

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання

імені Є.О. Патона

Кафедра зварювального виробництва

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ
(підпис)

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему: «Технологія складання та зварювання балки буферної»

Виконав (-ла):

студент IV курсу, групи ЗВ-01

Антоненков Артемій Олексійович _____

Керівник:

Старший викладач, PhD,

Лисак Володимир Валерійович _____

Консультант з економічної частини:

Доцент, к.е.н.,

Глуценко Ярослава Іванівна _____

Консультант з охорони праці

Зав. каф., д.т.н., професор

Левченко Олег Григорович _____

Рецензент:

Доцент, к.т.н.,

Блощинин Михайло Сергійович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____
(підпис)

Київ – 2024

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона
Кафедра зварювального виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма – Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ
(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Антоненкову Артемію Олексійовичу

1. Тема проєкту «Технологія складання та зварювання балки буферної», керівник проєкту Лисак Володимир Валерійович, PhD, ст.викладач, затверджені наказом по університету від «30» травня 2024 р. № 2210-с
2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2024р.
3. Вихідні дані до проєкту Ескіз зварного виробу (додається). Матеріал виробу – сталь 09Г2С за ДСТУ 8541. Забезпечення рівномірності зварних з'єднань та відсутності недопустимих дефектів. Річна програма виготовлення виробу – 500 шт. Умови виготовлення – **цехові**, температура експлуатації – -40...+60 °С.
4. Зміст пояснювальної записки
Зробити конструктивно-технологічний аналіз буферної балки. Обґрунтувати вибір способів зварювання. Обрати зварювальні матеріали. Призначити зварні шви згідно нормативних документів. Розрахувати режими зварювання зварних швів і витрати зварювальних матеріалів, призначити параметри режимів зварювання. Обрати

устаткування для зварювання. Розробити технологічну послідовність складання-зварювання буферної балки. Адаптувати обране устаткування для складання і зварювання буферної балки. Виконати компонування установки для зварювання швів буферної балки. Призначити способи контролю якості зварних швів буферної балки. Спланувати розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі. Розробити економічну частину. Розробити заходи з охорони праці. Зробити загальні висновки до дипломного проекту.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)

- 1. Складальне креслення буферної балки (1 А1).
- 2. Схема технологічного процесу виготовлення буферної балки (1 А1).
- 3. Креслення пристрою для складання під зварювання буферної балки (2 А1).
- 4. Креслення установки для зварювання буферної балки (2 А1).
- 5. План виробничої площі для зварювання буферної балки (1 А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Економічна частина</i>	Глущенко Я. І., доц.		
<i>Охорона праці</i>	Левченко О. Г., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 30 травня 2024р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Вивчення і аналіз літератури за темою проекту	31 травня	
2	Систематизація матеріалів для включення до пояснювальної записки	02 червня	
3	Розробка технологічної частини проекту	05 червня	
4	Збір додаткових матеріалів, детальна розробка і обґрунтування проектних рішень	07 червня	
5	Оформлення графічного матеріалу	09 червня	
6	Остаточна літературна обробка тексту пояснювальної записки і підготовка доповіді на захист	13 червня	

Студент

_____ (підпис)

Артемій АНТОНЕНКОВ

Керівник проекту

_____ (підпис)

Володимир ЛИСАК

РЕФЕРАТ

Дипломний проект присвячений розробці технології та спеціального обладнання для високопродуктивного виготовлення буферної балки вагону. Робота складається з пояснювальної записки та креслень. Пояснювальна записка містить 75 сторінок друкованого тексту, 30 рисунків, 26 таблиці, 59 посилань та 12 додатків.

У роботі проведено аналіз конструкції та призначення буферної балки. Розглянуто її основні конструктивні елементи та габаритні розміри. Вироби виготовлено зі сталі 09Г2С за ДСТУ 8541, яка використовується для виробництва зварних металевих конструкцій підвищеної міцності та корозійної стійкості. Проаналізовано зварюваність даної сталі та визначено, що вона є добре зварюваною за умов контролю вмісту домішок та легуючих елементів. Обрано метод зварювання плавким електродом у вуглекислому газі та відповідні зварювальні матеріали.

Розроблено технологічний процес складання та зварювання балки з урахуванням сучасних методів автоматизації та механізації операцій. Виконано вибір верстатів для плазмового різання, правки, очищення поверхонь та гнуття заготовок. Передбачено застосування транспортних систем та спеціалізованої складально-зварювальної оснастки із базуванням деталей.

Спроектовано автоматизовану зварювальну систему для виконання поздовжніх напускних швів з використанням колони з рухомою балкою та поворотним пальником. Для поперечних поясних швів запропоновано систему з двостояковим кантувачем та двома зварювальними автоматами. Наведено опис роботи зварювальних установок для забезпечення високої продуктивності та якості зварних з'єднань. Виконано розрахунок потужності приводу кантувача.

Розроблено компонувальне рішення дільниці складання-зварювання з урахуванням логістики технологічного процесу та вимог безпеки. Передбачено зони для різних етапів виробництва, транспортні шляхи та допоміжні приміщення. Наведено заходи з охорони праці та техніки безпеки при зварюванні.

ABSTRACT

The project develops technology and special equipment for high-productivity manufacturing of a car buffer beam. The work includes an explanatory note and drawings. The explanatory note has 75 printed pages, 30 figures, 26 tables, 59 references, and 12 appendices.

It analyzes the buffer beam's design and purpose, examining its main structural elements and overall dimensions. The product is made of 09Г2С steel per ДСТУ 8541, used for welded metal structures with increased strength and corrosion resistance. The steel's weldability is analyzed, determining it's weldable if impurities and alloying elements are controlled.

Welding with a consumable electrode in carbon dioxide is chosen, and corresponding welding materials are selected. An assembly and welding process is developed, considering automation and mechanization methods. Machines for plasma cutting, straightening, surface cleaning, and blank bending are selected. Transport systems and specialized assembly-welding equipment with part basing are envisaged.

An automated welding system with a movable beam and rotary torch is designed for longitudinal butt welds. For transverse fillet welds, a system with a two-column turning roller and two welding machines is proposed. Descriptions of welding installations ensure productivity and weld quality. The turning roller drive power calculation is performed.

