

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
дифузора

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

Роман КУШНІРЧУК

Керівник

Ігор ГУМЕНЮК

Рецензент

Віктор СЕНЧИШИН

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

«__» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

КУШНІРЧУКУ Роману Юрійовичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
дифузора

Керівник роботи ГУМЕНЮК Ігор Всеволодович
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від 29. 04. 2025 року № 4/9-209

Термін подання студентом роботи 20.06.2025р.

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

Зміст розрахунково-пояснювальної записки

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

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

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного
виробу (конструкції)

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

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

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

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

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

5.2 Природне освітлення, його нормування та проектування зварювальної ділянки

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення дифузора – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення дифузора – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення складально-затискного пристосування – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення роликового обертача ПК ТБА-ВР – 1.0 (форм. А1)

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічний розділ	Оксана РЕДЬКВА, викладач	(підпис)	(підпис)
		(дата)	(дата)
Охорона праці	Лілія СЕМКІВ, викладач	(підпис)	(підпис)
		(дата)	(дата)

Дата видачі завдання 19.05.2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ	22.05.2025	
2	Технологічний розділ	26.05.2025	
3	Конструкторський розділ	04.06.2025	
4	Організаційно-економічний розділ	09.06.2025	
5	Охорона праці	12.06.2025	
6	Графічна частина	16.06.2025	
7	Перевірка на плагіат	18.06.2025	

Студент

(підпис)

Роман КУШНІРЧУК

(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 дифузора 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 diffuser 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	9
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	10
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	12
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	12
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	13
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	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	16
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	17
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	19
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	23
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	27
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	29
2.6.1 Заготівельні операції	29
2.6.2 Складальні операції	31
2.6.3 Складально-зварювальні операції	32

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Кушнірчук			Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення дифузора виготовлення дифузора Пояснювальна записка				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Гуменюк									4	69
Реценз.		Сенчишин							ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск			
Н. Контр.		Залуцька										
Затв.		Дранівська										

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	32
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	33
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	33
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	34
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	37
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	37
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	38
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	42
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	42
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	47
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	.	.	.	.	.	57
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	60
5.1	Ризики та небезпека під час проведення зварювальних						
	робіт: способи їх запобігання	.	.	.	.	.	60
5.2	Природне освітлення, його нормування та проектування						
	зварювальної ділянки	.	.	.	.	.	63
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	65
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	66
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	69

ВСТУП

Для отримання нероз'ємного з'єднання при зварюванні плавленням кромки металу з'єднуваних елементів – основний метал і додаткового металу – електроду зварювального дроту та ін., в місці з'єднання розплавляються, незалежно зливаються в загальну зварювальну ванну, в якій відбуваються різноманітні фізико-хімічні процеси та встановлюються металеві зв'язки.

При видаленні джерела нагрівання метал зварювальної ванни кристалізується, утворюючи зварний шов, який і з'єднує зварювальні елементи в єдине ціле. Метал зварного шва відрізняється від основного зварюваного металу, як за хімічним складом, так і за структурою, тому що метал шва завжди має литу структуру. Поруч зі швом в основному металі під дією термічного циклу зварювання утворюється різної довжини зона термічного впливу, метал якої нагрівається в інтервалі температура плавлення – температура критичних точок, в результаті чого в металі відбуваються структурні зміни.

Метал шва і основний метал зони термічного впливу, де пройшли будь-які структурні зміни, називається зварним з'єднанням. Механічні, корозійні та інші властивості зварного з'єднання можуть істотно відрізнятися від властивостей основного металу. При однакових показниках механічних властивостей зварного з'єднання і вихідного металу зварне з'єднання рівномірне основному металу.

В якості джерела тепла при електричному зварюванні плавленням можна використовувати різні джерела – електричну дугу (електродугове зварювання) тепло шлакової ванни (електрошлакове зварювання), тепло струменя іонізованих газів «холодної» плазми (плазмове зварювання), тепло, що виділяється у виробі в результаті перетворення кінетичної енергії електронів (електронно-променеве зварювання), тепло когерентного світлового променя лазера (лазерне зварювання) та ін.

Важливою вимогою при виконанні зварювання є отримання зварних

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

з'єднань, які володіють необхідними технологічними властивостями, що задовольняють умови експлуатації. В зварних швах не допускається наявність дефектів, які виникають через помилки технологічного зварювального процесу, неякісні матеріали, несправне або невідповідне устаткування та безпосередньо від самих зварювальників.

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

Щодо вдосконалення технологічного процесу виготовлення дифузора, основний акцент робиться на власне вдосконаленні процесу зварювання із використанням найбільш придатного устаткування для даних конструкцій, а також на використанні складального обладнання і правильній послідовності виконуваних дій на ньому.

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

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Дифузор є зварною конструкцією, що використовується в якості профілюючого каналу протічного середовища. Його конструкція є витягнутої конусоподібної форми, що нагадує пісочний годинник. Вигляд дифузора показаний на рисунку 1.1.

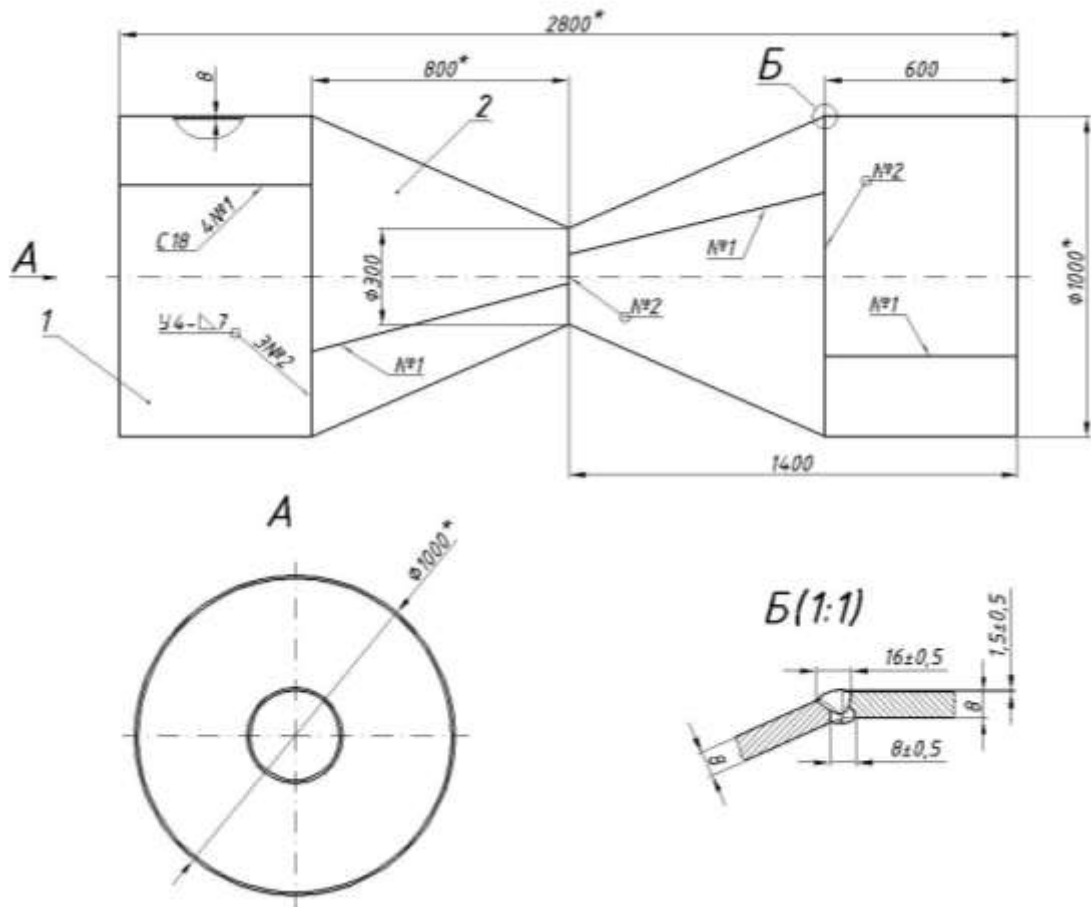


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд дифузора

1 – обичайка, 2 – конус

Зовнішній діаметр конструкції складає 1000 мм, який звужується до середини і в найменшій точці становить тільки 300 мм, це при загальній його довжині 2800 мм. При цьому довжини елементів конструкції рівні:

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

циліндричної частини 600 мм, а конічної – 800 мм. До складу дифузора входять такі деталі (див. рис. 1.1): 1 обичайка 2 шт., 2 конус 2 шт. Їх розміщення в конструкції виконане симетрично відносно центру, де найменший діаметр.

Умови роботи дифузора є такими:

- робоче середовище – агресивні речовини;
- температура роботи $\pm 80^{\circ}\text{C}$;
- тиск середовища 1,2 – 2 МПа.

Загальна маса конструкції становить 712 кг.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Виготовлення дифузора повинно виконуватись згідно технічних умов:

- конструкції, що працюють в умовах підвищеного тиску, повинні виготовлятися згідно технічних умов на виробництво посудин та затверджених виробничих інструкцій;
- застосування інших способів зварювання для виготовлення конструкції допускається тільки підтвердження їх технологічності, контролю властивостей зварних з'єднань та затвердженого висновку дослідницької лабораторії;
- перед виконанням процесу зварювання повинна перевірятись якість складених деталей, стан їх поверхонь та правильність скосу кромки;
- при збільшених зазорах не рекомендується припасовувати кромки, тому що це призведе до появи додаткових напружень;
- виконання прихоплень тільки тими матеріалами, які рекомендують технічними умовами для даних посудин;
- потрібно забезпечити таку послідовність і порядок виконання зварювання, при якому будуть мінімальними внутрішні напруження, що виникатимуть у зварних з'єднаннях;

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

- в залежності від вибору способу і технології зварювання, залежить якість зварних з'єднань;
- допустимі відхилення конструктивних елементів зварних швів повинні відповідати стандартам;
- зварний шов повинен плавно переходити до основного металу без напливів та підрізів і мати гладку або рівномірну лускувату поверхню по довжині;
- всі деталі, що підлягають зварюванню повинні бути зачищені до металевого блиску від різних забруднень шириною 5-10 мм;
- при виконанні зварювальних робіт температура навколишнього середовища повинна бути не нижче +5°C;
- операція виконання складання повинна проходити під наглядом контролера із відділу технічного контролю.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Матеріалом, який використовується для виготовлення дифузора є сталь марки 15ХСНД. Цей матеріал застосовується для виготовлення різноманітних конструкцій і він володіє високою корозійною стійкістю та необхідною міцністю, що задовольняє умови експлуатації виробу.

