

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
баку модульного

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

Тарас КИБАЛ

Керівник

Володимир ГАВРИЛЮК

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

КИБАЛУ Тарасу Михайловичу

Тема роботи Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення
баку модульного

Керівник роботи ГАВРИЛЮК Володимир Ярославович
(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 Джерела та оцінка мікроклімату робочої зони при виконанні зварювання

5.2 Розрахунок вентиляційної панелі

Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення баку модульного – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення баку модульного – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення роликового стенду – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення стяжки – 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) (дата)	(підпис) (дата)
Охорона праці	Лілія СЕМКІВ, викладач	(підпис) (дата)	(підпис) (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)

Тарас КИБАЛ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ГАВРИЛЮК

(ім'я, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення баку модульного 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 modular tank 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	9
1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів	11
1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів	12
1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу	13
1.3.4 Вимоги до складання	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	17
2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання	17
2.2 Вибір зварювальних матеріалів	19
2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання	21
2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування	25
2.5 Вибір методу контролю якості виробу	29
2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції	31
2.6.1 Заготівельні операції	31
2.6.2 Складальні операції	34
2.6.3 Складально-зварювальні операції	34

					<i>КР.422.06.00.00.000.ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Кибал			Проект вдосконалення техно- логічного процесу виготов- лення баку модульного Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Гаврилюк					4	73
Реценз.		Сенчишин				ВСП «ТФК ТНТУ», гр. ПМ-422ск		
Н. Контр.		Залуцька						
Затв.		Дранівська						

2.6.4	Опоряджувальні операції	.	.	.	.	.	35
2.6.5	Допоміжні операції	.	.	.	.	.	35
2.6.6	Контроль якості	.	.	.	.	.	36
2.7	Нормування технологічного процесу виготовлення зварної						
	конструкції і витрат матеріалів та електроенергії	.	.	.	.	.	36
3	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	39
3.1	Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при						
	виготовленні конструкції.	.	.	.	.	.	39
3.2	Опис роботи зварювального пристосування	.	.	.	.	.	41
4	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	.	.	.	.	.	44
4.1	Розрахунок кількості обладнання	.	.	.	.	.	44
4.2	Розрахунок кількості працівників	.	.	.	.	.	49
4.3	Визначення витрат і вартості основних матеріалів	.	.	.	.	.	53
4.4	Розрахунок фонду оплати праці	.	.	.	.	.	54
4.5	Калькуляція собівартості виробу	.	.	.	.	.	60
4.6	Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого						
	технологічного процесу та його економічної ефективності	.	.	.	.	.	61
4.7	Основні техніко-економічні показники розробленого						
	технологічного процесу	.	.	.	.	.	62
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	.	.	.	.	.	65
5.1	Джерела та оцінка мікроклімату робочої зони при						
	виконанні зварювання	.	.	.	.	.	65
5.2	Розрахунок вентиляційної панелі	.	.	.	.	.	67
	ВИСНОВКИ	.	.	.	.	.	70
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	.	.	.	.	.	71
	ДОДАТКИ	.	.	.	.	.	73

ВСТУП

Зварювання – це технологічний процес отримання нероз’ємних з’єднань виробів (деталей) шляхом встановлення міжатомних зв’язків між з’єднувальними частинами при їх нагріванні, пластичному деформуванні, або дії тепла та прикладання пластичного деформування [1].

Способи з’єднання твердих матеріалів можна розділити на механічні і за рахунок молекулярних сил зчеплення. До першої групи відносяться з’єднання болтові, заклепочні, клинові і ін., до другої – з’єднання зварюванням, склеюванням, паянням та ін. З’єднання можуть бути роз’ємними, які допускають розкладання без порушення з’єднувальних деталей та нероз’ємні.

На сьогоднішній день зварювання широко використовують для з’єднання майже всіх металів і їх сплавів, скла, пластмас і кераміки. Тому це є найголовнішим способом з’єднання твердих тіл.

При зварюванні плавленням метал в зоні зварювання розплавлюється і переходить в рідкий стан, з’єднання виникає за рахунок самовільного злиття та взаєморозчинення металу з’єднуваних частин, усадковий тиск, як правило не використовується. Метал зварного з’єднання за хімічним складом і структурою значно відрізняється від металу з’єднувальних частин. Зварювальний метал не потребує особливо ретельного очищення: розплавляється, як метал, так і забруднені його поверхні, які в подальшому переходять в шлак.

Для зварювання плавленням достатній нагрів до менших температур, а іноді – при відповідному збільшенні усадкового тиску – і зовсім непотрібно (холодне зварювання). Зварювання тиском не змінює хімічного складу металу, а структура змінюється незначно. При цьому виді зварювання є можливість наблизитися до ідеального випадку повної взаємодії металу в зоні зварювання, неможливого розпізнання зони зварювання при металографічному дослідженні. Цей спосіб зварювання потребує ретельної підготовки і зачищення з’єднувальних поверхонь.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Перевагами зварювання є висока продуктивність процесу і добра міцність зварних з'єднань. До недоліків зварювання можна віднести доволі значну вартість і складність обладнання, використання високих температур, значну споживчу потужність установок.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Опис конструкції зварного виробу

Бак модульний є металевою оболонковою конструкцією, призначенням якої є зберігання, а також транспортування різного роду рідин, як готового продукту так і різноманітних відходів.

Зображення модульного баку показане на рисунку 1.1. Він складається із наступних деталей: обичайка 1, днище 2, фланець 3, петля 4, горловина 5, штуцер $\varnothing 360$ 6, штуцер $\varnothing 220$ 7.

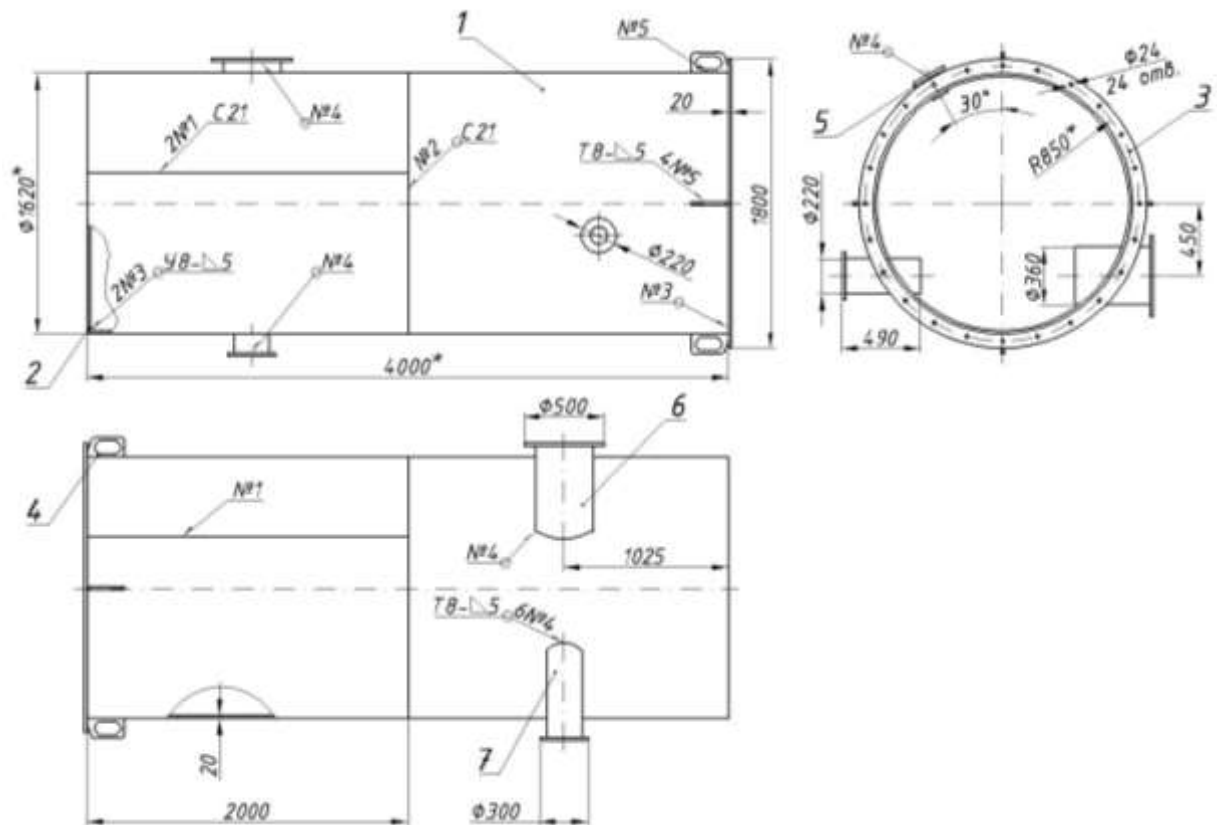


Рисунок 1.1 – Бак модульний

Особливості конструкції полягають у її використанні протягом встановленого експлуатаційного терміну, а саме збереження герметичності зварних швів та геометричної форми і розмірів.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Для виготовлення конструкції застосовується метал товщиною 20 мм. При цьому загальна довжина модульного баку складає 4000 мм, діаметр обичайок 1620 мм, торцева його частина складається з фланця, який в свою чергу має діаметр 1800 мм.

1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Вимоги, які пред'являються до виробу, при його виготовленні називаються технічними.

Забезпечення надійної роботи зварної конструкції протягом певного терміну експлуатації є основною вимогою, яка забезпечує її надійність.

Основні технічні вимоги, яких потрібно дотримуватись при виготовленні модульного баку:

- правильність вибору матеріалу конструкції;
- послідовність операцій металообробки (якщо це потрібно);
- правильність складання деталей під зварювання;
- налаштування правильних параметрів режиму зварювання;
- правильна організація виконання контролю якості;
- забезпечення допустимих допусків на геометричні розміри і форму виробу;
- забезпечення необхідних вимог, що стосуються приймання зварного виробу або окремого вузла.

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Бак модульний виготовляється із конструкційної сталі звичайної якості, низьковуглецевої марки СтЗсп, тому що це найбільш раціональний вибір, який відповідає також експлуатаційній придатності в заданих умовах роботи. Хімічний склад сталі приведений в таблиці 1.1 [2].

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі Ст3сп, %

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

Механічні властивості даної сталі для гарячекатаного прокату, приведені в таблиці 1.2 [2].

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі Ст3сп

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

Для визначення властивостей сталей піддаватися зварюванню використовується таке поняття, як зварюваність, що характеризує реакцію металу на фізико-хімічні процеси, що протікають при зварюванні та утворення з'єднань, які володіють необхідними властивостями, що задовольняють умови експлуатації.