An assembly-welding section layout considers process logistics and safety requirements, providing production zones, transport routes, and auxiliary premises. Labor protection and welding safety measures are presented.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБУ.....	9
1.1 Призначення виробу.....	9
1.2 Опис конструкції виробі та ТУ на виготовлення.....	9
1.3 Опис технологічного процесу виготовлення виробу.....	19
2 РОЗРОБКА СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ОСНАСТКИ.....	28
2.1 Технічні вимоги до оснастки.....	28
2.2 Вибір технологічних баз та схема базування заготовок.....	28
2.3 Розробка принципової схеми пристрою.....	29
2.4 Компонування складально-зварювального пристрою.....	29
3 КОМПОНУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ.....	33
3.1 Обґрунтування вибору основного технологічного (зварювального) устаткування.....	33
3.2 Розрахунок потужності приводного двигуна двостоякового кантувача....	40
3.3 Опис роботи зварювальної установки.....	45
4 ПЛАНУВАННЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ СКЛАДАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ.....	47
4.1 Характеристика складально-зварювальних виробничих площ.....	47
4.2 Планування ділянки для складання-зварювання.....	48
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	50
5.1 Опис ідеї проекту.....	50
5.1.1 Опис ідеї стартап-проекту.....	50

5.1.2	Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї	51
5.2	Технологічний аудит ідеї продукту	52
5.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	53
5.4	Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту	55
5.5	Фактори загроз та можливостей	56
5.6	SWOT - аналіз стартап-проекту	59
5.7	Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту	60
6	ОХОРОНА ПРАЦІ	62
6.1	Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів.....	62
6.2	Нормативні вимоги безпеки та гігієни праці.....	66
6.3	Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці	70
6.4	Пожежна безпека	74
	ВИСНОВКИ.....	77
	СПИСОК ПИСИЛАНЬ	78
	ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Буферна балка є критичним елементом конструкції вагона, розташованим по його боках. Вона виконує функцію хордової балки коробчастої форми, амортизуючи та рівномірно розподіляючи навантаження під час зчеплення вагонів та гальмування. Завдяки своїй конструкції балка здатна витримувати значні зусилля при невеликій масі, забезпечуючи безпеку руху та цілісність вантажу.

Виготовлення буферних балок - складний технологічний процес, що вимагає високої точності операцій різання, гнуття, складання та зварювання. Від якості цих балок залежить надійність конструкції вагона, тому необхідне ретельне проектування технології та жорсткий контроль на всіх етапах виробництва.

Метою роботи є розробка технологічного процесу і спеціального обладнання для високопродуктивного виготовлення буферних балок з використанням сучасних підходів до зварювання, автоматизації та механізації операцій.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва буферної балки.

Предметом - способи підвищення продуктивності та якості виробництва шляхом застосування новітніх технологій зварювання, автоматизації та механізації.

Результати роботи можуть використовуватись для модернізації виробництва буферних балок та впровадження автоматизованих систем складання і зварювання відповідальних металоконструкцій.

1 КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИРОБУ

1.1 Призначення виробу

Буферна балка є важливим елементом в вагонобудуванні. Вона є важливим елементом конструкції вагонів - виконує роль хордової балки, що має коробчасту форму.

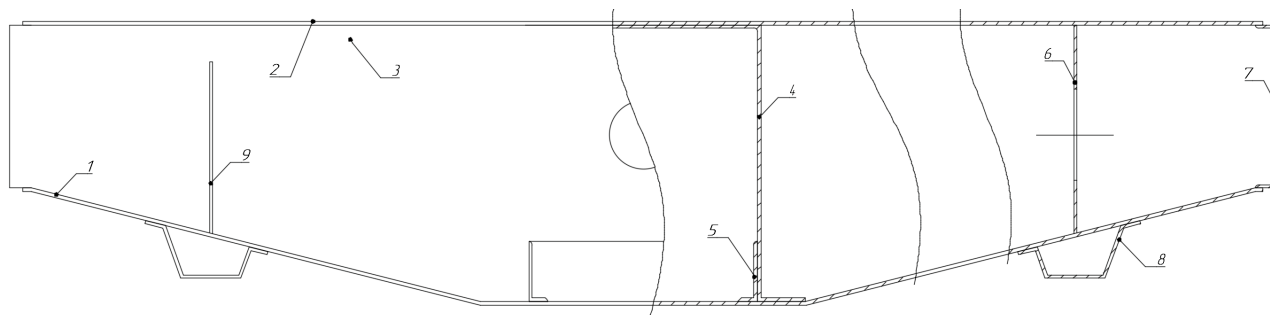
Балка встановлюється по обидва боки вагона і призначена для амортизації та розподілу зусиль під час зчеплення вагонів або гальмування складу. Завдяки цьому забезпечується безпека руху та зменшується ризик пошкодження вантажу.

Коробчата форма буферної балки забезпечує оптимальне співвідношення міцності та ваги. Це дозволяє витримувати значні навантаження при мінімальній металоємності виробу.

Буферна балка є невід'ємним елементом безпеки та надійності вагонів, рівномірно розподіляючи навантаження на раму та амортизуючи удари та зусилля.

1.2 Опис конструкції виробі та ТУ на виготовлення

Виділимо такі конструктивні елементи:



1 - нижня полиця, 2 - верхня полиця, 3 - бокова стінка, 2 шт.; 4 - П-подібний швелер, 5 - кутик 2 шт.; 6 - ребро жорсткості внутрішнє, 2 шт.; 7 - кришка бокова, 2 шт.; 8-основа 2 шт.; 9 - ребро жорсткості зовнішнє, 4 шт.

Рисунок 1.1 - Конструктивні елементи балки буферної

Габаритні розміри деталі: 2235×500×700 мм. Деталь працює в умовах помірно континентального м'якого клімату, витримує корозійний вплив сезонних погодних явищ, має забезпечувати роботу при температурах від -50 до +50 °С та стандартному атмосферному тиску 760 мм рт.ст.

Дана деталь є критичною конструкцією, оскільки її поломка може призвести до перебоїв в логістичних маршрутах, затримок руху поїздів та пошкодження вантажу, а в найгіршому випадку - до травм або смертей людей.

Деталь витримує динамічні і статичні навантаження під час руху вагону. Оскільки деталь не є стандартною, в якості основи використовується типовий лист сталі товщиною 12 мм.