Хімічний склад сталі 15ХСНД описано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 15ХСНД, % [2]

Вміст елементів, %								
C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
						не більше		
0,12-0,18	0,4-0,7	0,4-0,7	0,6-0,9	0,3-0,6	0,5	0,040	0,035	0,2-0,4

Механічні властивості сталі описані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 15ХСНД [2]

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %
не менше		
345	490	21

Властивість металу піддаватися процесу зварювання, тобто забезпечувати формування якісних зварних швів при прийнятій технології називається зварюваністю. В залежності від якої матеріали можуть мати зварюваність добру, задовільну, погану або зовсім не зварюватися.

Зварюваність легованої сталі 15ХСНД можна оцінити за еквівалентом вуглецю, який знаходиться 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.

$$C_{\text{екв}} = 0,18 + \frac{0,7}{6} + \frac{0,7}{24} + \frac{0,6}{10} + \frac{0,9}{5} + \frac{0,4}{15} = 0,6\%.$$

За результатами виконаного розрахунку еквівалентний вміст вуглецю перевищує 0,45%, то при зварюванні цієї марки сталі є висока імовірність утворення в зварних з'єднаннях гартівних структур.

Тому для запобігання виникненню кристалізаційних тріщин при виконанні зварювання потрібно зменшувати погонну енергію процесу, за рахунок зменшення швидкості подачі дроту в зону плавлення, а також необхідний попередній підігрів деталей дифузора до температури 150-200 °С.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Виготовлення дифузора здійснюється тільки із застосуванням якісних матеріалів та напівфабрикатів, які відповідають технічним умовам конструкції та мають супроводжуючу документацію, яка підтверджує їх якість.

Основний матеріал вибирається із врахуванням типу зварюваності та класу конструкції, яка залежить від умов експлуатації.

Напівфабрикати не повинні мати дефектів та зазнавати попередніх впливів, які б знижували їх експлуатаційну надійність. Якщо напівфабрикати містять допустимі дефекти, які не впливають на експлуатаційну міцність, то їх видаляють за допомогою механічних методів.

Основними вимогами, які ставляться до матеріалів та напівфабрикатів – це відповідність хімічного складу та механічних властивостей технічним умовам, які розробляються ще на етапі проектування.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Вимоги до шорсткості мають велике значення, тому що ця характеристика впливає на властивості виробу, а також на зовнішній вигляд. Даний показник вказує допустимі відхилення (мікронерівності), які присутні на поверхні виробу відносно горизонталі. Значення шорсткості для дифузора складає $R_a=12,5$.

Правильна геометрія конструкції – це важливий показник, який безпосередньо впливає на її якість. Коли ця геометрія порушена, то конструкція вважається бракованою, якщо це можливо виправити не порушуючи технологію, тоді цей дефект справляють, але ці маніпуляції потребують додатково, як матеріальних, так і трудових ресурсів. Розміри конструкції повинні відповідати кресленням, якщо присутні деякі

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

відхилення, то в межах допусків. Конструкція в якій порушені розміри також вважається бракованою, оскільки це дифузор, а порушена його геометричність форми може викликати навіть аварійну ситуацію.

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Зварні з'єднання дифузора повинні задовольняти:

- безперешкодне зварювання відповідно до технології;
- легкість виконання його контролю якості, задля визначення придатності чи непридатності при можливому застосуванні;
- можливість ремонтних робіт при тривалій його експлуатації.

Зварні з'єднання повинні відповідати основному металу, по таких показниках, як міцність та ударна в'язкість. Тому технологічний процес повинен враховувати правильність вибору технології зварювання, обладнання та матеріалів, які необхідні для здійснення процесу.

1.3.4 Вимоги до складання

Деталі з яких виготовляється конструкція попередньо повинні бути відрихтованими для забезпечення потрібної площинності та прямолінійності між стикувальними кромками. Зазори повинні відповідати величинам, що вказані на кресленні конструкції.

В стиках між кромками, а також на поверхні деталей не повинно бути забруднень, так як це погіршує якість зварних з'єднань. Тому перед зварюванням ці поверхні потрібно попередньо механічно зачищати.

Для забезпечення високої точності виготовлення конструкцій потрібно використовувати спеціальні складально-зварювальні пристосування, завдяки яким можливо встановити деталі в проектному положенні із забезпеченням необхідних зазорів згідно технічних умов на виготовлення.

Виконання попередніх прихоплень задля додаткової фіксації та надання конструкції певної жорсткості, повинно здійснюватися на

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

відповідних режимах та в послідовності передбаченій технологічним процесом. Але перед виконанням зварювання поверхневий шар прихоплень потрібно зняти, для того щоб забезпечити повне сплавлення металу.

Використовуване складальне обладнання повинно мати високу точність базових поверхонь, яка звичайно погіршується при тривалій його експлуатації, тому за цим потрібно слідкувати, так як від цього залежить точність складання, а відповідно якість зварених конструкцій.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість визначається придатністю конструкції виконувати свою роботу за призначенням. Тому існує ряд вимог, яким повинен відповідати дифузор:

- конструктивна форма виробу повинна бути економічно та технологічно обґрунтованою;
- конструкція повинна мати раціональні перерізи, які б витримували робочі навантаження;
- між з'єднувальними частинами дифузора повинен бути витриманий зазор, для кращого провару;
- форма повинна бути технологічною, яка б дозволяла виконувати свої функції в період експлуатації без надлишкової маси та застосування спеціальних матеріалів;
- зварні з'єднання повинні виконуватись в послідовності та з конструктивними параметрами, що задано в технологічних картах;
- відсутність дефектів конструкції, які б могли появитися в ході виконання технологічного процесу.

Виконання цих вимог забезпечить потрібні показники якості технологічного процесу виготовлення дифузора.

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

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

Технологічний процес виготовлення дифузора передбачає попереднє правлення, розмічування, вальцювання та різання металопрокату на заготовки відповідного розміру.

Прихоплення заготовок та зварювання дифузора здійснюється напівавтоматичним зварюванням під шаром флюсу.

Даний технологічний процес характеризується рядом недоліків: процес напівавтоматичного зварювання під флюсом здійснюється в один прохід; необхідність залучення висококваліфікованих зварників; необхідність залучення допоміжного персоналу для зачищення кожного шару швів від шлаку; використовуються механічні затискачі. В цілому технологічний процес характеризується високою трудомісткістю.

У зв'язку із виникненням необхідності збільшення програми випуску продукції, а також використання низьколегованої сталі виникла необхідність зміни існуючого технологічного процесу виготовлення конструкції, що вимагає заміни технологічної зварювальної оснастки та застосування більш продуктивного зварювального обладнання.

Так, ми можемо вдосконалити існуючий технологічний процес заміною напівавтоматичного зварювання під флюсом автоматичним. Змінити застаріле обладнання на більш сучасніше.

Запропоновані вдосконалення дають можливість підвищити рівень механізації та автоматизації технологічного процесу виготовлення дифузора, що підвищить продуктивність виробництва, зменшить трудомісткість, що в цілому позитивно відіб'ється на собівартості та якості виробу.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Дифузор може зварюватись будь-якими способами дугового зварювання. Однак при виборі потрібно враховувати геометричні розміри конструкції і товщину металу, вимоги, що ставляться до зварних з'єднань та програму випуску.

Найбільш доцільними для даного дифузору буде використання автоматичних способів зварювання, тому що шви великої довжини та розміщені в доступних місцях. Крім того конструкція має форму тіла обертання, а це дозволяє використовувати пристосування, що забезпечать її обертання зі зварювальною швидкістю для виконання кільцевих швів.

Кожен спосіб має свої переваги і недоліки. Так ручне дугове зварювання покритими електродами має високу універсальність та простоту процесу, але продуктивність невисока порівняно з другими способами зварювання. Напівавтоматичне в захисних газах має високу маневреність, універсальність, але характеризується також високим розбризкуванням дроту, що забруднює поверхні деталей, які зварюються. Автоматичне зварювання під флюсом володіє найбільшою продуктивністю процесу, тому що він автоматичний, можливість зварювати великі товщини за один прохід та надійний захист зони зварювання, що забезпечує високу якість з'єднань, але цей спосіб має обмежене використання через невисоку маневреність і здатність утворювати шви тільки в нижньому положенні.

Враховуючи всі переваги і недоліки кожного з способів, зварювання дифузора буде виконуватися автоматичним зварюванням під флюсом. Тому що форма конструкції та використовуване обладнання забезпечать можливість виконання зварювання у нижньому положенні при високій продуктивності процесу.

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

Схема виконання автоматичного зварювання під флюсом показана на рисунку 2.1.

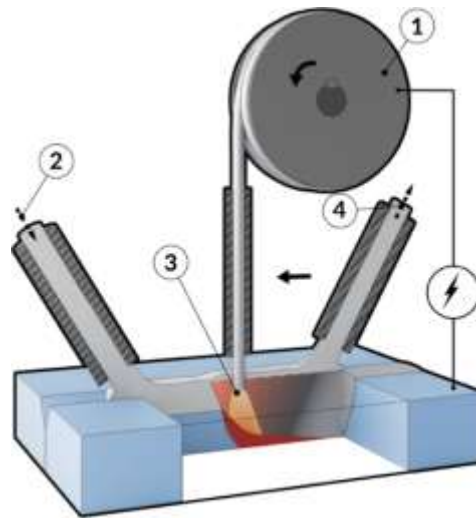


Рисунок 2.1 - Схема автоматичного зварювання під флюсом

1 – котушка зі зварювальним дротом; 2 – флюсоподавач; 3 – зварювальна дуга; 4 флюсовідсмоктувач

В цьому процесі захист розплавленого металу відбувається розплавленим флюсом, який подається із флюсоподавача 2 і плавиться за рахунок тепла зварювальної дуги 3, яка збуджується при контакті зварювального дроту котушки 1 з основним металом, залишки нерозплавленого флюсу видаляються з поверхні шва флюсовідсмоктувачем 4.