Зварюваність характеризується такими критеріями:

- інтенсивність окислення металів, що пов'язана із їх хімічною активністю;
- протидія утворенню тріщин;
- реакція металу на тепловий вплив зварювання, що в основному негативно проявляється його структурними і фазовими змінами;
- опір виникненню пор.

Зварюваність буває фізичною і технологічною. Фізична характеризує здатність металу утворювати монолітні з'єднання з відповідним хімічним зв'язком. Технологічна зварюваність характеризує отримання зварного

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

з'єднання відповідної якості, яке задовольняє експлуатаційні показники при прийнятій технології зварювання з урахуванням техніко-економічних показників.

Якщо відомий хімічний склад даної марки сталі, то можна визначити її зварюваність за еквівалентним вмістом вуглецю за формулою [3,с.127]:

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

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

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

Еквівалентний вміст вуглецю для сталі Ст3сп складає 0,45%, що задовольняє умову доброї зварюваності без утворення кристалізаційних тріщин в процесі або після закінчення зварювання.

1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Технологічний процес виготовлення баку модульного повинен виконуватись із застосуванням матеріалів, які мають відповідні сертифікати якості, в яких повинно бути вказано наступне:

- марка металу;
- хімічний склад;
- механічні властивості;
- тип прокату;
- технологічні розміри;

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- дата і номер партії виготовлення.

У випадку, коли немає сертифікату якості, метал не повинен використовуватись, або якщо проведені додаткові випробування згідно стандарту, які підтверджують його якість.

Деталі, які входять в склад виробу повинні бути сухими та очищеними від забруднень, вологи, окалини, іржі для перешкоджання утворенню дефектів. Крім того, перед виконанням зварювання деталі механічно зачищають на відстані до 20 мм зі сторони стикувальних торців, де буде формуватися майбутнє зварне з'єднання.

1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів

Шорсткість – це мікро-нерівності на поверхнях деталей, які можуть висуватися вгору або заглиблюватися всередину відносно базових поверхонь, що визначають геометричну форму виробів або конструкцій.

Шорсткість на поверхневих деталях може застосовувати різні показники, які є достатньо великими, так і мікроскопічними. Висока шорсткість негативно впливає на міцність виробів або конструкцій, тому що в даному випадку з'являються концентратори напружень, які супроводжують достатньо негативні явища.

Бак модульний характеризується достатньою точністю форми, габаритних розмірів, а також шорсткості, всі ці властивості конструкції закладені у нормативній документації. Загальне значення шорсткості на деталях баку становить приблизно Ra – 3,2.

Однак, найголовнішими показниками конструкції є геометрична форма та розміри, які повинні знаходитись в допустимих відхиленнях, що приймають величини $\pm IT\ 14/2$.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу

Бак модульний відноситься до відповідальних конструкцій, тому при його виготовленні повинна бути рівномірність зварних з'єднань і основного металу, яка забезпечується повним проплавленням. Типи зварних з'єднань повинні задовольняти умову міцності, від якої залежить термін експлуатації конструкції. Так конструкція працює під тиском, то з'єднувальні кромки не повинні мати різну товщину. Оскільки бак зварюється протяжними швами, то найбільш придатним способом буде автоматичне зварювання під шаром флюсу, яке дозволяє отримувати якісні шви при повному проплавленні. В зварних швах не повинно бути дефектів, тому що вони слугуватимуть концентраторами напружень і в місцях їх великого зосередження можливе руйнування конструкції. Метал зварного з'єднання повинен мати достатню міцність і пластичність, що відповідають умовам експлуатації баку модульного.

1.3.4 Вимоги до складання

Важливим етапом виконання складання є попередня перевірка розмірів деталей, які будуть формувати майбутню конструкцію. Тому при виконанні складальних операцій повинні враховуватись зазори між кромками деталей, якщо вони передбачені технологією чи їх відсутність.

Послідовність встановлення деталей у пристосуванні та подальша їх фіксація повинні виконуватись по чітко встановлених технологічних вимогах. Якщо має місце виконання прихоплень для додаткової фіксації та збереження розмірів конструкції, то вони повинні мати визначені розміри та виконуватись в певній послідовності, яка також встановлюється технологією.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Характер розроблення кромок в стикувальних деталях повинні відповідати конструктивним елементам зварних з'єднань, дані про які містяться в стандартах.

Тому для створення модульного баку високої якості потрібно слідувати технічним умовам на його виготовлення та іншій конструкторсько-технологічній документації.

1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість і технологічність – це два поняття, які тісно між собою пов'язані, так неможливо виготовити якісний виріб якщо низька його технологічність. Тому дане поняття визначає стабільну роботу виробу протягом всього терміну застосування при раціональності його форм, перерізів та загальнодоступної технології виготовлення.

Найслабшим місцем виробу є зварні шви, тому потрібно вжити необхідних прийомів для формування їх високої якості, одним з таких є виконання зварювання в нижньому положенні. Присутність незначних дефектів, що не мають ніякого впливу на надійність допускається у з'єднаннях за умови, якщо їх загальна протяжність не більше 5% довжини шва.

Серед всіх можливих дефектів найнебезпечнішими є тріщини, як в металі шва, так і в біляшовній зоні, тому що вони мають властивість з часом розростатися, що в кінцевому випадку може спричинити руйнування виробу.

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

Виготовлення модульного баку полягає в необхідності виконання певних операцій, таких як очищення, розмічування, різання, скіс кромки, вальцювання, складання, зварювання, механічне оброблення та контроль

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якості. В загальному весь технологічний процес виробництва баку модульного складається із виготовлення обичайок, що зварюються між собою і до яких в свою чергу приварюються інші складові частини баку.

Для виготовлення модульного баку використовується листовий метал. На початку потрібно підготувати заготовки – деталі з яких буде складатися конструкція, потім вони встановлюються у складальному пристосуванні, де відбувається їх фіксація і закріплення для надання проектного положення.

Після чого жорстко складена конструкція піддається зварюванню, але цей процес виконується тільки для швів, що знаходяться в нижньому положенні, так як в цьому положенні досягається найбільша міцність зварних швів порівняно з іншими положеннями.

Бак модульний зварюється дуговим механізованим способом в середовищі захисного газу плавким електродом (MAG). Захисне середовище формується вуглекислим газом (CO_2), який транспортується і зберігається в рідкому стані відповідно до стандарту ДСТУ 4817:2007. В якості обладнання використовується напівавтомат моделі ПДГ-512.

Ще на початку проектування конструкції потрібно підібрати її правильне конструктивне оформлення, технологію виконання складально-зварювальних робіт, що б дозволило забезпечити надійну роботу конструкції при мінімальній концентрації напружень. Контроль якості проводиться протягом всього технологічного циклу виготовлення конструкції візуальним оглядом.

Спосіб механізованого зварювання в CO_2 має багато переваг, але істотним недоліком є інтенсивне розбризкування електродного металу. Деякі краплі налипають на зварювальних деталях, а деякі пошкоджують зварювальне обладнання, також це може вплинути на надійність його роботи. Так велика кількість крапель на соплі пальника може призвести до погіршення захисту зони зварювання. Тому потрібно вживати додаткових заходів для протидії налипання крапель при зварюванні у вуглекислому газі.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліком існуючого технологічного процесу виготовлення конструкції є використання ручних затискних пристроїв у складальному обладнанні. Для приведення їх в дію потрібна безпосередня присутність складальника-зварювальника, що негативно позначається на продуктивності виготовлення модульного баку. Також до недоліків можна віднести мало енергоефективне обладнання, яке розраховане на номінальний зварювальний струм 500 А, це підвищує витрати електроенергії, що веде до подорожчання продукції.

Рекомендації по покращенню технологічного процесу виготовлення модульного баку:

- зміна способу зварювання конструкції, з механізованого в захисних газах на автоматичне під флюсом, це підвищить продуктивність – процес повністю автоматизований та забезпечить повний провар, оскільки йде зварювання великих товщин;
- виконувати кантування конструкції, для забезпечення виконання зварювання в нижньому положенні;
- вдосконалити складальне обладнання, що проявляється в заміні ручних затискних пристосувань на механізовані зразки.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Вибираючи спосіб зварювання необхідно враховувати марку і товщину матеріалу, особливості та програму випуску конструкцій, а також вимоги, які пред'являються до якості зварних з'єднань.

Для виготовлення баку можливе використання таких способів зварювання: ручне дугове покритими електродами, напівавтоматичне і автоматичне в захисних газах та автоматичне зварювання під флюсом.

Ручне дугове зварювання покритими електродами широко використовується завдяки своїй простоті. Але враховуючи серійність випуску продукції і механізуючи технологічний процес виготовлення цей спосіб малопридатний. Тому що він не забезпечує високої продуктивності зварювання, його основне використання – це дрібносерійне виробництво, ремонтні роботи та коли неможливе використання будь-якого іншого способу зварювання.

Напівавтоматичне та автоматичне зварювання в захисних газах мають багато переваг порівняно з іншими способами. Це можливість зварювання в різних просторових положеннях, як довгих, так і коротких швів, висока продуктивність процесу. Що стосується недоліків даного способу, то це підвищене розбризкування електродного металу під час виконання зварювання, а також використання додаткового обладнання в залежності від виду газу і газових сумішей.

При зварюванні довгих швів широко використовується процес автоматичного зварювання під флюсом. Незважаючи на високовартісне обладнання та неможливість виконання процесу у вертикальному і стельовому положеннях цей спосіб використовується завдяки стабільності режимів зварювання та забезпечення формування високою якістю зварних швів.

Автоматичне зварювання має свої переваги:

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- а) найбільша продуктивність процесу;
- б) оператор автомату працює на відстані, а не в безпосередній близькості до дуги;
- в) економія матеріалів;
- г) глибоке проплавлення основного металу за один прохід.

Найбільшим недоліком автоматичного зварювання під флюсом є неможливість виконання зварних швів в різних положеннях, а тільки в нижньому.

Проаналізувавши описані вище способи, для зварювання модульного баку використовуємо автоматичне зварювання під флюсом, тому що технологія дозволяє, так як є можливість зварювати шви у нижньому положенні за рахунок використання спеціалізованого складального технологічного устаткування. Схема процесу зварювання під флюсом представлена на рисунку 2.1.