Як основний матеріал вибрано низьколеговану будівельну сталь 09Г2С за ДСТУ 8541, яка використовується для виготовлення зварних металевих конструкцій з підвищеною міцністю та корозійною стійкістю. Цю сталь активно використовують для металевих конструкцій, вона не схильна до відпускнуї крихкості.[1]

Подамо хімічний склад сталі у вигляді таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 09Г2С [2]:

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	V	N	Cu	As
до 0.12	0.5 - 0.8	1.3 - 1.7	до 0.3	до 0.035	до 0.03	до 0.3	до 0.12	до 0.008	до 0.3	до 0.08

За хімічним складом сталь відноситься до низьковуглецевих ($C \leq 0,12\%$), низьколегованих сталей (вміст легуючих елементів $< 5\%$).

Подамо механічні характеристики у вигляді таблиці 1.2:

Таблиця 1.2 - Механічні характеристики сталі 09Г2С [1]

Клас міцності	Товщина листового прокату продукції, мм	Зріз сортового прокату, мм	Межа текучості, Н/мм ²	Тимчасовий спротив, Н/мм ² , не менше	Відносне видовження при розриві, %, не менше
265	20-160	20-100	265	430	21
295	20-32	20-32	295	430	21
325	10-20	≤20	325	450	21
345	≤10	≤10	345	480	21

1.2.1 Аналіз матеріалу конструкції до зварюваності

Проведемо аналіз сталі на зварюваність [3]:

Розрахунок схильності сталі до утворення гарячих тріщин:

$$HCS = \frac{C(S+P+0,04Si+0,04Ni)}{3Mn+Cr+Mo+V} = \frac{0,12(0,035+0,03+0,04*0,5+0,04*0,3)}{3*1,3+0,3+0,12} = 0.003 \quad (1.1)$$

Так як $HCS = 0,002 < 0,004$, за даним розрахунком видно, що сталь не схильна до утворення гарячих тріщин.

Розрахунок на схильність до утворення холодних тріщин:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} = 0,12 + \frac{1,3}{6} + \frac{0,3+0,12}{5} + \frac{0,3+0,3}{15} = 0.52; \quad (1.2)$$

Значення $C_{екв} = 0,52$ знаходиться за межами $0,4...0,45$, це означає, що при максимальному вмісті легуючих елементів та домішок будуть виникати холодні тріщини. Проте на практиці таке поєднання елементів малоімовірне, тому в заводських умовах варто контролювати склад сталі за сертифікатами.

Загалом, дану сталь можна назвати добре зварюваною, за умов середнього вмісту домішок та легуючих елементів.

1.2.2 Вибір способу зварювання

Виконаємо вибір методу зварювання. Основні параметри вибору: тип основного металу, товщина металу, довжина зварного шва, якість захисту області зварювання, продуктивність процесу зварювання, можливість автоматизації технологічного процесу. [5]

Для сталей з низьким вмістом вуглецю та низьколегованих сталей особливих проблем зі зварюванням немає, вони можуть зварюватися майже всіма методами зварювання, але з урахуванням економічності та вартості обладнання не всі методи є доцільними для використання для цієї групи сталей. Нижче в таблиці 1.3

наведені переважно рекомендовані [++], рекомендовані [+], обмежено рекомендовані [(+)], не рекомендовані [-] методи зварювання та зварювальні матеріали. [5]

Таблиця 1.3 - Рекомендації щодо вибору типового способу зварювання низьковуглецевих низьколегованих сталей [5]

Типові способи зварювання									
Плавким електродом					Неплавким електродом				
Е	УП	ІП	Ф	Ш	Г	ІН	П	ЕП	Л
+	++	(+)	++	++	+	(+)	(+)	(+)	(+)

Е – зварювання покритим електродом, УП – зварювання плавким електродом в вуглекислому газі та сумішах вуглекислого газу з киснем, ІП – зварювання плавким електродом в інертному газі та сумішах інертного газу з вуглекислим газом та киснем, Ф – автоматичне та механізоване зварювання під флюсом, Ш – електрошлакове зварювання Г – газове зварювання, ІН – зварювання неплавким електродом в інертних газах, П – плазмове зварювання, ЕП – електронно-променеве зварювання, Л – лазерне зварювання.

Розглянемо методи зварювання: УП, ІП, Ф, Ш. Враховуючи довжину зварного шва, ефективність зварювання, можливість автоматизації технологічного процесу, віддаємо перевагу методу зварювання плавким електродом у вуглекислому газі.

1.2.3 Вибір зварювальних матеріалів

Для УП, вибираються такі матеріали для зварювання: зварювальний дріт та захисний газ.

Задля запобігання утворенню тріщин, зварювальний дріт має бути хімічно схожим на основний метал та бути з підвищеним вмістом марганцю [3]. Обміднений зварювальний дріт Vulkan ER70S-6 має такі характеристики. Представимо хімічний склад дроту в таблиці 1.4:

Таблиця 1.4 - Хімічний склад зварювального дроту Vulkan ER70S-6 [3]

Хімічний склад, %							
C	Si	Mn	Cu	Ni	S	P	Cr
0,06 – 0,14	0,8 – 1,2	1,6 – 1,8	0,5	До 0,015	До 0,025	До 0,025	До 0,015

Сталь 09Г2С можна віднести до матеріалів з низькою хімічною активністю, тому допустимим є вибір CO₂ як активного газу струменевій формі захисту. Враховуючи що дама конструкція є відповідальною, необхідно обрати вуглекислий газ 1-го сорту для зварювання, оскільки в ньому менший вміст вологи. [5]

1.2.4 Підготовка кромки

Вибір типу з'єднань та підготовки кромки.

Зварювання обох швів буде проводитись в положенні РВ.

