесення розмірів із креслення на заготовку. Висока точність є критичною, адже помилки під час розмічування можуть спричинити появу невідповідних дефектів.

Операцію різання виконують на торцювальній машині Vertex VR-1800, що використовується для виготовлення кронштейнів і горловини. Заготовки днища та кришки отримують методом штампування із застосуванням пневмогідравлічного преса Р60Н.

2.6.2 Складальні операції

Перед складанням проводять візуальну перевірку відповідності заготовки кресленню. Виріб має забезпечувати достатню жорсткість і міцність, щоб уникнути деформацій під час зварювання. Для виконання складання та зварювання тороїдального балона застосовують спеціальний стенд.

На першому етапі виріб прихоплюють на спеціальному стенді. Основним завданням є його правильне встановлення та забезпечення необхідного зазору між кромками.

Після прихоплення виконують основні зварювальні роботи, під час яких потрібно сформувати надійне з'єднання деталей із гарантованою герметичністю та міцністю.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Відповідно до попередньо розрахованих параметрів режиму виконують налагодження автомата: встановлюють силу зварювального струму, швидкість подачі електродного дроту та швидкість зварювання.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тороїдальний балон зварюють однопрохідним швом, який виконують автоматом під флюсом із застосуванням спеціального стенда.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювальних робіт виконують зачищення швів та видаляють металеві бризки з поверхні виробу. Опоряджувальні операції здійснюють як ручними, так і механічними методами.

До ручних інструментів, що застосовуються під час зачищення, належать молоток, зубило та дротяна щітка. Серед механізованих методів використовують кутові шліфувальні машини, зокрема модель Bosh Professional GWS 26-230 LVI. Після завершення зачищення виріб проходить контроль на наявність внутрішніх і зовнішніх дефектів.

2.6.5 Допоміжні операції

До допоміжних операцій відносяться наступні роботи:

- перевірка обладнання: огляд зварювального апарата; перевірка справності кабелів, електродотримача, системи охолодження;
- встановлення режиму зварювання: сила зварювального струму; напруга дуги; швидкість подачі електродного дроту; швидкість переміщення пальника;
- підготовка витратних матеріалів: вибір електродів або дроту відповідного діаметра й марки; підготовка флюсу чи захисного газу;
- налаштування складальних пристосувань.

2.6.6 Контроль якості

Основні різновиди контрольних операцій є такі:

- а) попередній контроль – виконується до початку виробничих робіт;

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) поточний контроль – здійснюється безпосередньо під час виконання технологічних операцій;

в) завершальний контроль – проводиться після завершення виготовлення виробу.

Контроль готової продукції здійснюється у два етапи:

1. Зовнішній огляд (візуально-оптичний контроль) – дозволяє виявити дефекти на поверхні шва.

2. Випробування на герметичність – забезпечує перевірку цілісності швів та виявлення внутрішніх дефектів, що можуть порушувати герметичність виробу.

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

Технічне нормування проводять для визначення витрат часу, матеріалів та електроенергії на виконання заданої роботи в конкретних організаційно-технічних умовах. Воно базується на повному й ефективному використанні виробничих ресурсів та враховує наявний трудовий досвід.

При нормуванні витрат зварювальних матеріалів застосовують питомі показники, що дозволяють визначити норми витрат на виріб. Для дугового зварювання такими показниками є кількість матеріалів, розрахована на 1 метр зварного шва.

Розрахунок витрат при зварюванні балону тороїдального проводять для стикового з'єднання, згідно ДСТУ 3159-95 [7].

Витрати зварювального дроту для виконання зовнішніх швів визначаємо за формулою:

$$H_b = M \cdot k_b, \quad (2.10)$$

де M – маса наплавленого металу, кг;

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k_b – коефіцієнт витрат матеріалу, що враховує технологічні втрати і відходи зварювальних матеріалів, $k_b=1,10$.

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою:

$$M = F \cdot \rho \cdot L, \quad (2.11)$$

де F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу шва, m^2 ;

ρ – густина наплавленого металу, $кг/м^3$;

L – довжина всіх швів виробу, $м$.