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Дифузор виготовлений зі сталі 15ХСНД.

При зварюванні низьколегованих сталей утворюються з'єднання, які мають високу опірність до утворення холодних тріщин. Але потрібно знати, що підвищений відсоток вуглецю і легованих елементів все ж таки сприяє їх утворенню, як в шві, так і зоні термічного впливу. Тому, щоб перешкодити їх утворенню потрібно попередньо підігріти ділянки, які будуть з'єднуватись.

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

Основним чинником, який впливає на вибір зварювальних матеріалів – це виконання безперебійного процесу зварювання з формуванням якісних зварних швів, без дефектів, які задовольняють умову міцності та забезпечують працездатність конструкції протягом визначеного експлуатаційного періоду.

Для отримання потрібної міцності конструкції, яка в процесі роботи зазнає впливів різних чинників, треба використовувати зварювальний дріт, що містить легуючі елементи. Тому доцільно зварювати дифузор дротом марки Св-08ХНМ.

Хімічний склад зварювального дроту приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08ХНМ [4, с.76-77]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mn	S	P
						не більше	
$\leq 0,10$	0,12- 0,35	0,30- 0,80	0,70- 0,90	0,80-1,2	0,25- 0,45	0,025	0,03

При виборі зварювального флюсу повинні бути забезпечені наступні умови зварювального процесу:

- стабільне збудження і горіння дуги;
- формування зварного шва із рівномірною, гладкою поверхнею, випуклістю не більше 4 мм та рівномірним переходом до основного металу;
- після кристалізації зварного шва, шлак повинен легко видаляється з його поверхні;
- не допускається присутність дефектів у зварних з'єднаннях – пор, тріщин та ін.

Враховуючи вищенаведені вимоги для зварювання дифузора буде використовуватися флюс марки ФЦ-9, його хімічний склад представлений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу ФЦ-9 [3, с.178]

Вміст елементів, %								
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P
39,5	40,0	3,5	до 1,0	11,0	26,0	до 0,5	–	–

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Правильні параметри режиму зварювання забезпечують необхідну глибину проплавлення основного металу з утворенням зварних з'єднань, що мають певні технологічні властивості.

Розрахунок буде виконуватися для стикового з'єднання типу С18 та кутового У4, яке зображено на рисунку 2.2.

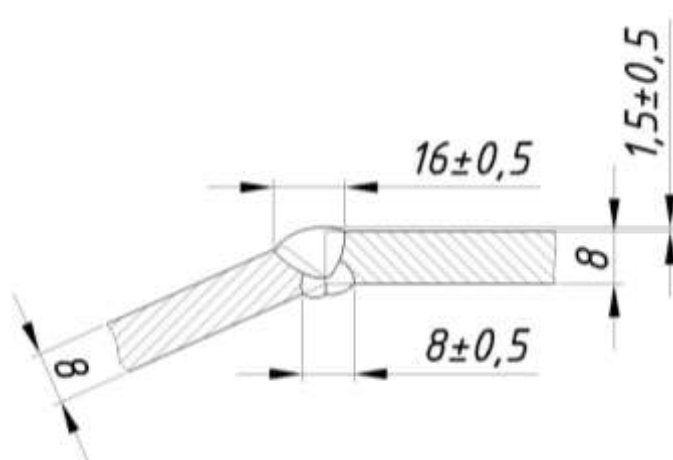


Рисунок 2.2 – Кутове з'єднання У4 з розробленням однієї кромки

Сила зварювального струму визначається за формулою:

$$I_{зв} = \frac{h}{k} \cdot 100, \quad [5, \text{с.192}] \quad (2.1)$$

де h – глибина проплавлення, мм, при повному проплавленні ця величина становить 8 мм;

κ – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов проведення зварювання (рід струму, полярність), мм/100А.

Величина цього коефіцієнту для електродного дроту діаметром 2,0 мм, $\kappa=2,45$ мм/100А [5, с.193].

$$I_{зв} = \frac{8}{2,45} \cdot 100 = 326,5 \sim 327 \text{ А.}$$

Зварювальний струм матиме значення 327 А.

Діаметр електродного дроту визначається за формулою:

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}} \quad [5, \text{с.193}] \quad (2.2)$$

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

j – густина струму, А/мм², для діаметра дроту 2,0 мм – $j=60-150$ А/мм² [4, с.196];

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{327}{110}} = 1,95 \text{ мм.}$$

Діаметр електродного дроту становитиме 2,0 мм.

Напруга на дузі визначається за формулою:

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

де $I_{зв}$ – струм зварювальний, А;

d_e – діаметр електродного дроту, мм;

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

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{2,0^{0,5}} \cdot 327 \pm 1 = 31,6 \text{ В.}$$

Напруга на дузі становитиме 32 В.

Визначаємо 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 визначається за формулою:

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

де l – ширина зазору шва, м;

q – величина підсилення шва, м;

$$F_1 = 0,75 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Площа наплавленого металу в зазорі поперечного перерізу шва визначається 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;

$$F_2 = 8 \cdot 1 + 2 \cdot \operatorname{tg} 60 \cdot 2 = 8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

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

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

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

$$F = 1,13 \cdot 10^{-6} + 8,0 \cdot 10^{-6} = 9,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт наплавлення визначається за формулою:

$$\alpha_n = A + B \cdot \frac{I_{3\phi}}{d_{el}} , \quad [4, \text{с.246}] \quad (2.7)$$

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

B – коефіцієнт пропорційності при постійному струмі, $B=0,065$;

$I_{3\phi}$ – сила зварювального струму, A ;

d_{el} – діаметр зварювального дроту, мм ;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{327}{2,0} = 12,93 \frac{\text{г} \cdot A}{\text{год}}.$$

Швидкість подачі електродного дроту в зону зварювання визначається за формулою:

$$V_{n.д.} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{3\phi}}{\pi \cdot d_{el}^2 \cdot \gamma} , \quad [4, \text{с.246}] \quad (2.8)$$

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

$I_{3\phi}$ – сила зварювального струму, A ;

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

d_{el} – діаметр електродного дроту, мм ;

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

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

$$V_{п.д.} = \frac{4 \cdot 13 \cdot 327}{3,14 \cdot 2,0^2 \cdot 7,8} = 173,6 \approx 174 \text{ м/год.}$$

Швидкість зварювання визначається за формулою:

$$V_{зв} = \frac{\alpha_n \cdot I_{зв}}{F_n \cdot \gamma \cdot 100}, \quad [4, \text{с.250}] \quad (2.9)$$

де α_n – коефіцієнт наплавлення, $г \cdot А / год$;

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

F_n – площа поперечного перерізу наплавленого металу, $м^2$;

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

$$V_{зв} = \frac{13 \cdot 10^{-3} \cdot 327}{9,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 100} = 16,1 \approx 16 \text{ м/год.}$$

Розраховані параметри режиму зварювання записуємо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом кутового шва У4 дифузора

Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
2,0	327	32	16	174

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Виготовлення дифузора відбувається з використанням автоматичного способу під флюсом. Тому буде використовуватися зварювальна головка системи А6 S Compact 300 шведської компанії «ESAB», яка показана на рисунку 2.3.

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

А6 S Compact 300 – це надійна зварювальна головка системи А6, призначена для високопродуктивного зварювання під флюсом. Ця головка може застосовуватися для високоефективного зварювання стикових і кутових швів труб з мінімальним діаметром 300 мм [6].



Рисунок 2.3 – Зварювальна головка системи А6 S Compact 300 [6]

Головка може бути укомплектована системою телевізійного спостереження, що дозволяє оператору спостерігати та коригувати процес зварювання, спостерігаючи його на телевізійному моніторі [6]. Технічні характеристики А6 S Compact 300 приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Технічна характеристика зварювальної головки системи А6 S Compact 300 [6]

Параметри	Значення
Діаметр електродного дроту, мм	2,0; 2,5; 3,0; 4,0
Максимальний струм при ПВ 100%, А	800
Швидкість подачі дроту, м/хв	0,5–9,0

Для нормального функціонування головки A6 S Compact 300 потрібне джерело живлення, тому самим найкращим варіантом буде Lincoln Electric Idealarc DC-1000CE. Його загальний вигляд показаний на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Джерело живлення Lincoln Electric Idealarc DC-1000CE [7]

Якщо робота потребує багатопроцесного, потужного джерела постійного струму, DC-1000CE з максимальним струмом 1300А буде найкращим варіантом. Апарат спроектований для зварювання в автоматичному та напіваавтоматичному циклі, а завдяки відмінному управлінню, забезпечує зварювання методом MIG/MAG суцільними та порошковими дротами, зварювання під флюсом та електро-повітряне стругання електродом [7].

Основними перевагами джерела постійного струму DC-1000CE є [7]:

- при 500А апарат забезпечує відмінні характеристики дуги при зварюванні під флюсом та напіваавтоматичному зварюванні;
- простий в експлуатації блок керування;
- гніздо для дистанційного керування та під'єднання кабелів, а також вихідні гнізда для зварювальних кабелів;
- низькопрофільна конструкція, що дозволяє розміщувати один пристрій над іншим;

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

- знімні бічні панелі для швидкого доступу до пристрою;
- компенсація напруги в діапазоні $\pm 10\%$ для поліпшення стабільності процесу;
- електронний та термостатичний захист від перегріву та електричного навантаження джерела;
- обмотки та випрямлячі захищені від вологи та корозії;
- втоплена передня панель захищає блок управління;
- відповідає вимогам стандартів ІЕС974-1 [7].

Технічні характеристики джерела постійного струму DC-1000CE приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики джерела постійного струму DC-1000CE [7]

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення / фаз, В	230/380/440/3ф
Частота, Гц	50/60
Струм зварювання, А / напруга, В / цикл зварювання, %	1250/44/50
Струм зварювання, А / напруга, В / цикл зварювання, %	1140/45/60
Струм зварювання, А / напруга, В / цикл зварювання, %	1000/44/100
Запобіжники, А	193/112/97
Діапазон регулювання сили зварювального струму, А	150-1300
Діапазон регулювання зварювальної напруги, В	16-46
Габаритні розміри, мм:	
висота	781
ширина	572
довжина	991
Маса, кг	372

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Доцільність застосування того чи іншого методу контролю якості залежить від певного типу призначення зварної конструкції, це означає, що вони можуть бути відповідальними або такими, що працюють в звичайних умовах без особливої відповідальності.