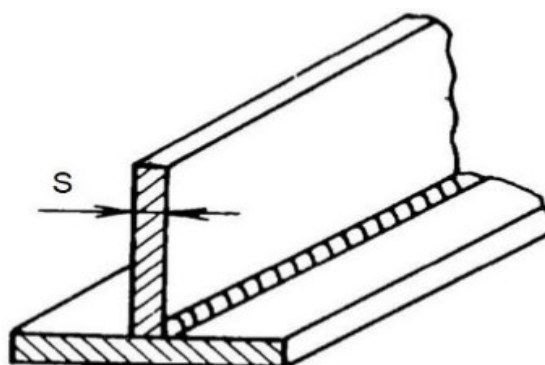


Рисунок 1.2 - Положення РВ

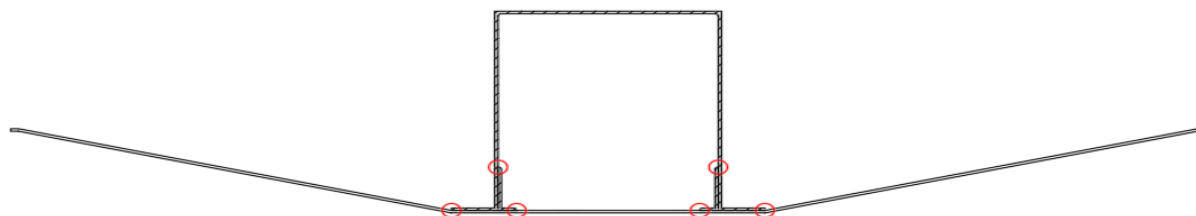


Рисунок 1.3 - Розташування зварного шву №2

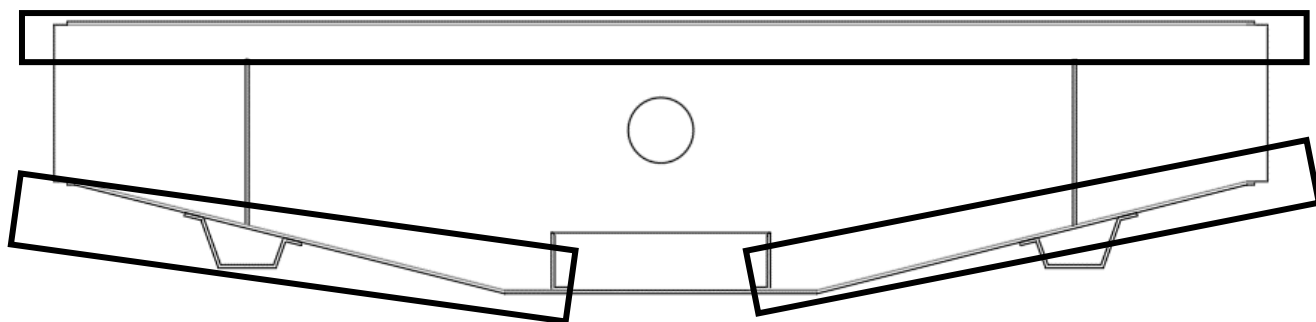


Рисунок 1.4 - Розташування зварного шву №5

Оберемо тип підготовки кромки та занесемо розміри в таблицю 2.5 [5,6]

Таблиця 1.5 - Розробка кромки для виконання зварного швів №2 та №5

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S=S1 мм	b, мм		K, мм
Підготовка кромки	Зварний шов			Номін.	Попер.	
		ISO 4063/131	12	0	+0,5	14,4 ⁺² -1
		ISO 4063/131	12	0	+0,5	14,4 ⁺² -1

1.2.5 Розрахунок параметрів режиму зварювання

Розрахуємо режими зварювання [6].

Шов №2

Глибина проплаву:

$$K = S = 12 \text{ mm}; h_p = 0,7 * K = 8,4 \text{ mm}; \quad (2.1)$$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{\text{е.д.}} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05h_p = \sqrt[4]{8,4} + 0,05 * 8,4 = 2,1 \text{ mm}; \quad (2.2)$$

Заокруглимо значення до стандартного значення, отже $d_{\text{е.д.}} = 2 \text{ mm}$;

Ширина шва:

$$e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{12^2 + 12^2} = 17 \text{ mm}; \quad (2.3)$$

Швидкість зварювання:

$$V_{\text{зв}} = K_v \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1150 * \frac{8,4^{1,61}}{17^{3,36}} = 2,6 \frac{\text{mm}}{\text{s}}; \quad (2.4)$$

де $K_v=1150$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту

Зварювальний струм визначається в залежності від розмірів шва:

$$I_{\text{зв}} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 480 * \frac{10,8^{1,32}}{20,3^{1,07}} = 384 \text{ A}; \quad (2.5)$$

де $K_I=480$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту

Зварювальна напруга:

$$U_{\text{зв}} = 14 + 0,05 * I_{\text{зв}} = 14 + 0,05 * 384 = 33,2 \text{ B}; \quad (2.6)$$

Виліт електродного дроту:

$$l_{\text{в}} = 10 * d_{\text{е.д.}} \pm 2d_{\text{е.д.}} = 25 \text{ mm}; \quad (2.7)$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{\text{е.д.}} = 0,53 * \frac{I_{\text{зв}}}{d_{\text{е.д.}}^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{I_{\text{зв}}^2}{d_{\text{е.д.}}^3} =$$

$$0,53 * \frac{384}{2,1^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{384^2}{2,1^3} = 57,2 \text{ mm}; \quad (2.8)$$

Витрати захистного газу:

$$q_{\text{з.г.}} = 0,2 * I_{\text{зв}}^{0,75} = 0,2 * 384^{0,75} = 17,4 \frac{\text{л}}{\text{хв}}; \quad (2.9)$$

Шов №5

Глибина проплаву

$$K \leq 1,2S = 14,4 \text{ mm}; h_p = 0,7 * K = 10,8 \text{ mm}; \quad (2.10)$$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{\text{е.д.}} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05h_p = \sqrt[4]{10,8} + 0,05 * 10,8 = 2,3 \text{ mm}; \quad (2.11)$$

Заокруглимо значення до стандартного значення, отже $d_{\text{е.д.}} = 2 \text{ mm}$;

Ширина шва:

$$e = \sqrt{K^2 + K^2} = 20,3 \text{ mm}; \quad (2.12)$$

Швидкість зварювання:

$$V_{\text{зв}} = K_v \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1150 * \frac{10,8^{1,61}}{20,3^{3,36}} = \frac{2,1 \text{ mm}}{\text{s}}; \quad (2.13)$$

де $K_v=1150$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту

Зварювальний струм. Визначається в залежності від розмірів шва:

$$I_{\text{зв}} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 480 * \frac{10,8^{1,32}}{20,3^{1,07}} = 443 \text{ A}; \quad (2.14)$$

де $K_I=480$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту

Зварювальна напруга:

$$U_{\text{зв}} = 14 + 0,05 * I_{\text{зв}} = 14 + 0,05 * 443 = 36,15 \text{ V}; \quad (2.15)$$

Виліт електродного дроту:

$$l_{\text{в}} = 10 * d_{\text{е.д.}} \pm 2d_{\text{е.д.}} = 25 \text{ mm}; \quad (2.16)$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$\begin{aligned} V_{\text{е.д.}} &= 0,53 * \frac{I_{\text{зв}}}{d_{\text{е.д.}}^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{I_{\text{зв}}^2}{d_{\text{е.д.}}^3} = \\ &= 0,53 * \frac{443}{2,3^2} + 6,94 * 10^{-4} * \frac{443^2}{2,3^3} = 55,6 \text{ mm}; \end{aligned} \quad (2.17)$$