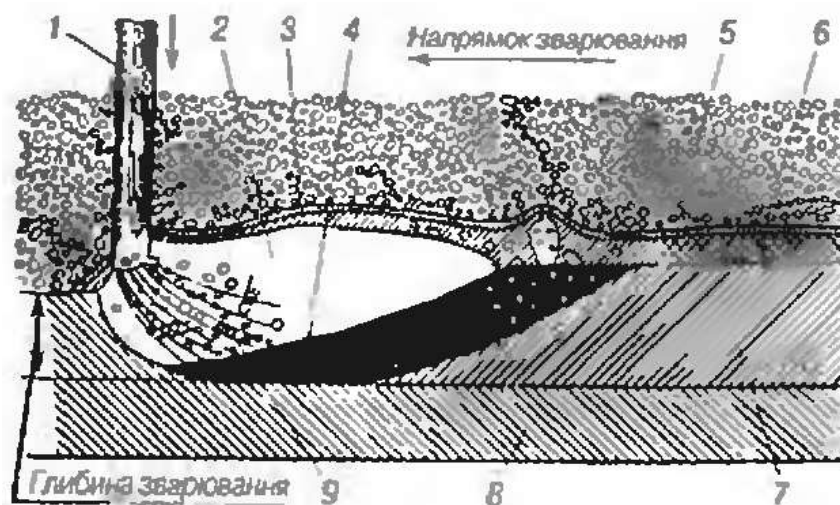


Рисунок 2.1 - Зварювання під флюсом – горіння дуги [1, с. 189]

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

Бак модульний виготовляється із конструкційної низьковуглецевої сталі марки Ст3сп.

В процесі виготовлення конструкції зварні з'єднання мають володіти не тільки достатньою міцністю, але і бути пластичними, тому ці характеристики відповідають за їх експлуатаційну надійність. Тому вибрані зварювальні матеріали мають формувати зварні з'єднання, що мають відповідні механічні властивості згідно технічних умов, які пред'являються для виготовлення посудин. Потрібно також врахувати, що легування шва елементами, які входять до складу основного металу не дуже добре, так як це дозволить підвищити його міцність, але пластичність при цьому буде меншою. Однак невеликий відсоток легування металу шва за рахунок основного також можливий, тому що це підвищить властивості з'єднання до потрібного рівня.

Якщо для зварювання конструкції використовується низьколегований зварювальний дріт, то для забезпечення потрібної технологічної міцності, вміст у ньому вуглецю не повинен бути більшим ніж 0,15%. Легують, як правило зварювальний метал елементами, які в деякій степені дозволяють підвищити міцність, без суттєвого зниження його ударної в'язкості. Важливою вимогою, яка повинна виконуватися при зварюванні низьколегованих сталей – це отримання металу шва з гарантованими механічними властивостями, тому що це є важливо при експлуатації.

Вибір зварювального дроту залежить від:

- здатності забезпечувати потрібний хімічний склад наплавленого металу;
- гарного формування швів без утворення холодних тріщин;
- технологічних властивостей утворених з'єднань;
- продуктивності процесу зварювання.

Враховуючи марку основного металу, зварювання баку модульного виконуватиметься дротом Св-08Г2С. Вміст марганцю і кремнію в складі

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

дозволяє якісно розкислювати метал шва та забезпечувати високі механічні властивості.

Хімічний склад дроту Св-08Г2С приведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту Св-08Г2С [4, с. 76]

Вміст елементів, %						
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
			не більше			
0,05- 0,11	0,70- 0,95	1,8-2,1	0,20	0,25	0,025	0,03

Флюс призначений для захисту зони зварювання, так як процес здійснюється дротом Св-08Г2С, то для нього рекомендують флюси АН-348А та ОСЦ-45.

Флюс АН-348-А масово використовується завдяки можливості виконання зварювання на підвищених швидкостях та зварювальним дротом меншого діаметра, цей флюс є склоподібним. Його використання забезпечує надійний захист металу шва без утворення дефектів, також спостерігається плавний перехід від зварного шва до основного металу.

Флюс АН-348-А забезпечує необхідні технологічні властивості зварного шва, що дуже важливо при зварюванні низьколегованих сталей, тому він рекомендується для зварювання різних конструкцій:

- кранів, дорожньої, будівельної та шахтної техніки та конструкцій металевих мостів;
- резервуарів, цистерн і різних ємкостей, які працюють під тиском.

Хімічний склад флюсу АН-348-А приведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад флюсу АН-348-А [4, с.108-109]

Вміст елементів, %								
SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	Fe ₂ O ₃	S	P
41-44	34-38	6,5	5-7,5	4,5	4-5,5	2,0	0,15	0,12

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 С21, яке виконується із підварюванням кореня шва та розробленням кромek і зображено на рисунку 2.2.

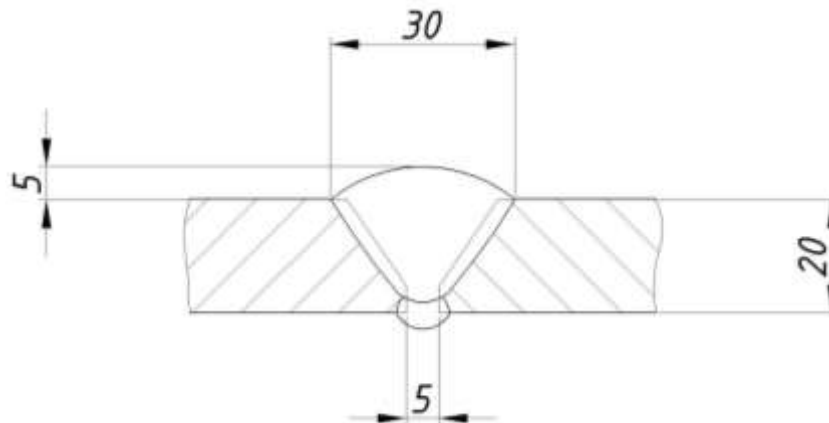


Рисунок 2.2 – Стикове з'єднання С21

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 20 мм;

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

Величина цього коефіцієнту для електродного дроту діаметром 5,0 мм, $\kappa=2,15$ мм/100А [5, с.193].

$$I_{зв} = \frac{20}{2,15} \cdot 100 = 930,23 \sim 930 \text{ А.}$$

Зварювальний струм матиме значення 930 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 5,0 мм – $j=30-50$ А/мм² [5, с.193];

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{930}{50}} = 4,87 \text{ мм.}$$

Діаметр електродного дроту становитиме 5,0 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.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{5,0^{0,5}} \cdot 930 \pm 1 = 40,8 \text{ В.}$$

Напруга на дузі становитиме 41 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;

$$F_1 = 0,75 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 18,75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

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;

$$F_2 = 20 \cdot 5 + 15 \cdot \operatorname{tg} 70^\circ \cdot 15 = 100,28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

Тоді площа наплавленого металу в поперечному перерізі шва буде рівна:

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

$$F = 18,75 \cdot 10^{-6} + 100,28 \cdot 10^{-6} = 119,03 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

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 ;

$$\alpha_n = 2,3 + 0,065 \cdot \frac{930}{5,0} = 14,4 \frac{\text{г} \cdot A}{\text{год}}$$

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.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{п.д.} = \frac{4 \cdot 14,4 \cdot 930}{3,14 \cdot 5,0^2 \cdot 7,8} = 87,5 \approx 88 \text{ м/год.}$$

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, $г \cdot A / год$;

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

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

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

$$V_{зв} = \frac{14,4 \cdot 10^{-3} \cdot 930}{119,03 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 100} = 23,5 \approx 24 \text{ м/год.}$$

Розраховані параметри режиму зварювання записуємо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри режиму автоматичного зварювання під флюсом стикового шва С21 баку модульного

Діаметр електродного дроту, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга на дузі, В	Швидкість зварювання, м/год	Швидкість подачі дроту, м/год
5,0	930	41	24	88

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Бак модульний виготовляються із товстолистового металу товщиною 20 мм, тому для його зварювання буде застосовуватися автоматичний спосіб під флюсом. За розрахованими параметрами режиму зварювання найкращим варіантом буде застосування автоматичної зварювальної головки ГДФ-1001 компанії «KZESO».

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Зварювальна головка призначена для електродугового автоматичного зварювання плавким електродом під шаром флюсу поворотних стиків труб із вуглецевої та низьковуглецевої сталі [6].

Головка обладнана пристроєм, що дозволяє відслідковувати коливання труби по діаметру. Широкий діапазон зварювання забезпечується зміною швидкості подачі зварювального дроту шляхом заміни змінних шестерень. Автомат має плавне регулювання подачі зварювального дроту [6].

Технічні дані та загальний вигляд зварювальної головки представлені в таблиці 2.4 та на рисунку 2.3.

Таблиця 2.4 - Технічні дані зварювальної головки ГДФ-1001 [6]

Параметри	Значення
Напруга мережі живлення, В	380
Номинальний зварювальний струм, А	1000
Діапазон регулювання зварювального струму, А	250 – 1250
Діаметр електродного дроту, мм	2...5
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	32-583
Частота мережі живлення, Гц	50
Вертикальний хід зварювальної головки, мм	250
Габаритні розміри, мм:	
висота	1845
ширина	1050
довжина	1845
Маса, кг	298
Регулювання кута нахилу зварювального дроту, град	± 25

Для забезпечення повного комплектування процесу зварювання, автоматична головка ГДФ-1001 оснащується джерелом живлення в якості

зварювального випрямляча КІУ-1201 компанії «KZESO», що показаний на рисунку 2.4.

Універсальний зварювальний випрямляч призначений для автоматичного і напівавтоматичного зварювання в захисних газах і під флюсом, а також для ручного дугового зварювання стрижневими електродами всіх типів. На випрямлячі встановлена силова тиристорна установка [7].

Наявність спеціальної схеми випрямлення з низьким коефіцієнтом пульсації забезпечує високу якість зварювання, мінімальне розбризкування та економію зварювальних матеріалів [7].

Особливими рисами даного джерела живлення є наступні [7]:

- наявність вхідного автоматичного вимикача;
- наявність амперметра;
- наявність вольтметра;
- наявність вводу для мережевого кабелю;
- індикація стану в режимі on-line;
- захист від струмів перевантаження та короткого замикання в зварювальному колі;
- котушки зварювального трансформатора і сам трансформаторний вузол просочені кремнійорганічним лаком КО-916К;
- вантажопідйомні кільця для транспортування;
- висока ремонтпридатність і надійність;
- перемикач для «жорсткої» – «пологої» – «спадаючої» вольтамперної характеристики;
- перемикач нахилу «спадаючої» вольтамперної характеристики;
- тумблер подачі живлення на вихідні замки при місцевому управлінні (керування тиристорами силового випрямляча);
- регулятор встановлення зварювального струму та зварювальної напруги при місцевому управлінні;
- роз'єм дистанційного керування;

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

– додаткові пологоспадаючі характеристики значно розширюють технологічні можливості випрямляча [7].