В залежності від обраного способу контролю якості, він буває наступних видів:

- вхідний, контролює якість застосовуваних матеріалів основних або допоміжних;
- технологічний, визначає правильність виконання всіх технологічних операцій, що задіяні в процесі виготовлення виробів або конструкцій;
- кваліфікаційний, методи його роботи спрямовані на визначення рівня кваліфікації технологічного персоналу;
- кінцевий, перевіряє якість геометричної форми, розмірів, а також зварних з'єднань виготовленої конструкції та назначає відповідні причини утворення дефектів того чи іншого роду; стосовно відповідальності виробів його застосування може бути загальним або вибіркоким.

Кінцевий контроль зварювальної продукції може застосовувати наступні методи, що класифікуються певними особливостями.

Візуальний контроль. Цей метод ще може бути візуально-оптичним, він використовується практично на всіх операціях технологічного процесу виготовлення виробу, тому що є відносно простим у застосуванні та може містити допоміжні оптичні пристосування чи засоби вимірювання. Його основне призначення – це перевірка зовнішніх поверхонь до яких є відкритий доступ.

Ультразвуковий контроль. Є одним з найбільш поширених методів неруйнівного контролю, завдяки своїй чутливій здатності визначати місця

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

залягання дефектів у відповідному перерізі з'єднання. Суть контролю полягає у проходженні ультразвукових акустичних коливань через контрольовану деталь, якщо на їх шляху виявився певний дефект, що не має монолітної структури так як метал, то з цього місця коливання відбиваються і вертаються назад, про що сповіщає пристрій – ультразвуковий дефектоскоп.

Радіаційний контроль. Має найбільшу чутливість визначення дефектів, однак менше використовується через свою небезпеку неконтрольованого розповсюдження радіації. Сутність методу полягає у використанні радіаційного випромінювання, яке спрямовується на визначений переріз зварного шва та фіксує при цьому відповідні картинки, вже судячи з яких контролери визначають наявність або відсутність дефектів.

Магнітний контроль. Основним об'єктом цього методу є використання магнітних полів великого значення, які вводяться в контрольований виріб і у випадку залягання в ньому дефекту, силові лінії в напрямку їхнього потоку будуть відразу його оминати. Наявність залягання дефекту фіксується спеціальними матеріалами даного контролю, такими як магнітною стрічкою, порошком та ін. Для прикладу, якщо скупчується достатня кількість ліній, які оминають внутрішній дефект, то навколо нього буде формуватися нове магнітне поле ще більшої величини, яке буде притягувати більшу кількість порошку, а відповідно і сповіщати, що в тому місці є нещільність. Основною негативною стороною цього методу є те, що його можна застосовувати тільки для матеріалів, що володіють феромагнітними властивостями.

Технологія використання даних методів контролю якості повинна крім власне знаходження небажаних дефектів знаходити основні причини, що їх утворюють та змінювати певні процедури технології, які їх викликають.

Особливості роботи дифузора є відносно небезпечними, тобто він відноситься до відповідального типу конструкцій, отже для його контролю якості буде застосовуватися візуально-оптичний метод в поєднанні з ультразвуковим.

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

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Технологічний процес виготовлення дифузора зазнав деяких змін порівняно із базовим, а саме:

- зварювання відбувається на розрахованих параметрах режиму відповідно до типу з'єднання;
- використання сучасного ефективного зварювального устаткування;
- зміна способу зварювання з механізованого на автоматичне під флюсом.

Ці зміни дозволяють покращити якість отриманих зварних швів, зменшити забрудненість контактуючих поверхонь зварювальних деталей присадним матеріалом, зменшити трудомісткість виконуваних операцій та підвищити продуктивність виконання технологічного процесу, що дасть значний економічний ефект.

2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок з яких буде виготовлятися дифузор потрібно виконати такі заготівельні операції:

- 1) очищення;
- 2) різання;
- 3) скіс кромки;
- 4) вальцювання.

Оскільки виріб виготовляється із низьколегованої сталі, то очищення не завжди потрібне для всіх заготовок, а вибірково тільки для тих, які дійсно дуже сильно забруднені. Виконання очищення буде відбуватися із використанням піскоструминного переносного пневматичного апарату Bass Polska 10 л 4259 [8], що показаний на рисунку 2.5.

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

Для виготовлення дифузора використовується листовий метал, то його різання буде виконуватися на гільйотинних ножицях з числовим програмним керуванням типу SAFANDARLEY B-SHEAR 310-6 [9], які зображені на 2.6.

Так як дифузор виготовляється із металу товщиною 8 мм, то для повного його проплавлення необхідний скіс кромки. Дана операція буде виконуватися із застосуванням вертикально-фрезерного верстату марки JET JTM-1050TS [10], що зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.5 – Піскоструминний переносний пневматичний апарат Bass Polska 10 л 4259 [8]



Рисунок 2.6 – Гільйотинні ножиці з ЧПК SAFANDARLEY B-SHEAR 310-6 [9]



Рисунок 2.7 – Вертикально-фрезерний верстат JET JTM-1050TS [10]

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

Основною операцією в технологічному процесі виготовлення дифузора є вальцювання, тому що за допомогою нього відбувається формування обичайок і конусів. Отже для цієї операції буде застосовуватися вальцювальний верстат Bernardo MPR 2550-6,0 GMD [11] (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Вальцювальний верстат Bernardo MPR 2550-6,0 GMD [11]

2.6.2 Складальні операції

Складання дифузора проводиться наступним чином:

- складання виконується на складально-затискному пристосуванні, спочатку відбувається виготовлення обичайок і конусів, встановлюються завальцьовані металеві листи, проходить їх фіксація за допомогою упорів та притискачів, після цього виконується прихоплення конструкцій у відповідних місцях та подальше зварювання;
- потім сформовані складальні одиниці – конус з обичайкою, в кількості двох штук встановлюються у пристосуванні і центруються симетрично відносно лінії стикування та зварюються кутовим кільцевим швом, після цього отримуємо вже готову складену конструкцію, яка в подальшому поступає для виконання інших операцій технологічного процесу.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Складально-зварювальні є основними операціями, за допомогою яких конструкція набуває відповідної форми, так як йде встановлення заготовок та подальше їх з'єднання зварюванням. При їх виконанні потрібно слідкувати за правильним фіксуванням деталей в проектному положенні, при цьому треба враховувати величину зазорів між з'єднувальними кромками та усадку металу після зварювання.

Виконання цих операцій обумовлює певний порядок проведення наступних дій:

- прихопити складену конструкцію та виконати зварювання в доступних місцях;
- відкріпити конструкцію з пристосування та перекантувати її;
- остаточне зварювання конструкції.

2.6.4 Опоряджувальні операції

Опоряджувальні операції займають другорядне місце в технологічному процесі виготовлення дифузора і для їх виконання використовують захисні окуляри Ozon 7-051 A/F, молоток Alloid 500 г, кутову шліфмашинку типу «Болгарка» марки YATO M-14 (рис. 2.9) із зачисним диском марки для металу NovoAbrasive 125 x 6,0 x 22,23 мм та з щіткою дисковою Lessmann 125 x 22,2 мм. Після виконання цих операцій виріб піддають контролю якості на наявність дефектів.



Рисунок 2.9 – Загальний вигляд кутової шліф машинки марки YATO M-14 [12]

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

2.6.5 Допоміжні операції

До допоміжних операцій відноситься комплекс робіт пов'язаний з підготовкою технологічного процесу виготовлення та з додатковими переміщеннями деталей і конструкцій по ходу виконання виробничого циклу.

До цих операцій відносяться також роботи по встановленні деталей у складально-зварювальних пристосуваннях та знімання вже готових конструкцій і переміщення їх згідно технологічного процесу. Це відбувається із використанням електричного тельфера Kraissmann SH 500/1000, який показаний на рис.2.10.



Рисунок 2.10 – Електричний тельфер Kraissmann SH 500/1000 [13]

2.6.6 Контроль якості

Контроль якості посідає важливе місце при виготовленні дифузора. Для того, щоб виготовити якісну конструкцію потрібно чітко виконувати всі вказівки технологічного процесу, який повинен розроблятися з врахуванням тенденцій сучасного розвитку, крім того повинна зберігатись технологічна дисципліна протягом всього виробничого циклу.

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

Якість конструкції контролюється візуальним оглядом та ультразвуковим методом контролю, це в основному для виявлення зовнішніх і внутрішніх дефектів зварних з'єднань.

Для виконання ультразвукового контролю застосовуватиметься дефектоскоп TFD800C PLUS [14], який зображений на рисунку 2.11.



Рисунок 2.11 – Ультразвуковий дефектоскоп TFD800C PLUS [14]

Ультразвуковий дефектоскоп TFD800C PLUS забезпечує частоту повторення імпульсів 10 – 2000 Гц при можливості точного налаштування та швидкого сканування. Він включає всі необхідні інструменти контролю, такі як DAC, AVG, AWS та ін. Завдяки своєму високому співвідношенню сигнал/шум, чіткому та стабільному еху, протишумній конструкції, даний пристрій ідеально підходить для роботи у важких умовах. Так як в конструкцію дефектоскопу входить десяти значний AD, який дозволяє швидше проводити вибірку, що приводить до кращої ехо-схеми при взаємодії зі всіма деталями. Завдяки своїй чутливості цей дефектоскоп дозволяє виявляти найменші дефекти [14].

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

За допомогою питомих показників встановлюються норми витрат матеріалів на один зварний виріб. Нормуванням зварювального процесу є розрахунок матеріалів, що використовуються на один метр шва.

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

Визначення витрат при зварюванні дифузора виконують для стикових з'єднань за ДСТУ 3159-95 [15].