Витрати захисного газу:

$$q_{\text{з.г.}} = 0,2 * I_{\text{зв}}^{0,75} = 19,3 \frac{\text{л}}{\text{хв}}; \quad (2.18)$$

Занесемо розрахунки в таблицю 1.6:

Таблиця 1.6 - Параметри режиму зварювання

1	Кількість проходів	135	Спосіб зварювання	2	Діаметр електроду	443	Зварювальний струм, А	36,15	Напруга на дузі, В	55,6	Швидкість подавання дроту мм/с	19,3	Витрати газу л/хв	7,56	Швидкість зварювання, м/год	= (-)	Рід струму, полярність
---	--------------------	-----	-------------------	---	-------------------	-----	-----------------------	-------	--------------------	------	--------------------------------	------	-------------------	------	-----------------------------	-------	------------------------

1.2.6 Технічні умови на виготовлення

Виробництво є дрібносерійним, умови виробництва – цехові. При виготовленні будемо дотримуватись норм СНиП III-18-75 (Правила виробництва і приймання робіт. Металеві конструкції). Ось основні вимоги [19]:

- Виготовлення металоконструкцій має виконуватися згідно проектної документації КМ та КМД з дотриманням високотехнологічних методів, максимальною механізацією робіт та застосуванням великогабаритних відправних елементів для спрощення монтажу. Необхідно керуватися інструкціями, посібниками, проектом виконання робіт та технологічними картами.
- Використовувана сталь повинна відповідати діючим стандартам, бути відсортованою, промаркованою за профілями та марками. Перед обробкою метал слід випрямити, очистити від окалини, бруду, мастил, вологи та інших забруднень.
- Для складання використовуються очищені від дефектів деталі та елементи. Не допускається зміна їх форми, не передбаченої технологією, чи залишкова деформація при транспортуванні. Зібрані на прихватках великогабаритні

конструкції без фіксаторів форми не можна переміщати краном. Прийняті під зварювання елементи, не зварені протягом 24 годин, потребують повторного контролю.

- Прихватки виконуються мінімального перерізу для розплавлення при нанесенні основного шва. Довжина прихваток - не менше 30 мм, відстань між ними - до 500 мм, катет не більше половини катета основного шва.
- Складання конструкції проводиться поетапним з'єднанням всіх елементів з підгонкою стиків, розсвердлюванням монтажних отворів та встановленням фіксаторів. Відправні елементи маркуються та розмічаються.
- Перший та кожен десятий екземпляр конструкцій, виготовлених за кондукторами, підлягає контрольному складанню для перевірки відповідності КМД.
- Зварювання металоконструкцій виконується високопродуктивними механізованими способами згідно розробленого та контрольованого технологічного процесу для забезпечення необхідної геометрії швів та механічних властивостей з'єднань.
- Зварювання проводиться зі стабільним режимом, встановленим технологією, з допустимими відхиленнями: струм $\pm 5\%$, напруга дуги $\pm 5\%$.
- Зварювання металоконструкцій розпочинається після перевірки правильності їх складання.

1.2.7 Технічні умови контролю якості

Перевірка якості зварних швів здійснюється з метою виявлення недоліків, визначених стандартом ДСТУ ISO 5817, із застосуванням фізичних методів контролю. Процес контролю відбувається на різних етапах виробництва: попередній контроль якості матеріалів, міжопераційний контроль під час складально-зварювальних робіт та вихідний контроль готової продукції.

Контроль якості зварних швів є важливим етапом у процесі зварювання. Для виявлення дефектів застосовуються такі методи, як ультразвукова дефектоскопія та просвічування проникаючим випромінюванням. Якщо при перевірці знайдено недоліки, їх необхідно усунути відповідними способами.

Перерви та кратери у шві заварюються повторно. Шви з іншими дефектами, що перевищують допустимі норми, видаляються на ділянці дефекту та по 15 мм з кожного боку, після чого заварюються знову. Підрізи основного металу, які не відповідають нормам, зачищаються та заварюються з подальшим вирівнюванням переходу від наплавленого до основного металу.

У разі виникнення залишкових деформацій конструкцій після зварювання, що перевищують допустимі величини, необхідно провести їх виправлення шляхом термічного, механічного або термомеханічного впливу. Дотримання належних методів контролю та виправлення дефектів зварних з'єднань забезпечує високу якість зварювальних робіт.

1.3 Опис технологічного процесу виготовлення виробу

Виробничий цикл виготовлення конструкцій можна розділити на кілька ключових етапів: розробка проекту, підготовка заготовок, транспортування матеріалів, складальні та зварювальні операції, а також контроль якості готової продукції. Послідовність виконання цих операцій буде детально описана нижче. Слід зазначити, що для забезпечення ефективного виробництва необхідно впроваджувати механізацію не лише для зварювальних робіт, а й для інших виробничих процесів.

1.3.1 Проектувальний етап

На етапі проектування відбувається розробка конструктивного дизайну балок з урахуванням інженерних вимог та специфікацій. За допомогою креслень

визначаються параметри, форма та розташування діафрагм. Також встановлюються основний матеріал, комплект конструктивних елементів та необхідне обладнання.

Для виготовлення балки на складі повинні знаходитись відповідні металеві напівфабрикати. У цьому випадку потрібно мати три листи металу $\frac{12 \text{ ДСТУ 8540:2015}}{09Г2С \text{ ДСТУ 8541}}$ стандартних розмірів 2400x2000x12 мм. З цих листів за допомогою плазмового різання буде вирізано всі необхідні деталі для подальшої механічної обробки.

1.3.2 Технології і обладнання заготівельного етапу

Перед тим, як розпочати складальні та зварювальні операції, необхідно провести підготовку напівфабрикатів до переробки на конструктивні елементи. Металеві листи мають пройти процес вирівнювання, щоб усунути будь-які нерівності на поверхні, які могли виникнути під час транспортування. Це забезпечить високу точність різання. Для вирівнювання металевих листів використовується спеціальне обладнання - машина для вирівнювання листового металу.

У даному випадку доцільно застосувати машину моделі Roundo PRH R310.