Згідно креслень довжина шва становить, $L=0,46 м$.

$$M = 59 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 0,46 = 0,212 \text{ кг};$$

$$H_b = 0,212 \cdot 1,1 = 0,23 \text{ кг}.$$

Визначаємо витрату флюсу ОСЦ-45 для зварювання зовнішніх швів за формулою:

$$Q_\phi = H_b \cdot K_\phi, \quad (2.12)$$

де H_b – витрати зварювального дроту на зварювання шва, $кг$;

K_ϕ – коефіцієнт який враховує відношення маси витраченого дроту до маси витраченого флюсу, $K_\phi=1,7$;

$$Q_\phi = 0,212 \cdot 1,7 = 0,36 \text{ кг}.$$

Розраховуємо витрати електроенергії для зварного шва за формулою:

$$Q_e = \frac{U_\delta}{\alpha_n \cdot n \cdot R_u}, \quad (2.13)$$

де R_u – коефіцієнт роботи дуги, $R_u=0,2$;

n – коефіцієнт пропорційності, $n=0,75$;

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

U_d – напруга на дузі (пункт 2.3);

α_n – коефіцієнт наплавлення (пункт 2.3);

$$Q_e = \frac{30}{8,3 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 24 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Час зварювання шва розраховуємо за формулою:

$$t_o = \frac{H_b}{I_{3\phi} \cdot \alpha_n}, \quad (2.14)$$

$$t_o = \frac{0,232}{300 \cdot 8,3} = 0,01 \text{ год}.$$

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Для виготовлення зварних конструкцій високої якості необхідне точне складання деталей виробу – їх правильне взаємне розташування та надійне закріплення. Для цього у зварювальному виробництві застосовують спеціальне складальне устаткування.

При виборі складальних та зварювальних пристосувань необхідно враховувати такі умови:

- а) забезпечення можливості швидкого та безпечного переміщення деталей;
- б) точне встановлення виробу у потрібному положенні без втрати часу;
- в) легкий доступ до місць зварювання та комфортні умови роботи;
- г) надійна фіксація, що виключає зміщення під час процесу.

Складальне устаткування поділяється на два основні типи – власне складальне та складально-зварювальне. Перше використовується для точного розташування деталей і завершується їх прихопленням, що забезпечує фіксацію у потрібному положенні. Друге, крім складання, дозволяє виконувати повне або часткове зварювання виробу, а в окремих випадках і витримувати після зварювання для зменшення деформацій. Зварювальні операції можуть проводитися як після попереднього прихоплення, так і без нього. Вибір конкретного типу устаткування визначається технологічним процесом, який залежить від форми та розмірів виробу, необхідної точності, типу виробництва й програми випуску, наявності виробничих площ, завантаження робочих місць, способу зварювання та інших організаційно-технічних факторів.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Зварювання виробів здійснюється за різними технологічними процесами із застосуванням відповідного обладнання. Для складання та зварювання тороїдальних балонів використовується спеціальне складально-зварювальне пристосування. Технологічно дане з'єднання виконується одnobічним способом, а сам процес проводиться на спеціальному стенді зі зовнішнього боку виробу.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Конструктивні схеми пристосувань, що застосовуються під час виготовлення тороїдальних балонів, забезпечують правильну послідовність складально-зварювальних операцій. У процесі роботи деталі розміщуються в пристосуванні, встановлюються за упорами та фіксаторами, після чого надійно закріплюються притискачами.

Опори пристосувань поділяються на основні та допоміжні. Основні визначають положення деталі у просторі й закріплюються в корпусі пристосування, тоді як допоміжні забезпечують додаткову стійкість у випадках можливого перевертання. У складально-зварювальних пристосуваннях основними опорами виступають штирі, а великі деталі з обробленими базовими поверхнями встановлюють на пластини. Регульовані гвинтові опори можуть виконувати функції як основних, так і допоміжних. При цьому допоміжні опори не впливають на точність базування деталей.

Упори застосовують для фіксації деталей по їхніх бічних поверхнях. Уздовж контуру виробу як упори використовують планки або ребра. Вони можуть бути постійними, відкидними, відвідними чи знімними, з рельєфною, сферичною або плоскою базовою поверхнею. Постійні упори закріплюють на корпусі пристосувань гвинтами або шляхом зварювання. Для підвищення зносостійкості їхні робочі поверхні зміцнюють термообробленням або наплавленням.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Раціонально, коли упори одночасно виконують функцію опорної бази. Відкидні та відвідні упори застосовують у випадках, коли конструкція виробу не дозволяє легко знімати його після прихоплення чи зварювання. При цьому довжина робочої частини упорів повинна становити щонайменше дві товщини стінок деталей, що фіксуються.

Для формування базових поверхонь пристосувань та забезпечення правильної орієнтації деталей застосовують постійні упори, які одночасно виконують функцію опорної бази. Вони закріплюються на корпусі складально-зварювальних пристосувань за допомогою гвинтів або зварювання. Крім того, використовуються регульовані упори, що дозволяють адаптувати пристосування до різних умов роботи.

Для забезпечення високої якості зварних конструкцій необхідне точне складання деталей виробу, що передбачає їх правильне взаємне розташування та надійне закріплення.