Технічні характеристики КІУ-1201 описані в таблиці 2.5.



Рисунок 2.3 –Зварювальна головка ГДФ-1001 «KZESO» [6]



Рисунок 2.4 – Зварювальний випрямляч КІУ-1201 [7]

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Таблиця 2.5 – Технічна характеристика випрямляча КІУ-1201 [7]

Параметри	Значення
Номінальний зварювальний струм, А	1250
Номінальний режим роботи, ТВ %	100
Номінальна споживча потужність, кВА	120
Напруга холостого ходу, В	85
Діапазон регулювання сили зварювального струму, А	250-1250
Номінальна напруга мережі, В	3x380
Габаритні розміри, мм:	
висота	960
ширина	680
довжина	890
Маса, кг	550

Автоматичний спосіб зварювання під флюсом є основним для з'єднання основних елементів конструкції довгими швами. Однак незначна кількість коротких швів зварюватиметься напівавтоматичним способом в захисних газах.

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

До якості і надійності зварних конструкцій пред'являються високі вимоги.

Якість продукції – характеризує її кількісні властивості, які визначають імовірність застосування за призначенням, зварні конструкції контролюють на усіх етапах виготовлення. Крім того, систематично перевіряють оснащення і устаткування. При перевірці основних і допоміжних матеріалів встановлюють їх відповідність кресленню і технічним вимогам.

Зварну конструкцію – бак модульний піддають зовнішньому огляду:

- перевіряють зовнішній вигляд деталі;

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

- якість поверхні;
- наявність задирів, тріщин, вибоїн;
- дефекти вимірюють універсальними інструментами: штангенциркулями, лінійками, шаблонами.

Особливо ретельно контролюються ділянки, що підлягають зварюванню. Профіль кромки, підготовлених під зварювання перевіряють спеціальними шаблонами.

Під час складання і прихоплювання перевіряють:

- розташування деталей одна відносно іншої;
- величину зазорів між кромками зварюваних деталей.

Відсутність або мала величина зазорів призводить до непроварювання кореня шва, а велика до пропалювань і збільшення трудомісткості процесу зварювання.

Контроль якості складання і виконання прихоплювань виконується зовнішнім оглядом. Цей спосіб найбільш продуктивний, економічний, не вимагає особливих витрат. Зовнішній огляд якості складання і виконання прихоплювань, а також вимірювання виконане за допомогою вимірювальних інструментів: лінійки, штангенциркуля, катетомірів.

Найбільш відповідальним є контроль виконання зварювання. Контролюють безпосередньо процес зварювання, тобто параметри режиму, а також якість зварних швів. Контроль процесу зварювання дозволяє запобігти появі систематичного браку. По ходу виконання процесу робиться періодичний вимір основних параметрів: U_d , $I_{зв}$, $V_{зв}$, $V_{пд}$.

Якість виконання зварювання на готовому виробі, оцінюємо по наявності зовнішніх дефектів. Вони у свою чергу контролюються зовнішнім оглядом. Не відповідність шва геометричним розмірам контролюється за допомогою вимірювальних інструментів: універсального шаблону Красовського, лінійки, катетомірів.

Також при зовнішнім огляді виявляються:

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- напливи;
- подрізи;
- пропалення;
- глибокі кратери;
- зовнішні тріщини;
- непровари.

Для виявлення внутрішніх дефектів зварних швів, а саме: пор, внутрішніх тріщин та різного роду включень, використовується ультразвуковий метод контролю якості, тому що зовнішнім оглядом їх виявити неможливо.

Якщо при проведенні контролю якості виявляються вищезгадані дефекти, і вони не входять в допуски ТУ на виготовлення виробу, то брак виправляють. Контроль якості робить контролер ВТК. При виявленні відхилень під час виготовлення продукції контролер виписує картку браку.

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Виготовлення модульного баку складається з відносно великої кількості технологічних робіт, які правильно спроектовані в часі та формують цілісність виробничого циклу. До основних операцій технологічного процесу відноситься виготовлення заготовок відповідної форми, їх складання та загальне зварювання, контроль якості стосовно виконання робіт, так і готових конструкцій і різні операції допоміжного типу.

2.6.1 Заготівельні операції

Технологічний процес виготовлення модульного баку можливий із використанням наступних заготівельних операцій:

- очищення;

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розмічування;
- різання;
- розроблення кромки;
- вальцювання;
- механічна обробка;
- свердління.

Очищення металу виконується з метою зняття окисленого шару, а також продуктів корозії чи іншого роду забруднень. Дана операція здійснюється за допомогою ручних механізованих інструментів.

Операція розмічування полягає у нанесенні розмірних ліній по яких має відбуватися розрізання металу. Як правило всі верстати мають розмірну шкалу, тому необхідний розмір заготовки буде виставлятися безпосередньо перед різанням. Крім того у технології виготовлення застосовуються верстати із числовим програмним керуванням, тому розмічування там взагалі не потрібне.

Металева конструкція виготовляється із листового металу та круглих труб відповідних діаметрів. Використання верстату плазмового різання із ЧПК дозволить розділяти листи на відповідні геометричні розміри, а також паралельно знімати кромку із їх торця. Для цього буде застосовуватися верстат плазмового різання з ЧПК 3015 KRIPTON CNC ROUTER, що зображений на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Верстат плазмового різання з ЧПК 3015 KRIPTON CNC ROUTER [8]

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Для формування із листа заготовок типу обичайка потрібно виконати його вальцювання, для цього буде використовуватися гідравлічний вальцювальний верстат 3-валковий Cormak RM-S 3050/190, який показаний на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Гідравлічний вальцювальний верстат 3-валковий Cormak RM-S 3050/190 [9]

Для формування отворів $\varnothing 24$ мм у заготовці фланець використовується операція свердління із застосуванням радіально-свердлильних верстатів WorkMan DP16R, один з яких зображений на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд радіально-свердлильного верстату WorkMan DP16R [10]

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

2.6.2 Складальні операції

Складальні операції займають найбільше часу, тому їх виконання повинно бути точним і правильним. Для прискорення виконання процесу складання потрібно використовувати спеціалізоване устаткування, яке дозволить по-перше забезпечити високу точність складальних вузлів та конструкцій, а по-друге це прискорить процес. Засоби механізації та автоматизації також відіграють важливу роль в ході виконання складальних операцій.

Процес складання модульного баку відбувається наступним чином:

- деталі подаються та встановлюються на устаткуванні;
- фіксуються в проектному положенні та закріплюються;
- виконується прихоплення деталей в пристосуванні;
- кантування для розміщення швів в нижньому положенні;
- зварювання конструкції;
- знімання притискувальних зусиль;
- звільнення конструкції з пристосування.

2.6.3 Складально-зварювальні операції

Складально-зварювальні операції починаються із прихоплювання виробів на складальних пристосуваннях. Тому тут основною вимогою буде правильне встановлення виробу у проектне положення з витримкою потрібних допусків і зазорів між торцями.

Після цього проводяться основні зварювальні роботи, основними завданнями яких є формування бездефектних зварних швів, які володіють необхідною міцністю з плавним їх переходом до основного металу.

При зварюванні модульного баку, в першу чергу виконуються шви, що з'єднують обичайки між собою, потім до них з боків стикуються днище разом із фланцем, а вже після цього приварюються штуцера, горловина та петлі.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.4 Опоряджувальні операції

Бак модульний зварюється автоматичним способом під шаром флюсу. Для даного процесу небажаним є присутність шлаку на поверхні зварного шва, який щільно прилягає до основного металу і щоб його видалити потрібно використовувати механічні методи очищення. Здійснення опоряджувальних робіт проходить із застосуванням кутової шліфувальної машинки AEG WS 12-125 [11], яка показана на рисунку 2.8, захисних прозорих окулярів Dnipro-M Worker, зубила Sigma SDS-max 250 мм та молотків слюсарних Stroxx 500 г.



Рисунок 2.8 – Кутова шліфувальна машинка AEG WS 12-125

2.6.5 Допоміжні операції

При виготовленні модульного баку до допоміжних операцій відносяться транспортувальні, налагоджувальні та перевантажувальні роботи.

Налагоджувальні роботи стосуються налаштування технологічного обладнання і апаратури на необхідні параметри режиму роботи. Для прикладу, у складальних пристосуваннях встановлюють необхідні зусилля затискання чи притискання, які з одного боку забезпечать надійність закріплення, а з іншого – не спричинять деформування складальних деталей конструкції.

Метою перевантажувальних і транспортних операцій є встановлення заготовок деталей конструкції у пристосування, доставка їх до місця складання, а також знімання звареної конструкції із пристосування та переміщення її на склад або на наступні технологічні операції.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6.6 Контроль якості

Контроль виконуваних технологічних операцій, а також наявність зовнішніх дефектів у зварних з'єднаннях відбувається візуально-оптичним методом, а саме використовується зовнішній огляд та контрольні замірювання.

Для повного визначення придатності конструкції до її можливої подальшої експлуатації, потрібно виконати її перевірку на наявність внутрішніх дефектів. З цією метою проводиться ультразвуковий контроль із застосуванням дефектоскопу типу TOPAZ 16, що зображений на рисунку 2.9. Це обладнання є портативним, що в свою чергу забезпечує високу продуктивність роботи та обладнане фазованою антенною решіткою. Особливістю дефектоскопу TOPAZ 16 є підтримка двовимірних матричних зондів без застосування додаткового зовнішнього програмного забезпечення.



Рисунок 2.9 – Ультразвуковий дефектоскоп TOPAZ 16 [12]

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

Нормування технологічного процесу виготовлення зварної конструкції і витрат матеріалів та електроенергії виконується за загальними правилами, які встановлюються ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [13].

При автоматичному зварюванні плавким електродом під флюсом нормуванню підлягають витрати дроту, зварювального флюсу, а також електроенергії, що споживає обладнання.

Розраховуємо витрати зварювального дроту 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, $k_b=1,10$.

Розраховуємо 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, kg/m^3 ;

L – довжина всіх швів виробу, m .