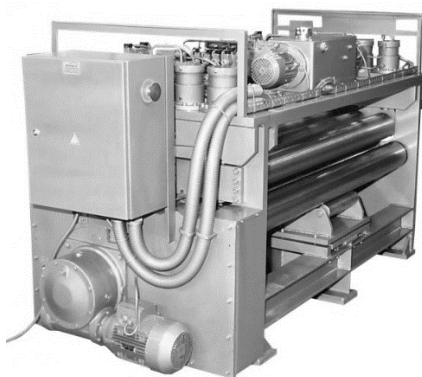


Рисунок 1.5 - Roundo PRH R310

Дана машина має такі технічні характеристики (табл.1.7):

Таблиця 1.7 - Технічні характеристики листопрямильної машини Roundo PRH R310 [8]

Типорозмір	Поперечний переріз сталевго листа з межею текучості 350 Н/мм ² , мм	Діаметр прямих валків, мм	Діаметр затискних валків, мм	Потужність, кВт	Механічний привід	Гідролічний привід
310	2500x13	310	200	18,5	-	х

Після правки листів, наступним кроком є надання деталям необхідних геометричних розмірів та форми шляхом різання. З огляду на автоматизацію виробничого процесу, доцільно використовувати верстат плазмового різання. У даному випадку оптимальним вибором буде верстат ESAB SUPRAREX SXE-P1 4500.

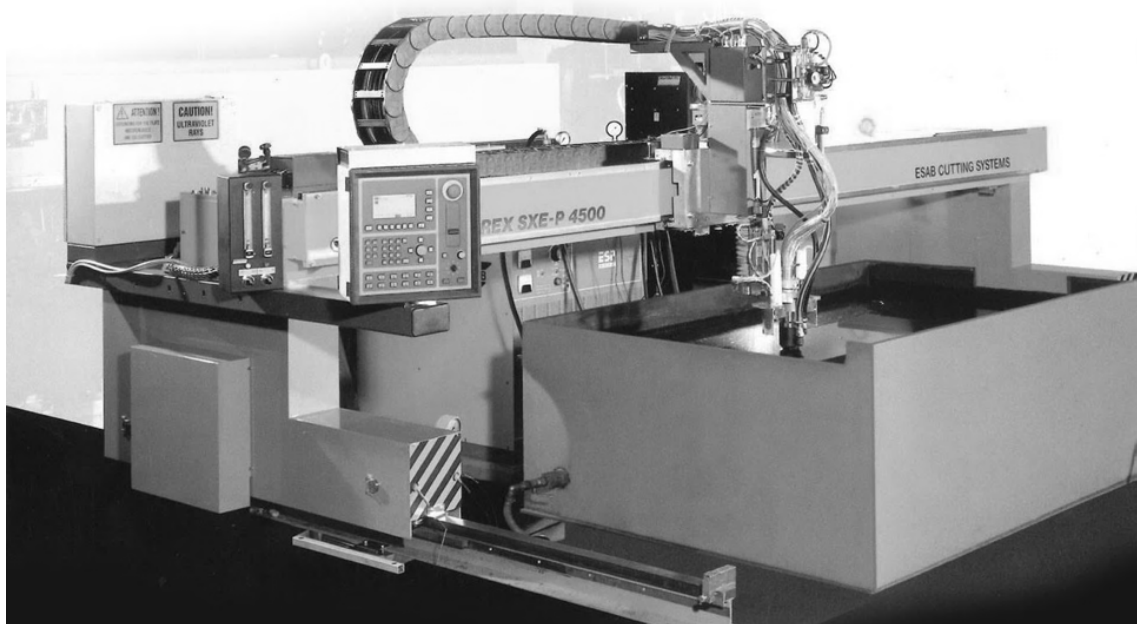


Рисунок 1.6 - Верстат плазмового різання ESAB SUPRAREX SXE-P1 4500

Це обладнання має такі технічні характеристики (табл.1.8):

Таблиця 1.8 - Технічні характеристики верстату плазмового різання ESAB SUPRAREX SXE-P 4500 [9]

Поздовжній хід осі X, мм	Поперечний хід осі Y, мм	Ріжуча здатність, мм	Джерело плазми	Газовий різак	Маса, кг
13000	3500	200	Esab ESP-200	1х плазма	2500

Оскільки поверхні металевих листів в подальшому підлягатимуть зварювальним роботам, їх необхідно ретельно очистити від забруднень, таких як ґрат, окалина, задирки та інші сторонні речовини. Для якісної підготовки поверхонь доцільно використати дробеструминну установку з роликовим конвеєром. У даному випадку можна застосувати модель Roller Conveyor Shot Blast Machine Type G типорозміру RB 3000G.

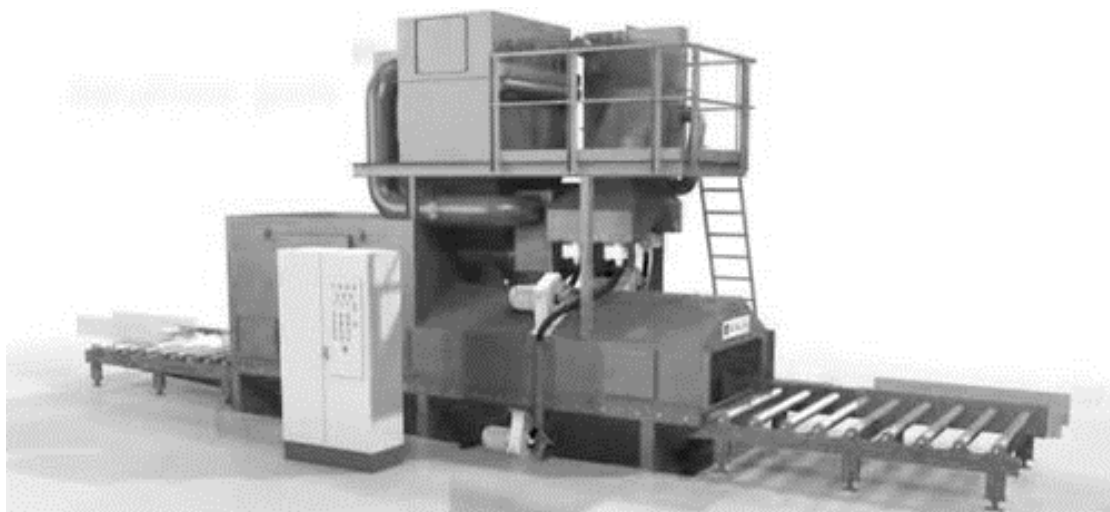


Рисунок 1.7 - Roller Conveyor Shot Blast Machine Type G RB 3000G

Це обладнання має наступні технічні характеристики (табл. 1.9):