Процес складання зварного виробу включає послідовність операцій. Спочатку деталі виробу або вузла подаються до місця складання, після чого встановлюються у складальному пристосуванні у визначеному проектному положенні. У цьому положенні вони закріплюються й підлягають зварюванню. Транспортування та встановлення деталей здійснюється універсальним або спеціалізованим обладнанням. Орієнтація деталей під час складання забезпечується установчими елементами пристосування чи суміжними деталями, а фіксація – затискними елементами.

У розроблених пристосуваннях застосовуються пневматичні притискачі, різні типи упорів та призми. Основна функція складального обладнання у зварювальному виробництві полягає у точній фіксації та надійному закріпленні деталей, що підлягають зварюванню.

Притискні механізми призначені для надійного закріплення установлених у пристрої заготовок, деталей складальних одиниць відповідно з вимогами технологічної документації в процесі всього періоду складання та зварювання [8, с. 126].

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До притискних механізмів висуваються наступні вимоги [8, с. 126]:

- а) забезпечення необхідного напрямку дії сили притиску заготовок, що виключало б зсуви та перекидання заготовок відносно установчих баз;
- б) забезпечення розрахункової сили притиску заготовок протягом процесу складання та зварювання виробу;
- в) притискачі не повинні спричиняти деформацію деталей та пошкодження їх поверхонь;
- г) швидкодія притискних механізмів;
- г) зручність та безпека в експлуатації;
- д) вільне витягнення складеного виробу з пристрою;
- е) зручний доступ до притискачів для приведення їх в дію;
- є) надійне закріплення деталей протягом складання та зварювання;
- ж) вільний доступ до місць виконання прихоплень та зварювання швів [8, с. 127].

Застосування пневмопритискачів скорочує допоміжний час при виготовленні зварних конструкцій завдяки швидкодії та керуванню пристроєм з одного робочого місця. Пневмопритискачі забезпечують достатнє складальне зусилля та швидке закріплення і вивільнення вузлів та виробів, які складаються [8, с. 151].

Розрізняють три різновиди пневмопритискачів [8, с. 151]:

- а) пневмоциліндри односторонньої та двосторонньої дії;
- б) пневмокамери (діафрагмові камери);
- в) пневмошланги [8, с. 151].

Відповідно до технологічного процесу виготовлення виробу, першою операцією є розмічування та різання листового матеріалу, яке здійснюється за допомогою торцювальної пили.

Для виготовлення заготовок кришки та днища застосовують процес штампування з використанням пневмо-гідравлічного преса, який забезпечує притискне зусилля 60 т.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

На початковому етапі зварювання виконують прихоплення кромки стиків під час складання. Кришку з днищем з'єднують у спеціальному складально-зварювальному пристосуванні, яке забезпечує необхідний зазор та паралельність кромки, що має вирішальне значення для подальшого формування виробу.

Наступним етапом є виконання кільцевого шва на тому ж складально-зварювальному стенді із застосуванням підвісної самохідної головки типу А-1569. Зварювання здійснюється за один прохід.

Під час виконання кільцевих швів основний рух зазвичай здійснює сам виріб, який обертається, тоді як зварювальний апарат залишається нерухомим. Допоміжні переміщення та коригуючі дії виконуються зварювальним автоматом, оскільки забезпечити рівномірне переміщення виробу разом із пристосуванням значно складніше, ніж переміщати сам апарат.

Переміщення зварювального автомата відносно виробу має певні недоліки. По-перше, виникають труднощі з підведенням різних комунікацій до рухомого обладнання. По-друге, спостереження за процесом у зоні, що постійно переміщується, потребує одночасного пересування зварювальника разом з автоматом. По-третє, зварювання здійснюється лише в одному напрямку, тому необхідний холостий хід для повернення автомата у вихідне положення.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

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

Таблиця 4.1 - Характеристика балону тороїдального

Показник	Одиниці вимірю- вання	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габаритні розміри виробу	мм	ø610x285	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
металевий прокат 14Г2	кг	45	
зварювальний дріт Св-08ГСМТ	кг	1,1	
зварювальний флюс ОСЦ-45	кг	1,8	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	7,5	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
профільний прокат:			
сталь 14Г2	грн	49,0	48,8
зварювальний дріт Св-08ГСМТ	грн	137	135,5
зварювальний флюс ОСЦ-45	грн	57,9	55,5
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	40	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення балону тороїдального