Витрати зварювального дроту для виконання зовнішніх швів визначаються за формулою:

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

де M – маса наплавленого металу, кг;

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

Маса наплавленого металу визначається 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 всіх швів становить, $L=10,2 м$.

$$M = 9,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 10,2 = 0,73 \text{ кг};$$

$$H_b = 0,73 \cdot 1,1 = 0,8 \text{ кг}.$$

Витрата флюсу ФЦ-9 для зварювання швів визначається 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, $K_\phi=1,7$;

$$Q_\phi = 0,8 \cdot 1,7 = 1,36 \text{ кг}.$$

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

Витрати електроенергії для кожного зварного шва визначаються 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, $n=0,75$;

U_δ – напруга на дузі;

α_n – коефіцієнт наплавлення;

$$Q_e = \frac{32}{13 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 16,41 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Час зварювання для кожного шва визначається за формулою:

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

$$t_o = \frac{0,8 \cdot 10^3}{327 \cdot 13} = 0,19 \text{ год} \approx 11 \text{ хв.}$$

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

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Суть складання полягає у послідовному встановленні та орієнтуванні всіх деталей виробу, який складається та суміщенні стикувальних їх торців відповідно до складального креслення, з подальшим закріпленням за допомогою спеціальних пристосувань або виконанням прихоплень зварювальним устаткуванням.

Вибір устаткування залежить від геометричних форм та розмірів самих деталей, яким повинна відповідати установча поверхня складальних пристосувань. Це вказує на залежність установчих елементів пристосування та деталей, що на ньому встановлюються і пов'язано з вибором базувальних точок, ліній та поверхонь їх стикування.

Установчі елементи забезпечують правильне встановлення деталей зварного вузла в складальних пристосуваннях. До них пред'являються наступні вимоги:

- забезпечення потрібної точності при встановленні деталей;
- можливість зручного встановлення деталей в складальне пристосування;
- можливість зручного зварювання, тобто доступність до місць виконання прихоплень (для складальних пристосувань) і зварювання (для складально-зварювальних пристосувань);
- необхідна міцність і жорсткість, які запобігають деформації виробу під час зварювання;
- можливість вільного знімання зварного виробу з пристосування.

Всі установчі елементи можна розділити на нерухомі (постійні), знімні та рухомі (відвідні, відкидні, поворотні). Знімні та рухомі елементи використовуються у випадках, коли використання постійних перешкоджає

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

встановленню чи зніманню виробу. Рухомі установчі елементи можуть бути ручними та механізованими.

Установчі елементи класифікуються за призначенням – для різних поверхонь складальних деталей та по конструктивному виконанні. За призначенням вони в основному поділяються на упори (для встановлення деталей за базовими поверхнями), установчі пальці (фіксатори) та оправки (для встановлення деталей по отворах), призми (для встановлення циліндричних деталей по зовнішніх поверхнях), накладні кондуктори (шаблони) для встановлення деталей зварного вузла по іншим, раніше встановленим деталям цього ж вузла [16, с. 56-57].

Складання дифузора здійснюється із використанням постійних упорів, які показані на рисунку 3.1.

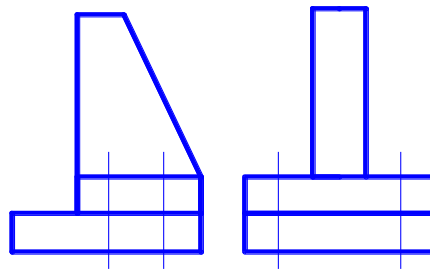


Рисунок 3.1 – Постійний упор

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Пристосування, яке використовується для виготовлення дифузора забезпечує правильну послідовність виконання складально-зварювальних операцій, що полягають у встановленні деталей конструкції в пристосуванні на базовій поверхні по упорах і фіксаторах та закріплення їх притискачами.

Опори, якими комплектуються складально-зварювальні пристосування бувають основними та допоміжними. За допомогою основних опорів надають складальним деталям правильне проектне положення, тому вони

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

змонтовані на опорній поверхні пристосування, а роль допоміжних – це надання додаткової стійкості деталям, що унеможливить їх зміщення. Так при складанні великих деталей з обробленими поверхнями використовуються в якості опорів пластини, коли поверхні необроблені, то в якості опорів використовуються штирі, які заходять в отвори. Можна також використовувати регульовані гвинтові опори, які можуть бути, як основними, так і допоміжними. Допоміжні опори практично не впливають на точність базування деталей.

Якщо потрібне фіксування деталей по бічних поверхнях, то тоді використовуються упори. В залежності від комплектування складального пристосування, упори бувають постійними, відвідними, відкидними або знімними з відповідною конфігурацією поверхонь (плоска, сферична та ін.), яка залежить безпосередньо від форми деталей конструкції, що складається. Поверхні упорів в процесі експлуатації зазнають інтенсивних спрацювань, тому їх поверхні повинні бути термічно оброблені або наплавлені зносостійким шаром покриття.

Також потрібно використовувати таке компонування складальних пристосувань в яких застосовувані упори були одночасно і опорною базою. Якщо конфігурація складальної конструкції не дозволяє вільне вивільнення її після зварювання, тоді використовуються відвідні або відкидні упори, які повинні бути товщиною не менше двох товщин деталей, що встановлюються та фіксуються.

Першим етапом складання дифузора є встановлення на складально-затискному пристосуванні відвальцьованих обичайок і конусів, потім відбувається прихоплювання суміжних кромek та зварювання їх прямолінійних швів. Після цього проводиться стикування отриманих складальних одиниць та прихоплюють їх між собою по кільцевих стиках. Вигляд складально-затискного пристосування показано на рисунку 3.2.

Наступним етапом є завантаження прихопленої конструкції на роликовий обертач типу ПК ТБА-ВР, що зображений на рисунку 3.3.

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

Особливістю даного обладнання є можливість обертати дифузор зі швидкістю зварювання відносно горизонтальної осі. При цьому зварювальний інструмент розміщується вгорі над виробом, забезпечуючи постійне виконання з'єднань у нижньому положенні.