Відповідно до креслення виробу, довжина зварних швів складає – $L=28,5 m$.

$$M = 119,03 \cdot 10^{-6} \cdot 7800 \cdot 28,5 = 26,46 \text{ кг};$$

$$H_b = 26,46 \cdot 1,1 = 29,11 \text{ кг}.$$

Розраховуємо витрати флюсу АН-348-А для зварювання швів за формулою:

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

де H_b – витрати дроту на зварювання шва, кг;

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$Q_\phi = 29,11 \cdot 1,7 = 49,48 \text{ кг.}$$

Розраховуємо витрати електроенергії для кожного 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, $n=0,75$;

U_δ – напруга на дузі;

α_n – коефіцієнт наплавлення;

$$Q_e = \frac{41}{14,4 \cdot 0,75 \cdot 0,2} = 18,98 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Час зварювання для кожного шва розраховується за формулою:

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

$$t_o = \frac{29,11 \cdot 10^3}{930 \cdot 14,4} = 2,17 \text{ год.}$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

Основою при виконанні складальних операцій є забезпечення правильного розташування елементів конструкції у пристосуванні, що виготовляється. Для виконання складання можуть використовуватись кондуктори, стенди, плити, а також спеціальне обладнання.

Застосування спеціального складального обладнання забезпечить якість виконання складальних операцій та покращить умови праці робітників. Дане обладнання повинно мати жорстку основу для сприйняття навантажень, з розміщеними на ній фіксаторами, упорами та притискачами. Для надання цілісності конструкції при складанні здійснюються прихоплення. Це дозволить отримати конструкції достатню жорсткість для її подальшого переміщення до зварювання та не дозволить появи деформацій.

Коли використовується складально-зварювальне обладнання, то доцільності переміщення конструкції немає, оскільки складання і зварювання виконується на одному і тому ж самому обладнанні, тоді прихоплення можуть не виконуватися.

Тому в залежності від прийнятої технології виготовлення конструкції, операції складання і зварювання можуть виконуватись:

- спочатку виконується загальне складання, а потім зварювання;
- паралельне одночасне їх виконання.

Виконуючи процес зварювання потрібно забезпечити положення швів у нижньому виконанні, тому потрібно перекидати – кантувати конструкцію. Для цього призначені обертачі, кантувачі, маніпулятори та інші пристосування.

За принципом роботи пристосування бувають:

- установчі, здійснюють тільки перекантування виробу для зручного виконання зварювання;

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

- зварювальні, можливе здійснення переміщення конструкції зі швидкістю зварювання, а також з маршовою швидкістю.

Вибір складально-зварювальних пристосувань залежить від геометричних параметрів конструкції, розроблених технічних умов, що стосуються її виготовлення та програми випуску продукції за рік.

Тому вибір наявних пристосувань чи розроблення існуючих є важливим етапом підготовки розроблення технологічного процесу виготовлення конструкції. Отже проектування нового пристосування або модернізування вже існуючого повинні виконуватись із врахуванням:

1. Аналіз креслення і технічних умов на зварювання конструкції. Тут потрібно враховувати технологічність конструкції, від якої безпосередньо залежить організація робіт технологічного процесу виготовлення, що також впливає на вибір складально-зварювального оснащення. Технологічність також залежить від конфігурації деталей з яких складається конструкція, вони повинні легко встановлюватись у пристосування, а вже зварена конструкція без проблем звідти зніматися. Тому висока технологічність дає можливість застосовувати більш прості та дешеві складально-зварювальні пристосування.

2. Розроблення технологічного процесу. Це завдання повинно опрацьовуватись ще на етапі проектування конструкції, для того, щоб конструктори могли правильно спроектувати пристосування із забезпеченням всіх вимог процесу виготовлення.

3. Програма випуску продукції. Тут питання постає в доцільності використання комплексної механізації та автоматизації, якщо виробництво є масовим, то вона буде доцільною, а коли виробництво дрібносерійне, то не завжди. Це потрібно враховувати разом із забезпеченням потрібної точності складання та якості зварювання, технологічності конструкції, зменшення трудомісткості опоряджувальних і допоміжних робіт. Треба пам'ятати, що продуктивність праці та якість продукції зростають при комплексній механізації, але коли мала програма випуску, то це є недоцільним.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Обґрунтування вибору пристосувань на основі порівняння їх техніко-економічних показників. Серед усіх можливих варіантів використання того чи іншого пристосування вибирається той, який є технічно найраціональніший та економічно найвигідніший.

Технічне обґрунтування вказує на прогресивність пристосування, тобто забезпечення виконання своїх корисних функцій максимально практично до конструкції, що виготовляється.

Економічне обґрунтування пов'язане із витратами на придбання даного пристосування та аналіз терміну його окупності при заданій програмі випуску продукції.

Підсумовуючи вищенаведені рекомендації, складання, а також зварювання баку модульного буде виконуватись на однотипному пристосуванні. При цьому слід мати на увазі, що якість зварювання буде вищою, тому що зварювання проводиться безпосередньо після складання.

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

В якості технологічного устаткування при виготовленні модульного баку використовується роликовий стенд, який показаний на рисунку 3.1.

Роликові стенди призначені для обертання зварного виробу зі швидкістю зварювання. Контактуючими елементами пристосування з виробом є роликоопори, поверхня яких обов'язково повинна бути прорезиненою – це забезпечує кращий контакт без можливого проковзування. Обертальний рух передається на роликоопори від електродвигуна постійного струму. Можливість обертання на роликових стендах мають тільки ті вироби, що є круглої, циліндричної форми. Отже, для інших типів зварних конструкцій дані пристосування не використовуються.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

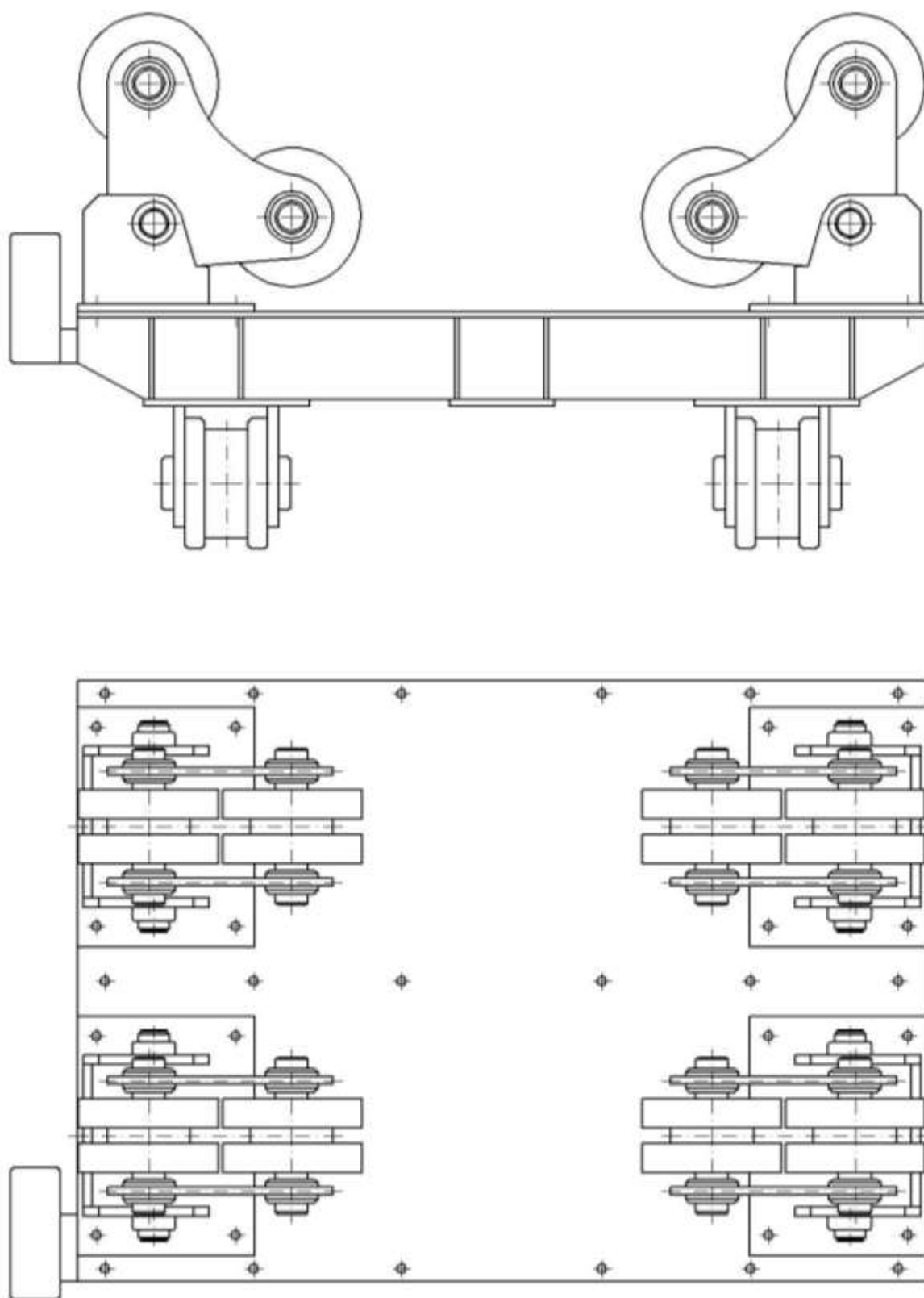


Рисунок 3.1 – Роликовий стенд

					<i>КР.422.06.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Оскільки модульний бак складається із певної кількості деталей, які необхідно стикувати, тому для цього використовуватимуться спеціальні стяжки. Вигляд однієї із них зображено на рисунку 3.2.