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна, грн	Назва	Ціна, грн		
1	2	3	4	6	7	8	9
Заготівельні	$\frac{3}{П}$	Дробометна установка, торцювальна пила Vertex VR-1800	346000	окуляри зах.	315	IV	$\frac{5,5}{5,3}$
Штамування	$\frac{3}{П}$	Прес пневмо-гідравлічний Р60Н	2850000	слюсарний молоток	150	IV	$\frac{5,6}{5,5}$
Складання	$\frac{3}{П}$	Стенд для зварювання тороїдальних балонів, складально-зварювальне пристосування	411000	слюсарний молоток	150	IV	$\frac{7,1}{6,3}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварювальний автомат А-1569, випрямляч КІУ-501	120000 95000			IV	$\frac{5,7}{5,4}$
Зачищування	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина Bosh Professional GWS 26-230 LVI	3940	окуляри захисні, щітка дискова, зубило	315 195 175	III	$\frac{5,4}{4,5}$
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Стенд гідровипробов. тороїдальних балонів	210000	збільш. лупа	305	VI	3,5
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Кран підвісний	356000			IV	2,1

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 32,8;

по проекту 30,5;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 2,1;

по проекту 2,1.

Загальна штучна норма часу: по заводу 34,9;

по проекту 32,6.

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

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,05) \approx 1903_{год}.$$

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

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

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

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$K_{вн}$ – коефіцієнт виконання, $K_{вн}=1,5$.

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

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні балону тороїдального становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,5 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 2,89 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,3 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 2,79 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання штампувальних операцій кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,6 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 2,94 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,5 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 2,89 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{7,1 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 3,73 \approx 4 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{6,3 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 3,31 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,7 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,4 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 2,84 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,4 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 2,84 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,5 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 2,37 \approx 2 \text{ шт.}$$

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

$$n = \frac{3,5 \cdot 1500}{1903 \cdot 1,5} = 1,84 \approx 2 \text{ шт.}$$

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

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						45
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, 1500 шт;

m - кількість різновидів вантажних об'єктів;

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

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

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

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

$$n = \frac{1500 \cdot 2 \cdot 0,6}{2100 \cdot 0,7} = 1,23 \approx 1 \text{ шт.}$$

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

4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [9, с.13]:

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

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

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
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 $B_{np} = 1500$ шт;

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

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

$K_{вн}=1,5...1,6$;

Необхідна кількість заготівельників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 5,5}{1850 \cdot 1,6} = 2,79 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 5,3}{1850 \cdot 1,6} = 2,69 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість штампувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 5,6}{1850 \cdot 1,6} = 2,84 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 5,5}{1850 \cdot 1,6} = 2,79 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 7,1}{1850 \cdot 1,6} = 3,6 \approx 4 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 6,3}{1850 \cdot 1,6} = 3,19 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 5,7}{1850 \cdot 1,6} = 2,89 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 5,4}{1850 \cdot 1,6} = 2,74 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 5,4}{1850 \cdot 1,6} = 2,74 \approx 3 \text{ чол},$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 4,5}{1850 \cdot 1,6} = 2,28 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{1500 \cdot 3,5}{1850 \cdot 1,6} = 1,77 \approx 2 \text{ чол.}$$

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з кількості транспортних засобів приймаємо необхідну кількість транспортувальників $r_{oi} = 1$ 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:				
заготівельники	3	3	IV	IV
штампувальники	3	3	IV	IV
складальники	4	3	IV	IV
зварювальники	3	3	IV	IV
зачищувальники	3	2	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
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	26	24	—	—

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

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

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів			Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн						
							на один виріб		на програму				
3/П	Сталь 14Г2			кг	49	48,8	36505	36356	54757500		54534000		
3/П	Зв. др. Св-08ГСМТ			кг	137	135,5	150,7	149,05	226050		223575		
3/П	Флюс ОСЦ-45			кг	57,9	55,5	104,22	99,9	156330		149850		
Р- ом							36759,92	36604,95	55139880		54907425		
В- нт	Транспортно- заготівельні витрати			Загальна сума, грн						Вартість поворотних відходів, грн			
	% ц. куп.	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму			
3/П	5	2,45	2,44	1825,25	1817,8	2737875	2726700	70	70	105000	105000		
3/П	5	6,85	6,78	7,54	7,45	11302,5	11178,75						
3/П	5	2,9	2,78	5,21	5	7816,5	7492,5						
Р- ом		12,2	12	1838	1830,25	2756994	2745371,25	70	70	105000	105000		

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

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

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

$$3_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

					<i>КР.422.33.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [9, с.18].