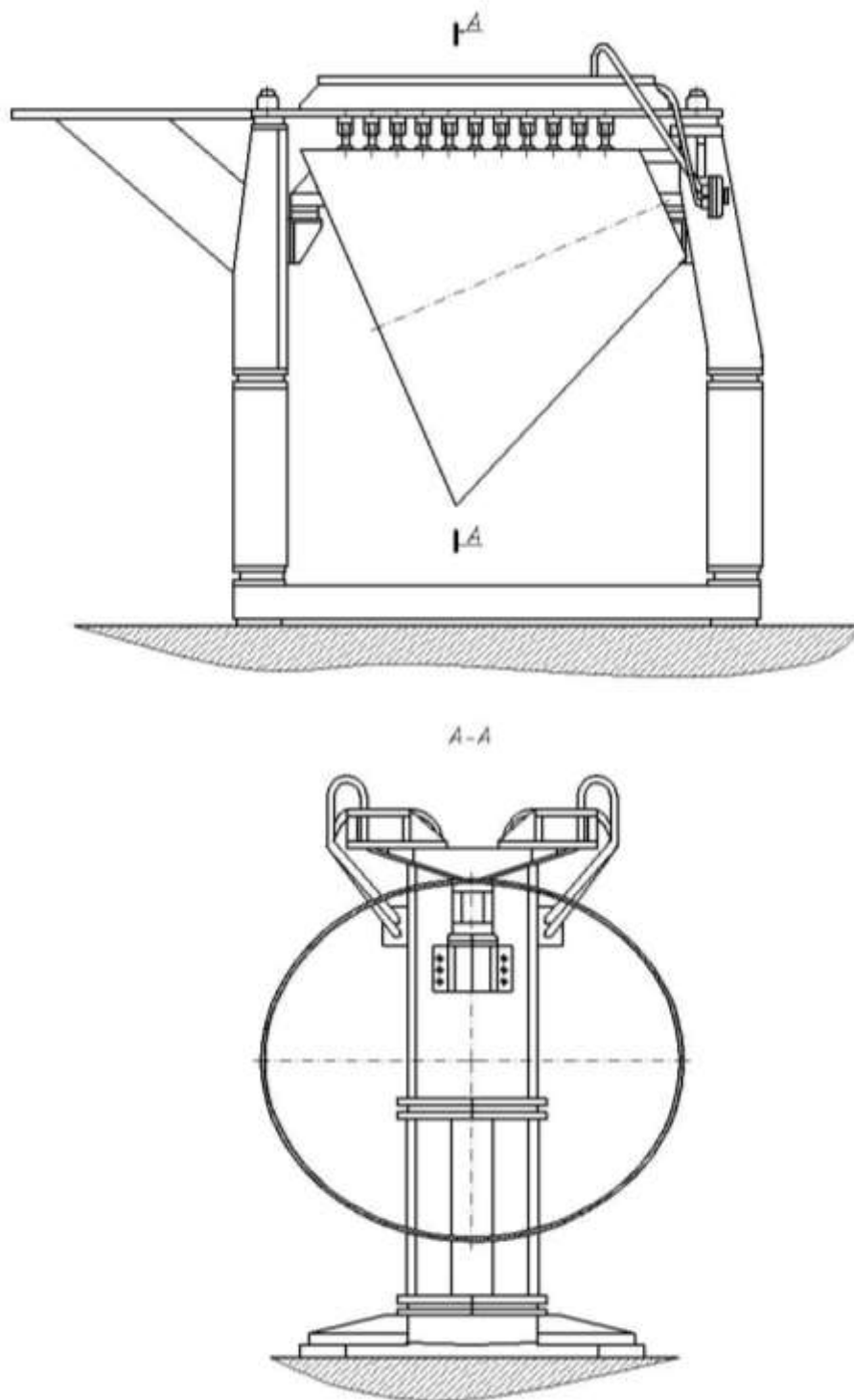


Рисунок 3.2 – Складально-затискне пристосування

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

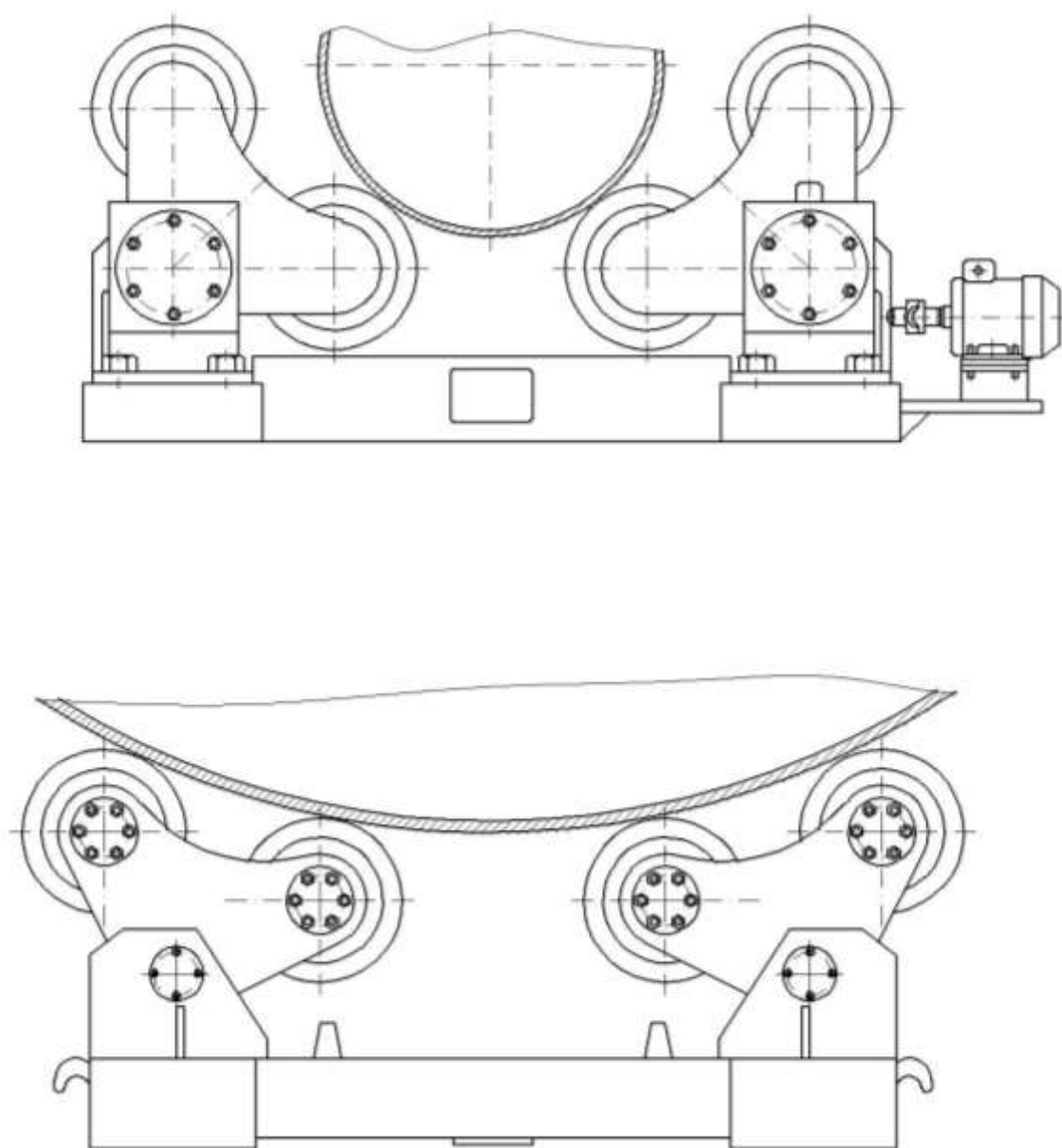


Рисунок 3.3 – Роликовий обертач ПК ТБА-ВР

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

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 дифузора

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	ø1000x2800	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
прокат 15ХСНД	кг	712	
зварювальний дріт Св-08ХНМ	кг	3,8	
флюсу ФЦ-9	кг	5,36	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	36	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
прокат:			
сталь 15ХСНД	грн	55,0	54,8
зварювальний дріт Св-08ХНМ	грн	61,0	60,5
флюсу ФЦ-9	грн	82,5	82,3
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	180	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення дифузора

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна	Назва	Ціна		
1	2	3	4	5	6	7	8
Заготівельні операції	$\frac{3}{П}$	Піскострум. апарат Bass Polska 4259, гільй. ножиці SAFANDARLEY B-SHEAR 310-6, вер.-фрезерний верстат JET JTM-1050TS	2200 2100000 800000	щітка лінійка рулетка молоток маркер	65 80 150 230 120	III	$\frac{4,4}{3,5}$
Вальцювання	$\frac{3}{П}$	Вальц. верстат Bernardo MPR 2550-6,0 GMD	1140000			IV	2,4
Складання і прихоплювання	$\frac{3}{П}$	Скл.-затискне пристосування, ролик. обертач ПК ТБА-ВР	1210000			IV	5,2
Зварювання	3	Зв. головка А6 S Compact 300, Дж. живлення Lincoln Electric Idealarc DC-1000CE	1900000			IV	4,32
Зачищення швів	$\frac{3}{П}$	Кутова шліфувальна машина YATO M-14	3500	зачисн. диск молоток щітка	94 230 65	III	3,1
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультрзвук. деф. TFD800C PLUS	171000	зблиз. сню	380	VI	2,52
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Ел. тельфер Kraissmann SH 500/1000	18000			IV	1,43

Штучна норма часу:

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

а) по технологічних операціях: по заводу 21,94;

по проекту 21,04;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,43;

по проекту 1,43.

Загальна штучна норма часу: по заводу 23,37;

по проекту 22,47.

Для виготовлення дифузора застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [17, 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, $K_p = 0,03...0,1$.

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

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

Розрахунок проводять за формулою [17, с.10]:

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						44
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, $K_{вн}=1,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 2000 шт.$

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні дифузора (заводський варіант):

$$n = \frac{4,4 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 4,17 \approx 4 шт.$$

Кількість робочих місць для виконання заготівельних операцій при виготовленні дифузора (проектний варіант):

$$n = \frac{3,5 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 3,31 \approx 3 шт.$$

Для виконання вальцювання кількість робочих місць рівна:

$$n = \frac{2,4 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 2,27 \approx 2 шт.$$

Для складання і прихоплювання необхідно:

$$n = \frac{5,2 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 4,92 \approx 5 шт.$$

Для зварювання швів кількість робочих місць рівна:

$$n = \frac{4,32 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 4,09 \approx 4 шт.$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

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

$$n = \frac{3,1 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 2,94 \approx 3 \text{шт.}$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = \frac{2,52 \cdot 2000}{1920 \cdot 1,1} = 2,4 \approx 2 \text{шт.}$$

Кількість засобів транспортувального типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [17, с.12]:

$$n = \frac{\sum_{i=1}^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де B_{mp} - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 2000 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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{2000 \cdot 5 \cdot 0,20}{2100 \cdot 0,65} = 1,4 \approx 1 \text{шт.}$$

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

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

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 [17, с.13]:

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

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 2000$ шт;

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

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

Необхідна кількість заготівельників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 4,4}{1850 \cdot 1,2} = 3,96 \approx 4 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 3,5}{1850 \cdot 1,2} = 3,15 \approx 3 \text{ чол.}$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Необхідна кількість вальцювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 2,4}{1850 \cdot 1,2} = 2,16 \approx 2 \text{чол.}$$

Необхідна кількість складальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 5,2}{1850 \cdot 1,1} = 4,68 \approx 5 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 4,32}{1850 \cdot 1,2} = 3,89 \approx 4 \text{чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 3,1}{1850 \cdot 1,2} = 2,79 \approx 3 \text{чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2000 \cdot 2,52}{1850 \cdot 1,2} = 2,27 \approx 2 \text{чол.}$$

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

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

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

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

Категорія працівників	Кількість		Середній розряд	
	З	П	З	П
1	2	3	4	5
Основні робітники:				
заготівельники	4	3	III	III
вальцювальники	2	2	IV	IV
складальники	5	5	IV	IV
зварювальники	4	4	IV	IV
зачищувальники	3	3	III	III
контролери	2	2	VI	VI
транспортувальники	1	1	IV	IV
Допоміжні робітники:				
налагоджувальники	1	1	IV	IV
ремонтники	1	1	IV	IV
електрики	1	1	IV	IV
ІТР:				
майстер дільниці	1	1		
МОП: прибиральники	2	2	—	—
Разом	27	26	—	—

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.

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

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн						
					на один виріб		на програму				
З/П	Сталь 15ХСНД	кг	55	54,8	39160	39017,6	78320000	78035200			
З/П	Зварювальн. дріт Св-08ХНМ	кг	61	60,5	231,8	229,9	463600	459800			
З/П	Флюс ФЦ-9	л	82,5	82,3	442,2	441,13	884400	882256			
Р- ом					39834	39688,63	79668000	79377256			
В- нт	Транспортно- заготівельні витрати			Загальна сума, грн				Вартість поворотних відходів, грн			
	%ц. куп.	в грн. на один кг		на один виріб		на програму		на один виріб		на програму	
З/П	5	2,75	2,74	1958	1950,88	3916000	3901760	180	180	360000	360000
З/П	5	3,05	3,03	11,59	11,5	23180	22990				
З/П	5	4,13	4,12	22,11	22,06	44220	44112,8				
Р- ом		9,93	9,88	1991,7	1984,43	3983400	3968862,8	180	180	360000	360000

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 [17, с.18]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [17, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [17, 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 [17, с.18]:

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

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

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

Затрати по оплаті праці заготівельників:

- заводський варіант:

$$Z_{oo} = 5,9 \cdot 16,5 \cdot 4,4 = 428,34 \text{ грн};$$

$$Z_{до} = 428,34 \cdot (0,2 + 0,15) = 149,92 \text{ грн};$$

$$Z_{по} = 428,34 \cdot 0,4 = 171,34 \text{ грн};$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 5,9 \cdot 16,5 \cdot 3,5 = 340,73 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 340,73 \cdot (0,2 + 0,15) = 119,25 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 340,73 \cdot 0,4 = 136,29 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці вальцювальників:

$$З_{\text{оо}} = 8,1 \cdot 21,6 \cdot 2,4 = 419,9 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 419,9 \cdot (0,2 + 0,15) = 146,97 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 419,9 \cdot 0,4 = 167,96 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

$$З_{\text{оо}} = 4,7 \cdot 20,3 \cdot 5,2 = 496,13 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 496,13 \cdot (0,2 + 0,15) = 173,65 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 496,13 \cdot 0,4 = 198,45 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварників:

$$З_{\text{оо}} = 5,4 \cdot 21,5 \cdot 4,32 = 501,55 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 501,55 \cdot (0,2 + 0,15) = 175,54 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 501,55 \cdot 0,4 = 200,62 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

$$З_{\text{оо}} = 7,5 \cdot 18 \cdot 3,1 = 418,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 418,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 146,48 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 418,5 \cdot 0,4 = 167,4 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 6,6 \cdot 29,5 \cdot 2,52 = 490,64 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 490,64 \cdot (0,2 + 0,15) = 171,73 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 490,64 \cdot 0,4 = 196,26 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{\text{оо}} = 12,4 \cdot 26,7 \cdot 1,43 = 473,44 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 473,44 \cdot (0,2 + 0,15) = 165,71 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 473,44 \cdot 0,4 = 189,38 \text{ грн.}$$

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [17, с.19]:

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

де $Z_{од}$ - 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 ($Z_{од}$) та премії і надбавки ($Z_{нд}$) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 4.6, 4.7).