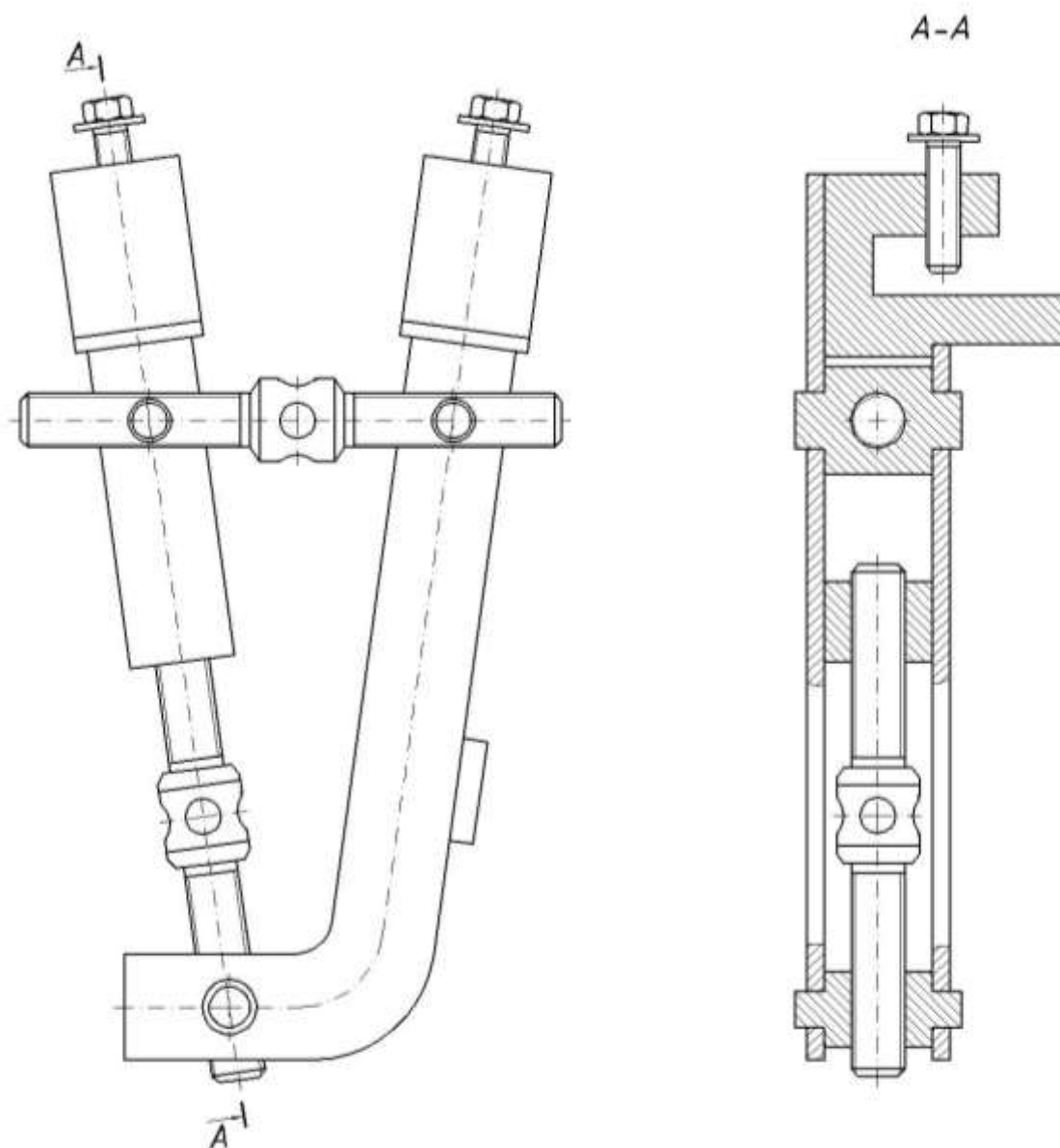


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд стяжки

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 баку модульного

Показник	Одиниці виміру	Кількісна чи вартісна оцінка	
		фактичні дані	проектні дані
Габарити виробу	мм	ø1620x4000	
Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб:			
листовий прокат Ст3сп	кг	2690	
зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	7,1	
флюс АН-348-А	кг	4,5	
Розміри поворотних відходів на виріб	кг	38	
Ціна придбання матеріалу за кг:			
листовий прокат:			
сталь Ст3сп	грн	75,00	74,25
зварювальний дріт Св-08Г2С	грн	123,37	119,31
флюс АН-348-А	грн	57,39	56,99
Ціна реалізації поворотних відходів	грн	190	

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення модульного баку

Зміст операції	Варіанти	Устаткування		Інструменти		Розряд роботи	Штучні норми часу
		Назва	Ціна	Назва	Ціна		
1	2	3	4	5	6	7	8
Очищення	$\frac{3}{П}$	Кутова шліфувальна машина AEG WS 12-125	3000	щітка	80	III	4,1
Розмічування	$\frac{3}{П}$			рулетка циркуль лінійка маркер	212 560 149 125	IV	5,6
Різання	$\frac{3}{П}$	Верстат плазм. різання з ЧПК 3015 KRIPTON CNC ROUTER	426000			IV	$\frac{6,5}{5,8}$
Вальцювання	$\frac{3}{П}$	Гідравлічний вальцювальний верстат Cormak RM-S 3050/190	705000			IV	2,2
Свердління	$\frac{3}{П}$	Радіально-свердл. верстат WorkMan DP16R	13000	молоток	190	IV	2,0
Складання	$\frac{3}{П}$	Роликовий стенд	425000	молоток рулетка	190 212	IV	$\frac{6,9}{5,9}$
Зварювання	$\frac{3}{П}$	Зварювальна головка ГДФ-1001 «KZESO», Випрямляч КІУ-1201	420000			IV	$\frac{5,1}{4,0}$
Зачищення швів від шлаку	$\frac{3}{П}$	Кутова шліф. машина AEG WS 12-125	3000	зачисн. диск молоток щітка	74 190 80	III	4,8
Контроль якості	$\frac{3}{П}$	Ультразв. деф. TOPAZ 16	120000	збільш. скло	180	VI	3,9
Транспортні операції	$\frac{3}{П}$	Мостовий кран	935000			IV	2,4

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ		Арк.
							45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 37;

по проекту 34,2;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 2,4;

по проекту 2,4.

Загальна штучна норма часу: по заводу 39,4;

по проекту 36,6.

Для виготовлення модульного баку застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [14, с.9]:

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

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

S - кількість робочих змін в добу;

g - тривалість зміни, год;

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

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,052) \approx 1920_{год}.$$

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 [14, с.10]:

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

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						46
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, $K_{вн}=2,1$.

$B_{пр}$ – програма випуску продукції, у нашому випадку $B_{пр} = 2300 шт.$

Кількість робочих місць для виконання очищувальних операцій при виготовленні модульного баку:

$$n = \frac{4,1 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 2,34 \approx 2 шт.$$

Кількість робочих місць для виконання розмічування становить:

$$n = \frac{5,6 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 3,2 \approx 3 шт.$$

Кількість робочих місць для вирізання заготовок:

- заводський варіант:

$$n = \frac{6,5 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 3,7 \approx 4 шт.,$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,8 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 3,31 \approx 3 шт.$$

Кількість робочих місць для вальцювання становить:

$$n = \frac{2,2 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 1,26 \approx 1 шт.$$

Кількість робочих місць для свердління становить:

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{2,0 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 1,14 \approx 1 \text{ шт.}$$

Для складання необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{6,9 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 3,94 \approx 4 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{5,9 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 3,37 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{5,1 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 2,91 \approx 3 \text{ шт.},$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{4,0 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 2,28 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

$$n = \frac{4,8 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 2,74 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу:

$$n = \frac{3,9 \cdot 2300}{1920 \cdot 2,1} = 2,23 \approx 2 \text{ шт.}$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Кількість засобів конвеєрного типу (мостових, козлових, порталних кранів) визначається за формулою [14, 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, 2300 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

$K_{кр} = 0,6...0,7$.

$$n = \frac{2300 \cdot 4 \cdot 0,20}{2100 \cdot 0,65} = 1,35 \approx 1 \text{ шт.}$$

Приймаємо один мостовий 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 [14, с.13]:

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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

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

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

B - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо $B_{np} = 2300$ шт;

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

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

Необхідна кількість очищувальників:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 4,1}{1850 \cdot 2,2} = 2,32 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість розмічальників:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 5,6}{1850 \cdot 2,2} = 3,16 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- заводський варіант:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 6,5}{1850 \cdot 2,2} = 3,67 \approx 4 \text{ чол,}$$

- проектний варіант:

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 5,8}{1850 \cdot 2,2} = 3,28 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість вальцювальників:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 2,2}{1850 \cdot 2,2} = 1,24 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість свердлильників:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 2,0}{1850 \cdot 2,2} = 1,13 \approx 1 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- заводський варіант:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 6,9}{1850 \cdot 2,2} = 3,9 \approx 4 \text{ чол.}$$

- проектний варіант:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 5,9}{1850 \cdot 2,2} = 3,33 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників для виконання зварювання всіх швів:

- заводський варіант:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 5,1}{1850 \cdot 2,2} = 2,88 \approx 3 \text{ чол.}$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- проектний варіант:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 4,0}{1850 \cdot 2,2} = 2,26 \approx 2 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 4,8}{1850 \cdot 2,2} = 2,71 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів:

$$r_{oi} = \frac{2300 \cdot 3,9}{1850 \cdot 2,2} = 2,2 \approx 2 \text{ чол.}$$

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:				
очищувальники	2	2	III	III
розмічувальники	3	3	IV	IV
різальники	4	3	IV	IV
вальцювальники	1	1	IV	IV
свердлильники	1	1	IV	IV
зварювальники	3	2	IV	IV
складальники	4	3	IV	IV

Продовження таблиці 4.3

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 ділянки	1	1		
МОП: прибиральники	1	1	—	—
Разом	29	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.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

В- нт	Назва матеріалів ресурсів	Од. вим.	Ціна придб. за од. вим., грн/кг		Затрати в натуральних одиницях, грн			
					на один виріб		на програму	
З/П	Сталь Ст3сп	кг	75	74,25	201750	199732,5	464025000	459384750
З/П	Зварювальний дріт Св-08Г2С	кг	123,37	119,31	875,93	847,1	2014632,1	1948332,3
З/П	Флюс АН-348-А	кг	57,39	56,99	258,26	256,46	593986,5	589846,5
Р- ом					202884,18	200836,06	466633618,6	461922928,8

Продовження таблиці 4.4

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	3,75	3,71	10087,5	9986,63	23201250	22969237,5	190	190	437000	437000
З/П	5	6,17	5,97	43,8	42,36	100731,6	97416,62				
З/П	5	2,87	2,85	12,91	12,82	29699,33	29492,33				
Р- ом		12,79	12,53	10144,21	10041,8	23331680,93	23096146,44	190	190	437000	437000

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 [14, с.18]:

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

де y - кількість технологічних операцій;

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

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [14, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [14, с.18]:

$$З_{до} = З_{ос} (Д_1 + Д_2), \quad (4.6)$$

де $Д_1$ - доплата за шкідливість, грн, $Д_1 = 12...24 \%$, приймаємо $Д_1 = 20 \%$; $Д_2$ - інші доплати, грн, $Д_2 = 15...20 \%$, приймаємо $Д_2 = 15 \%$.