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

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

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

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [9, с.18]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці заготівельників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 6,8 \cdot 11,5 \cdot 5,5 = 430,1 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 430,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 150,54 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 430,1 \cdot 0,4 = 172,04 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$Z_{oo} = 6,8 \cdot 11,5 \cdot 5,3 = 414,46 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 414,46 \cdot (0,2 + 0,15) = 145,06 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 414,46 \cdot 0,4 = 165,78 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці штампувальників:

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,3 \cdot 14 \cdot 5,6 = 415,52 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 415,52 \cdot (0,2 + 0,15) = 145,43 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 415,52 \cdot 0,4 = 166,21 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,3 \cdot 14 \cdot 5,5 = 408,1 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 408,1 \cdot (0,2 + 0,15) = 142,84 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 408,1 \cdot 0,4 = 163,24 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,3 \cdot 13,5 \cdot 7,1 = 508 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 508 \cdot (0,2 + 0,15) = 177,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 508 \cdot 0,4 = 203,2 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,3 \cdot 13,5 \cdot 6,3 = 450,77 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 450,77 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,77 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 450,77 \cdot 0,4 = 180,31 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6,2 \cdot 14,5 \cdot 5,7 = 512,43 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 512,43 \cdot (0,2 + 0,15) = 179,35 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 512,43 \cdot 0,4 = 204,97 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6,2 \cdot 14,5 \cdot 5,4 = 485,46 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 485,46 \cdot (0,2 + 0,15) = 169,91 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 485,46 \cdot 0,4 = 194,18 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6,5 \cdot 12 \cdot 5,4 = 421,2 \text{ грн};$$

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{до} = 421,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 147,42 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 421,2 \cdot 0,4 = 168,48 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 6,5 \cdot 12 \cdot 4,5 = 351 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 351 \cdot (0,2 + 0,15) = 122,85 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 351 \cdot 0,4 = 140,4 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{оо} = 7,3 \cdot 22,5 \cdot 3,5 = 574,88 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 574,88 \cdot (0,2 + 0,15) = 201,21 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 574,88 \cdot 0,4 = 229,95 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{оо} = 11,9 \cdot 18 \cdot 2,1 = 449,82 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 449,82 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,44 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 449,82 \cdot 0,4 = 179,93 \text{ грн}.$$

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

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

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

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

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

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

Затрати по оплаті праці налагоджувальників:

$$З_{од} = 2 \cdot 32,5 \cdot 1850 = 120250 \text{ грн};$$

$$З_{нд} = 120250 \cdot 0,35 = 42087,5 \text{ грн};$$

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{пд} = 120250 \cdot 0,4 = 48100 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$З_{од} = 2 \cdot 32,5 \cdot 1850 = 120250 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 120250 \cdot 0,35 = 42087,5 \text{ грн;}$$

$$З_{пд} = 120250 \cdot 0,4 = 48100 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$З_{од} = 1 \cdot 32,5 \cdot 1850 = 60125 \text{ грн;}$$

$$З_{дд} = 60125 \cdot 0,35 = 21043,75 \text{ грн;}$$

$$З_{пд} = 60125 \cdot 0,4 = 24050 \text{ грн.}$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою [9, с.19]:

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

$$З_{оп} = 1 \cdot 8100 \cdot 12 = 97200 \text{ грн ;}$$

$$З_{дп} = 97200 \cdot 0,35 = 34020 \text{ грн;}$$

$$З_{пн} = 97200 \cdot 0,4 = 38880 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{оп} = 1 \cdot 8100 \cdot 12 = 97200 \text{ грн ;}$$

$$З_{дп} = 97200 \cdot 0,35 = 34020 \text{ грн;}$$

$$З_{пп} = 97200 \cdot 0,4 = 38880 \text{ грн.}$$

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

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії працівників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
заготівельники	326445,9	314575,14	114256,1	110101,3	130578,36	125830,06
штампувальники	315379,68	309747,9	110382,89	108411,77	126151,87	123899,16
складальники	514101,06	342130,64	179935,37	119745,72	205640,42	136852,25
зварювальники	388934,37	368464,14	136127,03	128962,45	155573,75	147385,66
зачищувальники	319690,8	177606	111891,78	62162,1	127876,32	71042,4
контролери	290886,75		101810,36		116354,7	
транспортувальники	113804,46		39831,56		45521,78	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	120250		42087,5		48100	
ремонтники	120250		42087,5		48100	
електрики	60125		21043,75		24050	
ІТР	97200		34020		38880	
МОП	97200		34020		38880	
Разом	2764268,02	2412240,03	967493,81	844284,01	1575980,96	1435169,76