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 30,5 \cdot 1850 = 56425 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 56425 \cdot 0,35 = 19748,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 56425 \cdot 0,4 = 22570 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 1 \cdot 30,5 \cdot 1850 = 56425 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 56425 \cdot 0,35 = 19748,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 56425 \cdot 0,4 = 22570 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 30,5 \cdot 1850 = 56425 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 56425 \cdot 0,35 = 19748,75 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 56425 \cdot 0,4 = 22570 \text{ грн}.$$

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 [17, с.19]:

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

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

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

r_n - чисельність працівників відповідної категорії;

O_m - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

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

$$З_{оп} = 1 \cdot 8950 \cdot 12 = 107400 \text{ грн};$$

$$З_{дп} = 107400 \cdot 0,35 = 37590 \text{ грн};$$

$$З_{пп} = 107400 \cdot 0,4 = 42960 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 2 \cdot 8550 \cdot 12 = 205200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 205200 \cdot 0,35 = 71820 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 205200 \cdot 0,4 = 82080 \text{ грн}.$$

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	433480,08	258610,28	151718,03	90513,6	173392,03	103444,11
вальцювальники	212471,42		74365		84988,57	
складальники	627606,98		219662,44		251042,79	
зварювальники	507570,62		177649,72		203028,25	

Продовження таблиці 4.5

зачищувальники	317641,5	111174,53	127056,6
контролери	248265,86	86893,05	99306,35
транспортувальники	119781,43	41923,5	47912,57
Допоміжні робітники:			
налагоджувальники	56425	19748,75	22570
ремонтники	56425	19748,75	22570
електрики	56425	19748,75	22570
ІТР	107400	37590	42960
МОП	205200	71820	82080
Разом	294892,91	277382,31	1032042,52
		970838,09	1637258,41
			1567310,49

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:		
сталь 15ХСНД	39160	39017,6
зварювальний дріт Св-08ХНМ	231,8	229,9
флюс ФЦ-9	442,2	441,13
Поворотні відходи	180	
Паливо та енергія на технологічні цілі	113	112,5
Основна заробітна плата основних робітників	1233,41	1145,97
Додаткова заробітна плата основних робітників	431,69	401,09
Премії та надбавки основних робітників	493,36	458,39
Відрахування на соціальне страхування	30,22	28,08
Відрахування на медичне страхування	53,96	50,14
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	228,52	228,52
Цехові (дільничні) витрати	422,01	422,01
Всього цехова собівартість	42660,17	42258,13

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

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

Види капітальних затрат	Кількість натуральних одиницях		Вартість одиниці,грн		Затрати на перевезення та монтаж, грн	
	З	П	З	П	З	П
Будівлі та споруди					-	-
Устаткування:						
заготівельне	4	3	2902200	2902200	145110	145110
вальцювальне	2	2	1140000	1140000	57000	57000
складальне	5	5	1210000	1210000	60500	60500
зварювальне	4	4	1900000	1900000	95000	95000
слюсарне	3	3	3500	3500	175	175
контрольне	2	2	171000	171000	8550	8550
транспортне	1	1	18000	18000	900	900
Інструменти:						
молоток	12	11	230	230	11,5	11,5
рулетка	6	5	150	150	7,5	7,5
щітка	7	6	65	65	3,25	3,25
зачисний диск	7	6	94	94	4,7	4,7
лінійка	6	5	80	80	4	4
маркер	9	8	120	120	6	6
збільшувальне скло	2	2	380	380	19	19
Разом						
Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрах, %	Річна сума аморти. відрах., грн		
	З	П		З	П	
Будівлі та споруди	21000000	20985000	5	1050000	1049250	
Устаткування:						
заготівельне	11753910	8851710	8,5	999082,35	752395,35	

Продовження таблиці 4.7

вальцювальне	2337000	2337000	8,5	198645	198645
складальне	6110500	6110500	23,5	1435967,5	1435967,5
зварювальне	7695000	7695000	19,5	1500525	1500525
слюсарне	10675	10675	8,5	907,38	907,38
контрольне	350550	350550	10,5	36807,75	36807,75
транспортне	18900	18900	8,5	1606,5	1606,5
Інструменти:					
молоток	2771,5	2541,5	18	498,87	457,47
рулетка	907,5	757,5		163,35	136,35
щітка	458,25	393,25		82,49	70,79
зачисний диск	662,7	568,7		119,29	102,37
лінійка	484	404		87,12	72,72
маркер	1086	966		195,48	173,88
збільшувальне скло	779	779		140,22	140,22
Разом	49283683,95	46365744,95		5224828,29	4977258,27

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [17, 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 ($C_{nz} = 69490,3$ грн);

C_{nn} - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{nn} = 67592,79$ грн);

Φ_{mz} - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{mz} = 42660,17$ грн/шт);

Φ_{mn} - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{mn} = 42258,13$ грн/шт);

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

$$E_{\Phi} = ((69490,3 + 0,15 \cdot 42660,17) - (67592,79 + 0,15 \cdot 42258,13)) \cdot 2000 = 3915632 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [17,с.28]:

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

де $\Phi_{осп}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{осп} = 125904740$ грн);

$\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{осз} = 129379200$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [17, с.28]:

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

$$E_{ур} = 2000 \cdot (69490,3 - 67592,79) = 3795020 \text{ грн;}$$

$$T_{ок} = \frac{129379200 - 125904740}{3795020} = 0,92 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниці вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт	2000	2000
Кількість технологічного устаткування	шт	21	20
Собівартість товарної продукції	грн	69490,3	67592,79
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол	27	26
- основних робітників	чол	21	20
Фондомісткість продукції	грн/шт	42660,17	42258,13
Умовна річна економія	грн	-	3795020
Річний економічний ефект	грн	-	3915632
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,92
Місячний оклад основних робітників:			
- заготівельники	грн	15741,5	12521,64
- вальцювальники	грн	15431,47	15431,47
- складальники	грн	18232,85	18232,85
- зварювальники	грн	18432,04	18432,04
- зачищувальники	грн	15379,88	15379,88
- контролери	грн	18031,17	18031,17
- транспортувальники	грн	17399,08	17399,08
	грн		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

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

Питаннями безпеки на робочому місці стурбовані як робітники, так і роботодавці, які прагнуть захистити здоров'я спеціалістів: зір, слух, голова, обличчя, легені, грудна клітка – найвразливіші місця людини на момент проведення зварювальних робіт. Запобігти негативним наслідкам на виробничому майданчику можна шляхом проведення тематичного навчання, дотримуючись запобіжних заходів, усуваючи небезпечні чинники. А також вибираючи максимально надійні та функціональні засоби індивідуального захисту зварювальника: пальники, маски, респіратори та вогнестійкий одяг. Тип і рівень захисту необхідно вибирати виходячи зі ступеня складності завдання, що виконується, а також тривалості впливу небезпечних факторів. Наприклад, використання легких зварювальних масок допускається при нетривалій роботі. Але у разі довготривалого перебування на зварювальній ділянці, коли вплив випарів, що містяться в повітрі і утворюються в процесі зварювання та шліфування, потрібен надійний захист органів дихання, який здатний зберегти здоров'я працівника [18].

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оточення. Через багаторазовий тривалий вплив забруднень, що містяться в повітрі, виникає більша частина професійних легеневих захворювань, а для пошкодження легень достатнього навіть одноразового такого впливу. Також зварювальники зазнають сильної втоми та професійних травм через необхідність виконувати роботи у складних просторових положеннях [18].

Ультрафіолетове випромінювання / яскраве світло в процесі зварювання. За красою від світла та іскор дуги, відомого символу зварювання, ховається небезпека. Якщо спостерігати за дугою, що горить, без потрібного захисту для очей - можна отримати пошкодження зору. Також слід враховувати, що навіть короткий вплив може спричинити опік поверхні ока (це явище називають «зловити зайчика»). Ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання, а також такі видимі елементи, як гарячі бризки, можуть пошкодити очі та обпалити незахищену шкіру [18].

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

Зварювальні або лицьові маски почали використовувати досить давно. При виборі потрібної моделі необхідно орієнтуватися на характеристики їхнього класу захисту, ваги і балансування, оскільки ці властивості істотно різняться. Зварювальні або захисні маски з світлофільтром, що автоматично затемнюється, полегшують і прискорюють роботу фахівця протягом усієї роботи [18].

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

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

та газів. Повна респіраторна система складається з фільтру, набору шлангів та лицьової маски. Зварювальні респіратори мають класифікацію за рівнями захисту, тобто рівнями очищення забрудненого повітря у зварювальному середовищі. Ця класифікація несе інформацію не тільки про ефективність фільтру системи фільтрації. Вона містить значення загального вимірного сукупного коефіцієнта витоків респіраторної системи – коефіцієнт проникнення (TIL) [18].