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [14, с.18]:

$$З_{но} = З_{ос} \cdot P, \quad (4.7)$$

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 очищувальників:

$$З_{ос} = 4,2 \cdot 26 \cdot 4,1 = 447,72 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 447,72 \cdot (0,2 + 0,15) = 156,7 \text{ грн};$$

$$З_{но} = 447,72 \cdot 0,4 = 179,09 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

$$З_{ос} = 3,2 \cdot 25,5 \cdot 5,6 = 456,96 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 456,96 \cdot (0,2 + 0,15) = 159,94 \text{ грн};$$

$$З_{но} = 456,96 \cdot 0,4 = 182,78 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{ос} = 2,9 \cdot 26,5 \cdot 6,5 = 499,53 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 499,53 \cdot (0,2 + 0,15) = 174,83 \text{ грн};$$

$$З_{но} = 499,53 \cdot 0,4 = 199,81 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{ос} = 2,9 \cdot 26,5 \cdot 5,8 = 445,73 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 445,73 \cdot (0,2 + 0,15) = 156,01 \text{ грн};$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$З_{по} = 445,73 \cdot 0,4 = 178,29 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці вальцювальників:

$$З_{оо} = 7,7 \cdot 26,5 \cdot 2,2 = 448,91 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 448,91 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,12 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 448,91 \cdot 0,4 = 179,56 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці свердлильників:

$$З_{оо} = 8,2 \cdot 27,5 \cdot 2 = 451 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 451 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,85 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 451 \cdot 0,4 = 180,4 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 3,1 \cdot 28 \cdot 6,9 = 598,92 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 598,92 \cdot (0,2 + 0,15) = 209,62 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 598,92 \cdot 0,4 = 239,57 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 3,1 \cdot 28 \cdot 5,9 = 512,12 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 512,12 \cdot (0,2 + 0,15) = 179,24 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 512,12 \cdot 0,4 = 204,85 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зварників:

- заводський варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 29,5 \cdot 5,1 = 677,03 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 677,03 \cdot (0,2 + 0,15) = 236,96 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 677,03 \cdot 0,4 = 270,81 \text{ грн;}$$

- проектний варіант:

$$З_{оо} = 4,5 \cdot 29,5 \cdot 4 = 531 \text{ грн;}$$

$$З_{до} = 531 \cdot (0,2 + 0,15) = 185,85 \text{ грн;}$$

$$З_{по} = 531 \cdot 0,4 = 212,4 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

$$З_{оо} = 3,6 \cdot 26 \cdot 4,8 = 449,28 \text{ грн;}$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$З_{до} = 449,28 \cdot (0,2 + 0,15) = 157,25 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 449,28 \cdot 0,4 = 179,71 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{оо} = 4,4 \cdot 30,5 \cdot 3,9 = 523,38 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 523,38 \cdot (0,2 + 0,15) = 183,18 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 523,38 \cdot 0,4 = 209,35 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

$$З_{оо} = 7,4 \cdot 29 \cdot 2,4 = 515,04 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 515,04 \cdot (0,2 + 0,15) = 180,26 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 515,04 \cdot 0,4 = 206,02 \text{ грн.}$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [14, с.19]:

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

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

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

$C_{р}$ - 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:

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

$$З_{нд} = 56425 \cdot 0,35 = 19748,8 \text{ грн};$$

$$З_{пд} = 56425 \cdot 0,4 = 22570 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

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

$$З_{нд} = 56425 \cdot 0,35 = 19748,8 \text{ грн};$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$З_{\text{пд}} = 56425 \cdot 0,4 = 22570 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці електриків:

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

$$З_{\text{дд}} = 56425 \cdot 0,35 = 19748,8 \text{ грн;}$$

$$З_{\text{пд}} = 56425 \cdot 0,4 = 22570 \text{ грн.}$$

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 [14, с.19]:

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

де $З_{\text{он}}$ - 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 ($З_{\text{он}}$) та премії і надбавки ($З_{\text{nn}}$) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

$$З_{\text{оп}} = 1 \cdot 8200 \cdot 12 = 98400 \text{ грн;}$$

$$З_{\text{дп}} = 98400 \cdot 0,35 = 34440 \text{ грн;}$$

$$З_{\text{пп}} = 98400 \cdot 0,4 = 39360 \text{ грн.}$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{\text{оп}} = 1 \cdot 8000 \cdot 12 = 96000 \text{ грн;}$$

$$З_{\text{до}} = 96000 \cdot 0,35 = 33600 \text{ грн;}$$

$$З_{\text{по}} = 96000 \cdot 0,4 = 38400 \text{ грн.}$$

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

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

Категорії робітників	Основна зар. плата, грн		Додаткова зар. плата, грн			
			за шкідливість		інші доплати	
	З	П	З	П	З	П
1	2		3		4	
Основні робітники:						
очищувальники	226546,32		79291,21		90618,53	
розмічувальники	346832,64		121391,42		138733,06	
різальники	505519,3	338309,07	176931,76	118408,18	202207,72	135323,63
вальцювальники	113574,23		39750,98		45429,69	
свердлильники	114103		39936,05		45641,2	
складальники	606107,04	388699,08	212137,46	136044,68	242442,82	155479,63
зварювальники	513861,98	268686	179851,69	94040,1	205544,79	107474,4
зачищувальники	341003,52		119351,23		136401,41	
контролери	264830,28		92690,6		105932,11	
транспортувальники	130305,12		45606,79		52122,05	
Допоміжні робітники:						
налагоджувальники	56425		19748,75		22570	
ремонтники	56425		19748,75		22570	
електрики	56425		19748,75		22570	
ІТР	98400		34440		39360	
МОП	96000		33600		38400	
Разом	3526358,43	2896564,26	1234225,45	1013797,49	1756034,62	1504116,95

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:	202884,18	200836,06
сталь СтЗсп	201750	199732,5
зварювальний дріт Св-08Г2С	875,93	847,1
флюс АН-348-А	258,26	256,46
Поворотні відходи	190	
Паливо та енергія на технологічні цілі	306	305,85
Основна заробітна плата основних робітників	1375,08	1101,26
Додаткова заробітна плата основних робітників	481,28	385,44
Премії та надбавки основних робітників	550,03	440,5
Відрахування на соціальне страхування	33,69	26,98
Відрахування на медичне страхування	60,16	48,18
Витрати на утримання та експлуатацію устаткування	198,71	198,71
Цехові (дільничні) витрати	228,21	228,21
Всього цехова собівартість	205927,24	203381,19

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:						
очищувальне	2	2	3000	3000	150	150
різальне	4	3	426000	426000	21300	21300
вальцювальне	1	1	705000	705000	35250	35250
свердлильне	1	1	13000	13000	650	650
складальне	4	3	425000	425000	21250	21250
зварювальне	3	2	420000	420000	21000	21000
слюсарне	3	3	3000	3000	150	150
контрольне	2	2	120000	120000	6000	6000
транспортне	1	1	935000	935000	46750	46750
Інструменти:						
молоток	9	8	190	190	9,5	9,5
щітка	5	5	80	80	4	4
лінійка	9	8	149	149	7,45	7,45
рулетка	9	8	212	212	10,6	10,6
циркуль	3	3	560	560	28	28
зачисний диск	5	5	74	74	3,7	3,7
маркер	9	8	125	125	6,25	6,25
збільшувальне скло	2	2	180	180	9	9
Разом						

Продовження таблиці 4.7

Види капітальних затрат	Загальна вартість, грн		Норма амортиз. відрахув., %	Річна сума амортизаційних відрахувань, грн	
	З	П		З	П
Будівлі та споруди	41000000	40985000	5	2050000	2049250
Устаткування:					
очищувальне	6150	6150	8,5	522,75	522,75
різальне	1725300	1299300	8,5	146650,5	110440,5
вальцювальне	740250	740250	8,5	62921,25	62921,25
свердлильне	13650	13650	8,5	1160,25	1160,25
складальне	1721250	1296250	23,5	404493,75	304619
зварювальне	1281000	861000	19,5	249795	167895
слюсарне	9150	9150	8,5	777,75	777,75
контрольне	246000	246000	15,5	38130	38130
транспортне	981750	981750	19,5	191441	191441
Інструменти:					
молоток	1719,5	1529,5	18	309,51	275,31
щітка	404	404		72,72	72,72
лінійка	1348,45	1199,45		242,72	215,9
рулетка	1918,6	1706,6		345,35	307,19
циркуль	1708	1708		307,44	307,44
зачисний диск	373,7	373,7		67,27	67,27
маркер	1131,25	1006,25		203,63	181,13
збільшувальне скло	369	369		66,42	66,42
Разом	47733472,5	46446796,5		3147507,55	2928650,87

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [14, с.27]:

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

де $C_{пз}$ - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ($C_{пз} = 238289,95$ грн);

$C_{пн}$ - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ($C_{пн} = 234698,04$ грн);

$\Phi_{мз}$ - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ($\Phi_{мз} = 205927,24$ грн/шт);

$\Phi_{пн}$ - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ($\Phi_{пн} = 203381,19$ грн/шт);

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

$$E_{\phi} = ((238289,95 + 0,15 \cdot 205927,24) - (234698,04 + 0,15 \cdot 203381,19)) \cdot 2300 = 9139780,25 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [14, с.28]:

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

де $\Phi_{осн}$ - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ($\Phi_{осн} = 511294876$ грн);

$\Phi_{осз}$ - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ($\Phi_{осз} = 518218612$ грн);

$E_{ур}$ - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [14, с.28]:

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

$$E_{ур} = 2300 \cdot (238289,95 - 234698,04) = 8261393 \text{ грн;}$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{ок}} = \frac{518218612 - 511294876}{8261393} = 0,83 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Показники	Одиниця вимірювання	Величина	
		З	П
1	2	3	4
Річна програма випуску продукції	шт.	2300	2300
Кількість технологічного устаткування	шт.	18	16
Собівартість товарної продукції	грн	238289,95	234698,04
Чисельність промислово-виробничого персоналу:			
- всього	чол.	29	26
- основних робітників	чол.	24	21
Фондомісткість продукції	грн/шт	205927,24	203381,19
Умовна річна економія	грн	-	8261393
Річний економічний ефект	грн	-	9139780,25
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	0,83
Місячна заробітна плата основних робітників:			
- очищувальники	грн	16453,71	16453,71
- розмічувальники	грн	16793,28	16793,28
- різальники	грн	18357,54	16380,58
- вальцювальники	грн	16497,44	16497,44
- свердлильники	грн	16574,25	16574,25
- складальники	грн	22010,31	18820,41
- зварювальники	грн	24880,67	19514,25
- зачищувальники	грн	16511,04	16511,04
- контролери	грн	19234,22	19234,22
- транспортувальники	грн	18927,72	18927,72

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Джерела та оцінка мікроклімату робочої зони при виконанні зварювання

Мікроклімат виробничих приміщень – це умови внутрішнього середовища цих приміщень, що впливають на тепловий обмін працюючих з оточуючим середовищем. Мікроклімат є одним з основних факторів виробничого середовища, який визначає тепловий стан організму людини в процесі праці [15, с.99].