4.5 Калькуляція собівартості виробу

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

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

Статті калькуляції	Сума затрат, грн	
	З	П
1	2	3
Основні матеріали:	36759,92	36604,95
сталь 14Г2	36505	36356
зварювальний дріт Св-08ГСМТ	150,7	149,05
зварювальний флюс ОСЦ-45	104,22	99,9
Поворотні відходи	70	
Паливо та енергія на технологічні цілі	215	215
Основна заробітна плата основних робітників	1512,83	1278,14
Додаткова заробітна плата основних робітників	529,49	447,35
Премії та надбавки основних робітників	605,13	511,26
Відрахування на соціальне страхування	37,06	31,32
Відрахування на медичне страхування	66,19	55,92
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	541,13	541,13
Цехові (дільничні) витрати	349,92	349,92
Всього цехова собівартість	40546,67	39965,03

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиниць		Вартість одиниці, грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
	3	3	3466000	3466000	173300	173300
	2	2	2850000	2850000	142500	142500
	4	3	411000	411000	20550	20550
	3	3	215000	215000	10750	10750
	3	2	3940	3940	197	197
	2	2	210000	210000	10500	10500
	1	1	356000	356000	17800	17800
Інструменти:						
	9	8	150	150	7,5	7,5
	7	5	175	175	8,75	8,75
	4	3	315	315	15,75	15,75
	4	3	195	195	9,75	9,75
	2	2	305	305	15,25	15,25
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума амортиз. відрах., грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	9725000	9725000	5	486250	486250
Устаткування:					
заготівельне	10571300	10571300	8	845704	845704
штампувальне	5842500	5842500	8	467400	467400
складальне	1664550	1253550	7	116518,5	87748,5
зварювальне	655750	655750	6,5	42623,75	42623,75
зачищувальне	12017	8077	8	961,36	646,16
контрольне	430500	430500	7	30135	30135
транспортне	373800	373800	7	26166	26166
Інструменти:			16		
молоток	1357,5	1207,5		217,2	193,2
зубило	1233,75	883,75		197,4	141,4
захисні окуляри	1275,75	960,75		204,12	153,72
щітка	789,75	594,75		126,36	95,16
збільшувальне лупа	625,25	625,25		100,04	100,04
Разом	29280699	28864749		2016603,73	1987356,93

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

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

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

де C_{nz} - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{nz} = 64099,23$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 62841,34$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 40546,67$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 39965,03$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((64099,23 + 0,15 \cdot 40546,67) - (62841,34 + 0,15 \cdot 39965,03)) \cdot 1500 = 2017704 \text{ грн.}$$

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

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

де Φ_{ocz} - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{ocz} = 88084095$ грн);

Φ_{ocn} - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{ocn} = 86824935$ грн);

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

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

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{yp} = 1500 \cdot (64099,23 - 62841,34) = 1886835 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{88084095 - 86824935}{1886835} = 0,68p.$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	1500	1500
Кількість технологічного устаткування	шт	14	12
Собівартість товарної продукції	грн	64099,23	62841,34
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	26	24
- основних робітників	чол	19	17
Фондомісткість продукції	грн/шт	40546,67	39965,03
Умовна річна економія	грн	-	1886835
Річний економічний ефект	грн	-	2017704
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,68
Місячний оклад основних робітників:			
- заготівельники	грн	15806,18	15231,41
- штампувальники	грн	15270,36	14997,68
- складальники	грн	18669,18	16565,61
- зварювальники	грн	18831,8	17840,66
- зачищувальники	грн	15479,1	12899,25
- контролери	грн	21126,66	21126,66
- транспортувальники	грн	16530,89	16530,89

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті

З огляду на велику небезпеку і специфіку завдання охорона праці при висотних зварювальних роботах допускає тільки фахівців високого класу, які пройшли атестацію та медичне обстеження. Зварювальник не повинен мати проблем з вестибулярним апаратом, тиском, зором, слухом, координацією. Перед підйомом він обов'язково екіпірується спорядженням для висотних робіт, захисною маскою, захисним костюмом, повністю закритим шкіряним взуттям. В процесі роботи необхідно дотримуватися таких вимог [10]:

1. При зварюванні на декількох рівнях висоти, фахівці, що розташовуються на нижніх ярусах, повинні бути захищені від падіння важких предметів, електродів, окалини. Для цього зазвичай використовують спеціальні каски, суміщені з захисною маскою.

2. При собі повинна бути спеціальна сумка для інструментів, а також вогнестійка ємкість для огарків. Останні суворо забороняється скидати вниз, аби запобігти виникненню пожежі.

3. Замість мотузки для робіт в безопорному просторі краще застосовувати металевий трос, оскільки звичайні мотузки не захищені від випадкових гарячих бризок, здатних перепалити волокно.

4. В процесі роботи зварювальник розташовується так, щоб оброблювана деталь знаходилася трохи в стороні від нього: це дозволяє зменшити кількість бризок гарячого металу і максимально знизити ризик отримання травми та запобігти попаданню огарків на незахищені від вогню частини конструкції.