Таблиця 1.9 - Технічні характеристики дробеструйної машини Roller Conveyor Shot Blast Machine Type G з типорозміром RB 3000G [10]

Ширина входу машини, мм	Висота входу машини, мм	Робоча швидкість, м/хв	К-ть піскоструйних коліс	Потужність на колесо вибуху, кВт	Крок ролика, мм	Альтернативний крок, мм
3300	550	0,8-2,5	6/8	11/15/18,5	800	400

Після, очистки напівфабрикати направляються до листозгинальної машини. Машина надає форму таким деталям як: нижня полиця, П-подібний швелер, кутик, кришка бокова та основа. Гідравлічна листозгинальна машина Anhui Yawei може згинати листи 12 мм шириною 3200 мм.[59]



Рисунок 1.8 - Гідравлічна листозгинальна машина Anhui Yawei

1.3.3 Обладнання для транспортувальних операцій

Впровадження повністю автоматизованих виробничих ліній було б неможливим без належної системи транспортування компонентів та

напівфабрикатів. Скорочення або повне виключення ручної праці досягається завдяки використанню спеціалізованих транспортних пристроїв. Вдалий підбір конфігурації таких пристроїв є критично важливим для оптимальної організації робочого простору та безперебійної механізації процесів. У розглянутому випадку доставка вантажів в межах цеху здійснюватиметься за допомогою підвісного крана, обладнаного магнітними захватами-траверсами. Також доцільним буде використання самохідного електричного візку для дрібних деталей.



Рисунок 1.9 - Мостовий кран

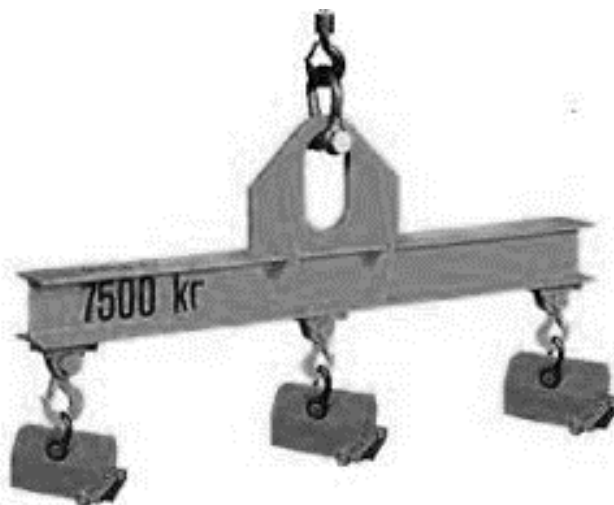


Рисунок 1.10 - Траверса магнітна



Рисунок 1.11 - Електричний самохідний візок

1.3.4 Вибір технологій складально-зварювальних операцій

Виготовлення коробчастих балок передбачає орієнтацію на типові технологічні послідовності. Методика складання і зварювання залежить від специфіки виробництва. Можливі варіанти - складання за розміткою на стелажах або на потокових лініях. Серійний випуск коробчастих балок типово здійснюється на механізованих потокових лініях.

Такі лінії зазвичай облаштовані спеціалізованими позиціями з пневмоштовхачами, човниковими візками для переміщення балки між робочими позиціями, кантувачами, зварювальним обладнанням, порталами із захватами для листів, а також мостовим краном для маніпуляцій з балкою.

Для зварювання поясних швів використовується метод одночасної роботи двох автоматів, забезпечуючи високу продуктивність. Застосовуються комплексні установки із зварювальними апаратами, маніпуляторами та кантувачами.

Технологічна послідовність виготовлення балки:

Спрямування металевих напівфабрикатів з місця зберігання на відповідні місця виготовлення конструктивних елементів



Готові конструктивні елементи укласти неподалік місця складання- зварювання



Встановлення основи у відповідному місці складання-зварювання



Встановити П-подібний швелер



Встановити всередину кутики (2 шт.)



Зварювання між собою

[Сформовано зварний вузол ЗВ01]



Встановити нижню полицю



Встановити зварний вузол ЗВ01



Приварити до основи



Встановити ребра жорсткості внутрішні (2 шт.)