Мікрокліматичні умови зварювальних (виробничих) приміщень характеризуються наступними параметрами [15, с.99]:

- температурою повітря ($^{\circ}\text{C}$),
- відотною вологістю повітря (%),
- швидкістю руху повітря (м/с),
- інтенсивністю теплового (інфрачервоного) опромінювання (Вт/м^2) від поверхонь обладнання та активних зон технологічних процесів.

Мікроклімат істотно впливає на самопочуття та працездатність людини. Так, тривала дія високої температури повітря, що присутня при виконанні зварювальних робіт, при одночасному підвищенні його вологості призводить різноманітних фізіологічних змін в роботі організму людини – порушення обміну речовин та роботи серцево–судинної системи, порушення функціонування внутрішніх органів (печінки, шлунка, жовчного міхура, нирок) і роботи системи дихання, центральної та периферійної нервових систем. При підвищенні температури значно збільшується потовиділення і, як наслідок, відбувається різке порушення водно-сольового обміну [15, с.99].

Негативні зміни в організмі людини при підвищенні температури безумовно відбиваються і на її працездатності. Так, збільшення температури повітря виробничого середовища з 20°C до 35°C призводить до зниження працездатності людини на 50-60% [15, с.99].

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Суттєві фізіологічні зміни в організмі відбуваються також при переохолодженні організму (гіпотермія). Тривала дія знижених температур призводить до появи таких захворювань як невралгія, суглобного та м'язового ревматизму, інфекційних запалювань дихального тракту тощо [15, с.100].

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюється відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень», які встановлюють оптимальні та допустимі параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат організму при виконанні робіт і періоду року, та з урахуванням виду робочого місця (постійне, непостійне) [15, с.100].

При санітарно-гігієнічному нормуванні умов праці виділяють два періоди року – теплий (середньодобова температура зовнішнього середовища $+10^{\circ}\text{C}$ та вище) та холодний (середньодобова температура зовнішнього середовища не перевищує 10°C); і два види робочих місць – постійне (працюючий знаходиться на робочому місці не менше 50% всього робочого часу, або не менше 2 годин безперервно) та непостійне [15, с.100].

Згідно ДСН 3.3.6.042-99 усі роботи залежно від загальних енерговитрат організму поділяються на три категорії – легкі роботи (категорія І), роботи середньої важкості (категорія ІІ) та важкі роботи (категорія ІІІ). У свою чергу кожна з робіт категорій І та ІІ діляться на дві підкатегорії – Іа та Іб, ІІа ІІб [15, с.100].

Температури внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля, захисні екрани, огорожуючих конструкцій і т. ін.) та зовнішніх поверхонь технологічного обладнання не повинні виходити більш ніж на 2°C за межі оптимальних температур повітря для даної категорії робіт [15, с.100].

Отже, у виробничих приміщеннях де працюють люди постійно треба слідкувати за параметрами мікроклімату – температурою, вологістю, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового опромінювання, так як від цього залежать різні умови, які відповідають за якість виконання робіт.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

5.2 Розрахунок вентиляційної панелі

Місцева витяжна вентиляція застосовується для вловлювання шкідливих речовин безпосередньо у місцях виділення. Пристрої місцевої витяжної вентиляції (місцеві відсмоктувачі) умовно можна поділити на відсмоктувачі відкритого та закритого типів.

Конструкція місцевих відсмоктувачів повинна забезпечувати максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом.

Основними чинниками при виборі типу місцевого відсмоктувача є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, токсичність), положення робітника при виконанні робіт, особливості технологічного процесу та устаткування.

У випадку напівавтоматичного зварювання у захисних газах найбільш технологічним способом вентиляції є застосування відсмоктувальної панелі, яка відноситься до місцевих відсмоктувачів відкритого типу.

Розрахунок механічної вентиляції проводять у наступному порядку: визначення найбільш раціонального способу вилучення або попередження утворення токсичних, пожежо- чи вибухонебезпечних концентрацій пароповітряних сумішей; визначення необхідної кількості повітря для обмінної вентиляції, виходячи із відомої кратності повітрообміну в приміщенні, кількості шкідливих речовин, які вилучаються з приміщення або надлишкового тепла, яке необхідно асимілювати до санітарно-допустимих норм; визначення кількості повітря, яке вилучається місцевими відсмоктувачами.

В даному випадку необхідно розрахувати об'єм повітря, що вилучається відсмоктувальною панеллю від автомату для зварювання деталей із шириною $B = 0,43$ м, і довжиною $A = 1,83$ м від передньої сторони напівавтомату панель

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знаходиться на відстані $l = 1,4$ м, а середина її знаходиться на висоті $H = 0,7$ м від верхньої площини автомату. Кількість тепла, яке виділяється від автомату, $Q = 5100$ ккал/год.

Об'єм повітря, що вилучається панеллю (рис. 5.1), визначаємо за формулою [16, с.98]:

$$L_n = c \cdot Q^{1/3} (H + B)^{5/3} (m^3/год), \quad (5.1)$$

де c – коефіцієнт пропорційності, що залежить від конструкції панелі та її розташування відносно джерела виділення тепла;

Q – кількість тепла, яке виділяється джерелом, ккал/год;

H – відстань від верхньої площини джерела до центру всмоктування панелі, м;

B – ширина джерела, м.

Коефіцієнт c для панелі без екрана визначається за формулою [16, с. 99]:

$$c = 240 \cdot \left(\frac{l}{H + B} \right)^{\frac{2}{3}}; \quad (5.2)$$

$$c = 240 \cdot \left(\frac{1,4}{0,7 + 0,43} \right)^{\frac{2}{3}} = 276.$$

Об'єм повітря, що вилучається панеллю становить:

$$L_n = 276 \cdot 5100^{1/3} \cdot (0,7 + 0,43)^{5/3} = 5824 (m^3/год).$$

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

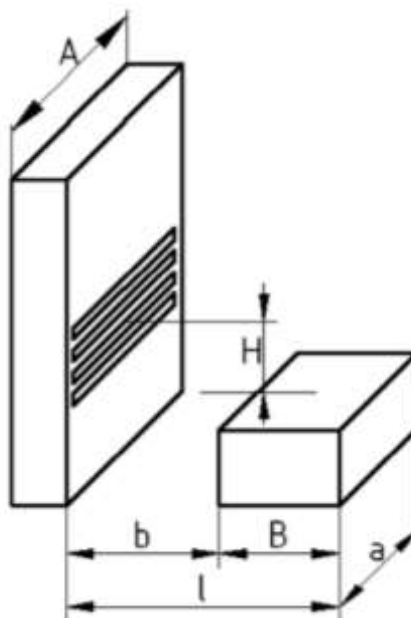


Рисунок 5.1 – Схема всмоктувальної панелі (односторонньої)

Таким чином, очищення повітря на зварювальній дільниці відбувається за допомогою односторонньої вентиляційної панелі розмірами 1,83х0,43 м, а продуктивність її складає 5824 м³/год.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Запропоновані вдосконалення технологічного процесу виготовлення модульного баку на відміну від базового стосуються заміни способу зварювання конструкції, з механізованого в захисних газах на автоматичне під флюсом, це підвищить продуктивність – процес повністю автоматизований та забезпечить повний провар, оскільки йде зварювання великих товщин. Крім цього потрібно здійснювати кантування конструкції, для забезпечення виконання зварювання в нижньому положенні.

Так як зварювання буде відбуватися під шаром флюсу, то в якості обладнання застосовуватиметься автоматична головка ГДФ-1001 в поєднанні із джерелом живлення КІУ-1201 компанії «KZESO».

Матеріалами будуть слугувати зварювальний дріт Св-08Г2С діаметром 5 мм та флюс марки АН-348-А.

Контроль якості зварних з'єднань буде виконуватися неруйнівним методом із використанням ультразвукового дефектоскопу ТОРАZ 16.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь 3сп. Довідник. Сталі вуглецеві нелеговані: веб-сайт. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-3sp/> (дата звернення: 23.05.2025).
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: 28.05.2025).
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: 28.05.2025).
6. Зварювальна головка ГДФ-1001. Зварювальні автомати: веб-сайт. URL: <https://kzeso.com/ua/catalog/electric-welding-equipment/machines-for-arc-welding-and-facing/gdf-1001/> (дата звернення: 30.05.2025).
7. Випрямляч зварювальний КІУ-1201. Зварювальні джерела живлення: веб-сайт. URL: <https://kzeso.com/products/welding-equipment/welding-rectifiers/vdu-1201k-kiu-1201-welding-rectifier/> (дата звернення: 30.05.2025).
8. Верстат плазмового різання з ЧПК 3015 KRIPTON CNC ROUTER. Плазмове різання ЧПК: веб-сайт. URL: <https://krypton.ua/ua/p964066585-stanok-plazmennoj-rezki.html> (дата звернення: 02.06.2025).
9. Гідравлічний вальцювальний верстат 3-валковий Cormak RM-S 3050/190. Промислове обладнання: веб-сайт. URL:

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<https://hydrolider.com.ua/ua/p2134903246-valtsovochnyj-stanok-valkovyj.html>
(дата звернення: 02.06.2025).

10. Радіально-свердлильний верстат WorkMan DP16R. Свердлильні верстати: веб-сайт. URL: <https://workman.com.ua/ua/191-radialno-sverdlylnyi-verstat-workman-dp16r/> (дата звернення: 02.06.2025).

11. Кутова шліфувальна машинка AEG WS 12-125. Мережеві болгарки AEG: веб-сайт. URL: https://storgom.ua/ua/product/uglovaia-shlifmashina-aeg-ws-12-125.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=18333396146&utm_content=&utm_term=&utm_id=&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA6aW6BhBqEiwA6KzDczuQDMXFwD5epzvbtzLhnCaM9ItXjfBU3Ag1AA NahD8K655pXOy39hoCAvgQAvD_BwE (дата звернення: 02.06.2025).

12. Ультразвуковий дефектоскоп TOPAZ 16. Ультразвуковий контроль: веб-сайт. URL: <https://industry.hlr.ua/ru/nodestructtest/ultrasonic-flaw-detection/ultrasonic-phased-array-method/manual-control/flaw-detector-topaz-16/> (дата звернення: 03.06.2025).

13. 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).

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

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

16. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Сторожук В.М. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 352с.

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.422.06.00.00.000.ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		