5. Оптимальна довжина кабелів повинна бути до 3 м, щоб під час процедури не виникало втрат потужності, і при цьому працівникам було зручно переміщати обладнання [10].

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Під час виконання робіт на висоті зварник повинен дотримуватись таких правил безпеки праці [11]:

1. Роботи, які проводяться па висоті, відносяться до робіт з підвищеною небезпекою. Особи, які не виконують вимоги інструкції з охорони праці, залежно від характеру порушень притягуються до дисциплінарної, матеріальної, адміністративної та карної відповідальності.

2. Зварювальник, на робочому місці зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

3. До робіт на висоті відносяться всі роботи, при яких виконавець знаходиться на висоті 1,3 м і більше від поверхні землі, підлоги, настилу і на відстані менше двох метрів від кордону перепаду по висоті.

4. До виконання робіт на висоті допускаються особи, які:

- досягли 18-років;
- пройшли медичний огляд та не мають медичних протипоказань;
- пройшли навчання, інструктаж з питань охорони праці, в тому числі при виконанні робіт з підвищеною небезпекою, правила першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, про правила поведінки при виникненні аварій;

- за наявності наряду – допуску.

5. Роботи на висоті можна приводити:

- на приставних драбинах за умови, якщо висота від підлоги до

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

сходинки, з якої виконується робота, не більш 1 м;

- з підмостя і риштувань, які мають огороження;
- з неогороженої поверхні при обов'язковому застосуванні перевірених і випробуваних запобіжних поясів.

6. Роботи на висоті повинні проводитись, як правило, в денний час. При необхідності проведення робіт в нічний час повинні бути розроблені додаткові заходи безпеки з відміткою в наряді - допуску.

7. Виробничий персонал, який виконує роботи на висоті зобов'язаний:

- вміти користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;
- дотримуватися зобов'язань з охорони праці, передбачених колективним договором (угодою, трудовим договором) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства, в тому числі своєчасно розпочинати роботу, дотримуватися технологічної та обідньої перерв;
- не виконувати роботи, непередбачені зміним завданням.

8. При виконанні робіт на висоті можливий вплив на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників – фізичних і хімічних [11].

Таким чином, виконуючи будь-які роботи на висоті більше 1,3 м обов'язково потрібно дотримуватись цієї інструкції.

5.2 Обґрунтування вимог охорони праці та пожежної безпеки під час виконання зварювальних робіт виготовлення балону тороїдального

Виготовлення балону тороїдального обов'язково повинно виконуватися із дотриманням пожежної безпеки, яка забезпечується [12, с.119]:

- системою попередження пожежі (комплексом організаційних заходів та технічних засобів, направлених на попередження виникнення пожежі);

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- системою пожежного захисту (комплексом організаційних заходів та технічних засобів, направлених на попередження дії на працюючих небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальної шкоди від неї).

Основними причинами виникнення пожежі можуть бути:

- порушення правил пожежної безпеки, інструкцій щодо експлуатації технологічного обладнання;
- несправність технологічного обладнання;
- порушення правил ведення зварювальних робіт у виробничих приміщеннях;
- необережне поводження з відкритим вогнем, паління в неустановлених місцях;
- несправність електроустановок, електропроводки, вентиляційних систем та опалювальних приладів;
- загазованість виробничих приміщень пожежонебезпечними парами;
- самозагоряння горючих речовин і матеріалів;
- розряди статичної та атмосферної електрики (грозові розряди тощо).

Дільниця вважається правильно спроектованою в тому випадку, коли разом з вирішенням функціональних, санітарних та інших технічних і економічних вимог забезпечені умови пожежної безпеки.

Всі будівельні матеріали по займанню поділяються на три групи: - негорючі, які під дією вогню або високих температур не займаються і не обуглюються (до них відносять більшість металів та матеріали мінерального походження);

- важкозаймаючі, які можуть займатися і продовжувати горіти тільки при постійній дії стороннього джерела займання (наприклад, конструкції з дерева, які просочені або покриті вогнезахисними сумішами);

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

- горючі, які можуть самостійно горіти після видалення джерела займання (до них відносять більшість пластичних матеріалів, в тому числі які застосовуються в будівництві).

Займання будівельних конструкцій визначають, як правило, по займанню матеріалів з яких вони виготовлені.

В умовах пожежі, крім високих температур, на будівельні конструкції впливають їх власна маса та експлуатаційні навантаження, а також додаткові статичні навантаження (від пролітої, при тушінні пожежі, води або уламків конструкції, що завалилися) та динамічний вплив (водяні струмені або уламки, що падають). В результаті вказаних впливів несучі конструкції деформуються та втрачають міцність. Крім того, при пожежі конструкції можуть нагрітись до небезпечних температур, прогоріти або отримати наскрізні тріщини, що може привести до розповсюдження пожежі в суміжні приміщення. Здатність конструкцій чинити опір впливу пожежі на протязі певного часу при збереженні експлуатаційних функцій називається вогнестійкістю [12, с.119].