Токсичні зварювальні гази та випаровування. Згідно з дослідженнями, за 8-годинну зміну людина вдихає 4000 літрів повітря. При цьому один зварювальник за годину роботи може спровокувати утворення до 40 г диму та зважених у повітрі компонентів. Ці випари складаються з газів і дрібних частинок та можуть містити більше 40 різних речовин, які утворюються з оброблюваного матеріалу, присадкових металів, а також з таких поверхонь, як фарби і покриття. Випари небезпечні для здоров'я людини, а якщо нехтувати засобами захисту - крихітні частинки диму можуть глибоко проникати в структуру легень і змінювати її. Крім того, тривала взаємодія з канцерогенами може спровокувати респіраторні недуги і рак. Професійним захворюванням легень можна запобігти, використовуючи надійний захист органів дихання [18].

Дотримуючись певних заходів безпеки, шкідливий вплив випарів і газів можна мінімізувати [18]:

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

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

5.2 Природне освітлення, його нормування та проектування зварювальної ділянки

Природне освітлення характеризується тим, що створюючи в приміщенні освітленість її показник змінюється в надзвичайно широких межах. В якості нормованої величини для природного освітлення прийнята відносна величина-коефіцієнт природного освітлення. На рисунку 5.1 приведена схема визначення коефіцієнта природного освітлення.

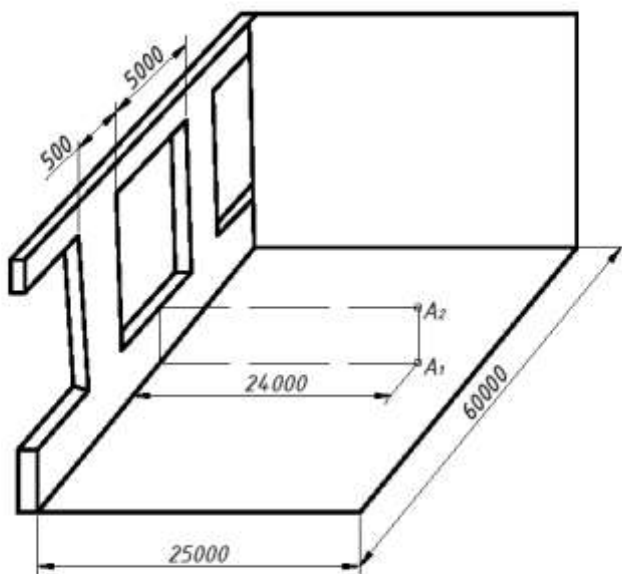


Рисунок 5.1 – Схема визначення коефіцієнта природного освітлення в спроектованому цеху [19, с.308]

Проведемо розрахунок природного освітлення по двох точках A_1 і A_2 .

Визначаємо мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення за формулою [19, с.309]:

$$E_{\min} = (E_1 - E_2) \cdot K_{30} \cdot K_3 \cdot K_1 \cdot \tau_0, \quad (5.1)$$

де, $E_{\min}$ – мінімальне значення коефіцієнта природного освітлення;

E_1 – коефіцієнт природного освітлення для умовного вікна висотою 7,5 м від підлоги до верхнього краю вікна;

E_2 – коефіцієнт природного освітлення для умовного вікна, яке має висоту 1,5 м (висота від підлоги до підвіконника);

$K_{зд}$ – коефіцієнт, який враховує затемнення вікон від суміжної будівлі, $K_{зд} = 1,0$ [19, с.309];

K_3 – поправочний коефіцієнт, $K_3 = 0,75$ [19, с.310];

K_1 – поправочний коефіцієнт при двох шарах віконного скла по сталевих подвійних прольотах, які відчиняються, $K_1 = 0,9$ [19, с.310];

τ_0 – коефіцієнт світлопроникнення, $\tau_0 = 0,9$.

Визначаємо $E_1 = 0,8$ і $E_2 = 0,3$ за графіком наведеним [19, с.310].

Коефіцієнт K_3 визначаємо з графіка [19, с.311] приймаємо $K_3 = 0,8$.

Отже:

$$E_{\min} = (0,8 - 0,3) \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,324;$$

$$E_{\min} > E_n = 0,3\%.$$

Це вказує на те, що природне освітлення в розрахованій точці відповідає нормам для виробничого процесу з постійним наглядом.

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

ВИСНОВКИ

Особливості вдосконалення технологічного процесу виготовлення дифузора полягають у використанні автоматичного зварювання під флюсом замість напівавтоматичного. Також відбувається заміна складально-зварювальної оснастки на спеціалізовану замість універсальної.

Дифузор є зварною конструкцією, що використовується в якості профільуючого каналу протічного середовища. Його конструкція є витягнутої конусоподібної форми, що нагадує пісочний годинник. Для виготовлення даної конструкції застосовується легована сталь 15ХСНД, яка відповідає всім експлуатаційним вимогам, забезпечуючи при цьому високу міцність та необхідну корозійну стійкість.

Зварювання виконується автоматами системи A6 S Compact 300, які в якості джерел живлення використовують обладнання Lincoln Electric Idealarc DC-1000CE. Зварювальними матеріалами є дрід $\varnothing 2$ мм марки Св-08ХНМ та флюс ФЦ-9.

Для полегшення виконання складально-зварювальних робіт використовуються спеціалізовані затискні пристосування і роликові обертачі типу ПК ТБА-ВР.

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

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 15ХСНД. Сталі низьколеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-15khsnd/> (дата звернення: 22.05.2025).
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 електричного зварювання плавленням. Загальна література по зварюванню: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/337-dumov-s-i-tekhnologiya-elektricheskoy-svarki-plavleniem> (дата звернення: 27.05.2025).
5. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://chertezhi.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/svarka-i-rodstvennye-protsessy/obshchaya-literatura-po-svarke/558-akulov-a-i-tekhnologiya-i-oborudovanie-svarki-plavleniem> (дата звернення: 27.05.2025).
6. Зварювальна головка системи A6 S Compact 300. Головки для зварювання під флюсом: веб-сайт. URL: <https://svarcom.net/katalog/automation/saw/saw-heads/welding-head-a6-s-compact.html> (дата звернення: 28.05.2025).
7. Джерело живлення Lincoln Electric Idealarc DC-1000CE. Джерела живлення для зварювання під флюсом: веб-сайт. URL: <https://svarcom.net/katalog/automation/saw/powersources/lincoln-electric-idealarc-dc-1000.html> (дата звернення: 28.05.2025).
8. Піскоструминний переносний пневматичний апарат Bass Polska 10 л 4259. Обладнання Bass Polska: веб-сайт. URL: https://rozetka.com.ua/ua/bass-polska-5902067617595/p451528622/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA7NO7Bh

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

DsARIsADg_hIauYDGQbr_z_p_6XKuVXfpDw3l2Ad1uQb0jP_IINZqTdzHOop
WVyJUaAv02EALw_wcB (дата звернення: 29.05.2025).

9. Гільйотинні ножиці з ЧПІК SAFANDARLEY B-SHEAR 310-6.
Гільйотинні ножиці: веб-сайт. URL: <https://abplanalp.ua/verstat-listoobrobniy-gilotinni-nozhici-safandarley-b-shear-310-6> (дата звернення: 29.05.2025).

10. Вертикально-фрезерний верстат JET JTM-1050TS. Верстати
фрезерні JET: веб-сайт. URL: https://storgom.ua/ua/product/vertikalno-frezerniy-standok-jet-jtm-10-0ts.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20351763078&utm_content=&utm_term=&utm_id=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA7NO7BhDsARIsADg_hIa7q0eAtTjOmnEoKzTTe9F_xHBcyKyoVtLn9128qxznA--UuRRY_4aAg4ZEALw_wcB (дата звернення: 29.05.2025).

11. Вальцювальний верстат Bernardo MPR 2550-6,0 GMD. Вальцюві
верстати Bernardo: веб-сайт. URL: https://storgom.ua/ua/product/valcovochnyy-standok-bernardo-mpr-2550-6-0-gmd-06-1537xl.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=20351763078&utm_content=&utm_term=&utm_id=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiA7NO7BhDsARIsADg_hIZMcMO78HHvg3bZ6XSZMSO7MVP1ZjGZvT7lkNLs-2kleGEQI9NPBr0aAogXEALw_wcB (дата
звернення: 29.05.2025).

12. Кутова шліфувальна машина YATO M-14. Шліфувальні та
полірувальні машини (болгарки) YATO: веб-сайт. URL:
<https://rozetka.com.ua/ua/459305554/p459305554/> (дата звернення: 30.05.2025).

13. Електричний тельфер Kraissmann SH 500/1000. Інструменти та
обладнання: веб-сайт. URL: <https://mir-bureniya.com.ua/ua/tovari-dlja-bureniya/telfer-kaissmann-1000.html> (дата звернення: 30.05.2025).

14. Ультразвуковий дефектоскоп TFD800C PLUS. Ультразвукові
дефектоскопи: веб-сайт. URL:
https://aliexpress.ua/item/1005001996956880.html?_randl_currency=UAH&_randl_shipto=UA&src=google&pdp_npi=4Cj0KCQiAj9m7BhD1ARIsANsIIvAVizPnRDcYW3IqgrZPOyhBEiSjuWipekel7wiBGbg4zluK

					КР.422.10.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

N7v-I-AaAshGEALw_wcB& gatewaAdapt=glo2rus&sku_id=1200001835798
4904 (дата звернення: 02.06.2025).

15. 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).

16. Механізація і автоматизація зварювального виробництва. Електронний каталог науково-технічної бібліотеки Вінницького національного технічного університету: веб-сайт. URL: https://ec.lib.vntu.edu.ua/DocDescription?doc_id=254263 (дата звернення: 05.06.2025).

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

18. Ризики та небезпека під час проведення зварювальних робіт: способи їх запобігання. Захист зварювальника: веб-сайт. URL: https://kemppi.in.ua/articles/zahust_zvaryvalnuka.htm (дата звернення: 12.06.2025).

19. Спец клімат контроль. Довідкова книга з світлотехніки: веб-сайт. URL: <https://scc.net.ua/literatura/osveshhenie/spravochnaya-kniga-po-svetotekhnike-ajzenberg-yu-b-1983-g/> (дата звернення: 13.06.2025).

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

ДОДАТКИ

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