Підвищити вогнестійкість будівель та споруд можна облицюванням або оштукатурюванням металевих конструкцій. Перевагою користуються облицювальні матеріали, які мають мінімальну масу та мінімальний коефіцієнт теплопровідності.

Протипожежні стіни повинні бути виконані з негорючих матеріалів, мати межу вогнестійкості не менше 2,5 годин і опиратися на фундаменти. Протипожежні стіни розраховують на стійкість з врахуванням можливості однобічного завалення перекриття та інших конструкцій при пожежі.

При проектуванні будівель необхідно передбачити безпечну евакуацію людей на випадок виникнення пожежі. При виникненні пожежі працівники повинні покинути будівлю на протязі мінімального часу, який визначається найменшою віддаллю від місця їх знаходження до виходу назовні будівлі.

Як правило, виникнення пожежі в будівлях та спорудах супроводжується виділенням великої кількості диму, який затемнює

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщення та утруднює умови евакуації та гасіння пожежі. Крім того дим володіє задушливими властивостями.

Видалення газів та диму із приміщення, в якому виникла пожежа, проводиться через віконні прорізи, аераційні ліхтарі, а також за допомогою спеціальних димових люків, конструкцій, що легко скидаються. Димові люки призначені для видалення продуктів згоряння, забезпечення незадимлених суміжних приміщень та керування процесами горіння на пожежах (для того, щоб надати полум'ю бажаного напрямку). Димові люки встановлюються у підвальних приміщеннях, в перекриттях складських та безліхтарних виробничих будівлях.

Отже, при виготовленні балону тороїдального робітники повинні дотримуватися вимог охорони праці та пожежної безпеки. Це є обов'язковою умовою порушення, якої може призвести до серйозних та небезпечних факторів.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У цій кваліфікаційній роботі здійснено аналіз питань, пов'язаних із удосконаленням технологічного процесу та обладнання, що застосовується для виготовлення тороїдального балона.

У проектному варіанті, порівняно із заводським, передбачено низку вдосконалень: складально-зварювальне обладнання механізовано, зварювальні установки замінено на сучасніші та економічніші, а механізований спосіб зварювання під флюсом замінено на автоматичний.

Тороїдальний балон виготовляють із низьколегованої сталі марки 14Г2. Зварювання здійснюється автоматичним способом під флюсом ОСЦ-45 із застосуванням дроту Св-08ГСМТ діаметром 2 мм. Як основне обладнання використовується зварювальний автомат (головка) типу А-1569 у комплекті з випрямлячем КІУ-501.

У ході роботи були виконані розрахунки параметрів режиму зварювання. Отримані значення становлять: зварювальний струм $I_{зв}=300$ А, напруга на дузі $U_d=30$ В, швидкість подачі електродного дроту $V_{п.д.}=80$ м/год, а швидкість зварювання $V_{зв}=44$ м/год.

У процесі виготовлення тороїдальних балонів основний обсяг робіт припадає на операції складання. Для підвищення продуктивності та зменшення трудових витрат застосовуються спеціальні стенди, призначені для виготовлення виробів цього типу.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
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 14Г2. Сталь конструкційна низьколегована: веб-сайт. URL: <https://evek.com.ua/materials/stal-14g2.html> (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: 23.05.2026).
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: 23.05.2026).
6. Контроль якості зварних конструкцій. Науково-технічна бібліотека ІФНТУНГ: веб сайт. URL: <https://library.nung.edu.ua/kontrol-yakosti-svarnykh-konstruktsii.html> (дата звернення: 24.05.2026).
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).
8. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: навч. посібник. Вид. 2-ге, переробл. і допов. Київ: Арістей, 2006. 272 с.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

10. Техніка безпеки при зварювальних роботах на висоті. Зварювальні роботи на висоті: веб-сайт. URL: <https://www.alptex.com.ua/tekhnika-bezpeky-pry-zvaryvalnykh-robotakh-na-vysoti/> (дата звернення: 09.06.2026).

11. Інструкція з охорони праці при виконанні робіт на висоті. Інструкції для навчальних закладів України: веб-сайт. URL: <https://osvita-docs.com/node/28> (дата звернення: 09.06.2026).

12. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанець І.Ф. Охорона праці. Лабораторний практикум. Київ: Основа, 1998. 224 с.

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.33.00.00.000.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		