Приварити з дотриманням умов перпендикулярності

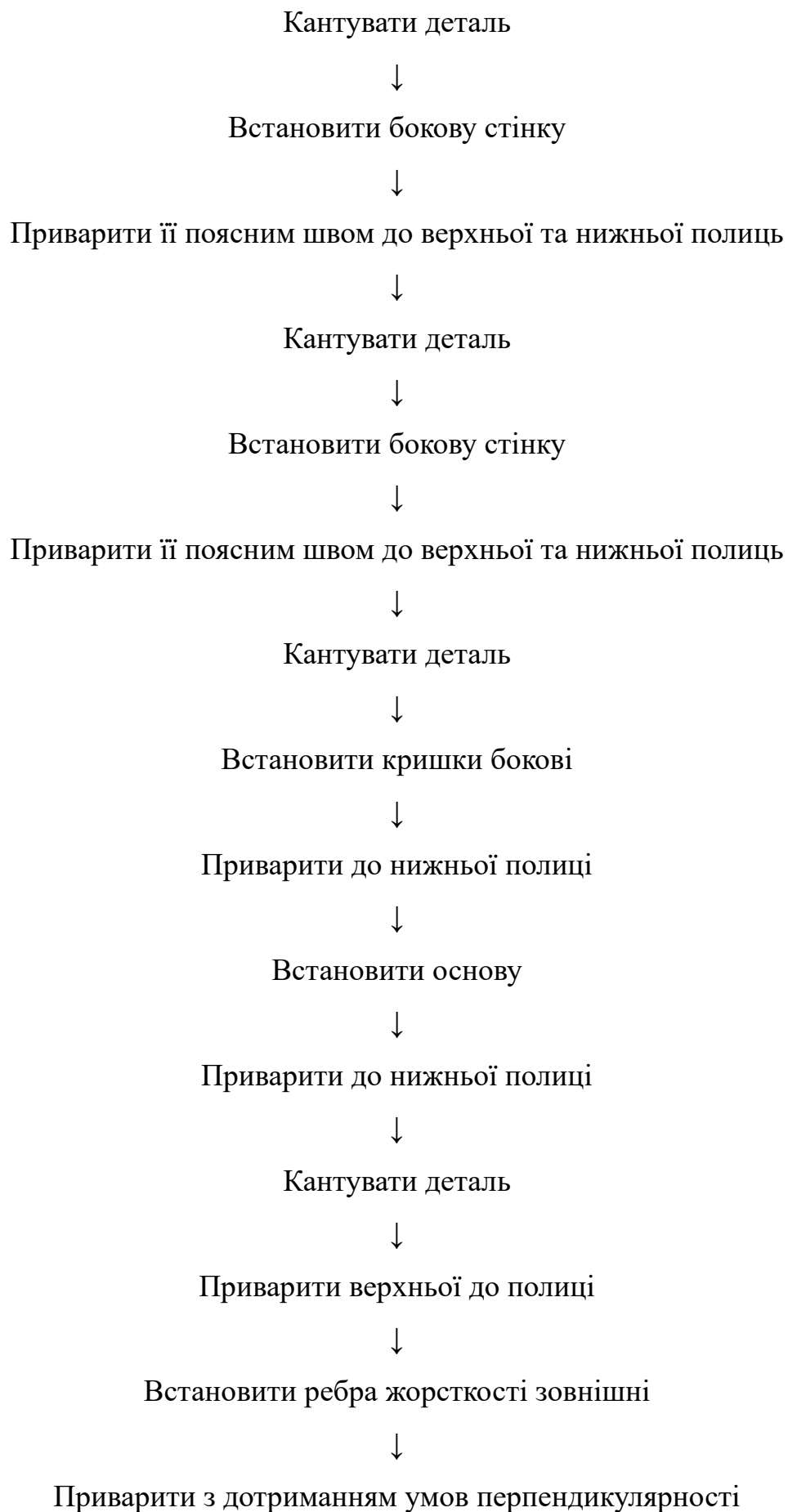


Встановити верхню полицю



Приварити її до ребер жорсткості та центрального вузла





2 РОЗРОБКА СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ОСНАСТКИ

2.1 Технічні вимоги до оснастки

Складально-зварювальна оснастка являє собою сукупність механізмів, пристроїв та спеціального інструментарію, необхідних для забезпечення заданого технологічного процесу. Це оснащення безпосередньо не виконує технологічних операцій, однак сприяє їх здійсненню та застосовується під час виробництва конкретних виробів або групи однотипних виробів. Для такого оснащення існують певні вимоги [17]:

1. точність складання за встановленими кресленнями допусків;
2. надійне фіксування зварювального виробу;
3. можливість зварювання в нижньому положенні;
4. у елементів пристрою забезпечення необхідної міцності та жорсткості;
5. виключення можливості заклинювання під впливом зварювальних деформацій;
6. вільне від'єднання виробу від пристрою;
7. можливість ремонту (можливість швидкої заміни швидкозносуваних деталей та відновлення точності пристрою).

2.2 Вибір технологічних баз та схема базування заготовок

Для точного з'єднання декількох деталей необхідне правильне їх розташування в складальних пристроях згідно з принципами базування. Оскільки вироби не мають циліндричних чи конічних поверхонь, базування здійснюється відносно плоских поверхонь. Базування призматичної заготовки по трьох площинах фіксує її положення, усуваючи шість ступенів свободи.

У зварних конструкціях найчастіше використовуються призматичні заготовки, де технологічними базами слугують три плоскі поверхні: установча, напрямна та опорна. Основною базою вважається площина з найбільшими

габаритами, яка забезпечує стабільне положення і усуває три ступені свободи. Решту ступенів свободи усувають за допомогою допоміжних баз - прямої та опірної поверхонь. Напрямна база обирається за найбільшою довжиною і фіксує два ступені свободи. Шостий ступінь свободи вилучається опірною базою.[17] Схема базування для швів №2 і №5 представлена на листі №1.

2.3 Розробка принципової схеми пристрою

На основі розроблених схем базування буде спроектоване спеціалізоване складально-зварювальне оснащення для виготовлення виробу "Балка буферна". Ми будемо застосовувати складальні пристрої, які сприяють підвищенню якості складання, що в результаті покращує якість зварних з'єднань. Конструкція оснащення повинна відповідати технологічним вимогам, забезпечувати можливість складання з необхідною точністю, дозволяти коректне розташування поверхонь деталей та надавати можливість дотримуватись послідовності операцій, описаної в розділі 2.2.4.

2.4 Компонування складально-зварювального пристрою

Оскільки в роботі розглядається два шви, то для кожного з них розроблено складальний пристрій.

Для шву №2 Розроблено стіл для складання та зварювання.

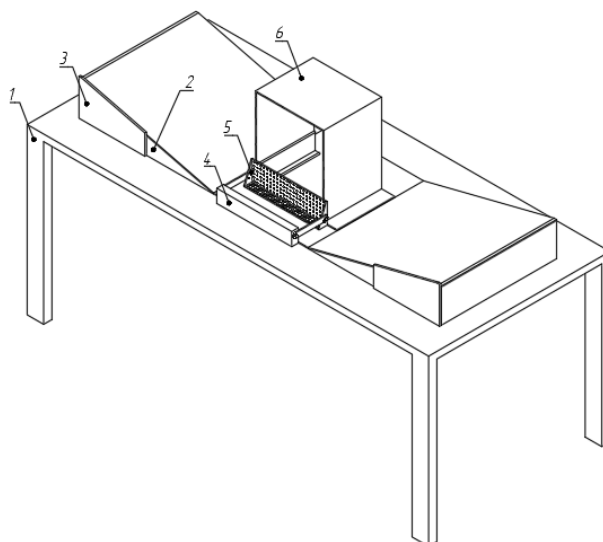


Рисунок 2.1 - Стіл для складання і зварювання

Стіл для складання та зварювання складається з таких елементів:

1 – стіл, 2 – трикутна основа для деталі, 2 шт; 3 – упор нижньої полиці, 2 шт; відводний упор, що складається зі 4 – стояка та 5 - упору, 6 – деталь, що зварюється.

Оскільки вузол ЗВ01 важить 60 кг, він не потребує інших засобів базування. Така конструкція дозволяє закріпити деталь, забезпечуючи щільне прилягання деталей.

Для шву №5 напівфабрикат встановлюється на технологічний стіл - 4, на платформу - 5, що забезпечує підтримку знизу, далі притискається пневматичними притискачами - 1 до упорів – 3 аби базувати деталь. За такої конфігурації, бокова стінка під своєю вагою базує себе. Після прихоплення, напівфабрикат кантується та встановлюється на симетричну платформу.

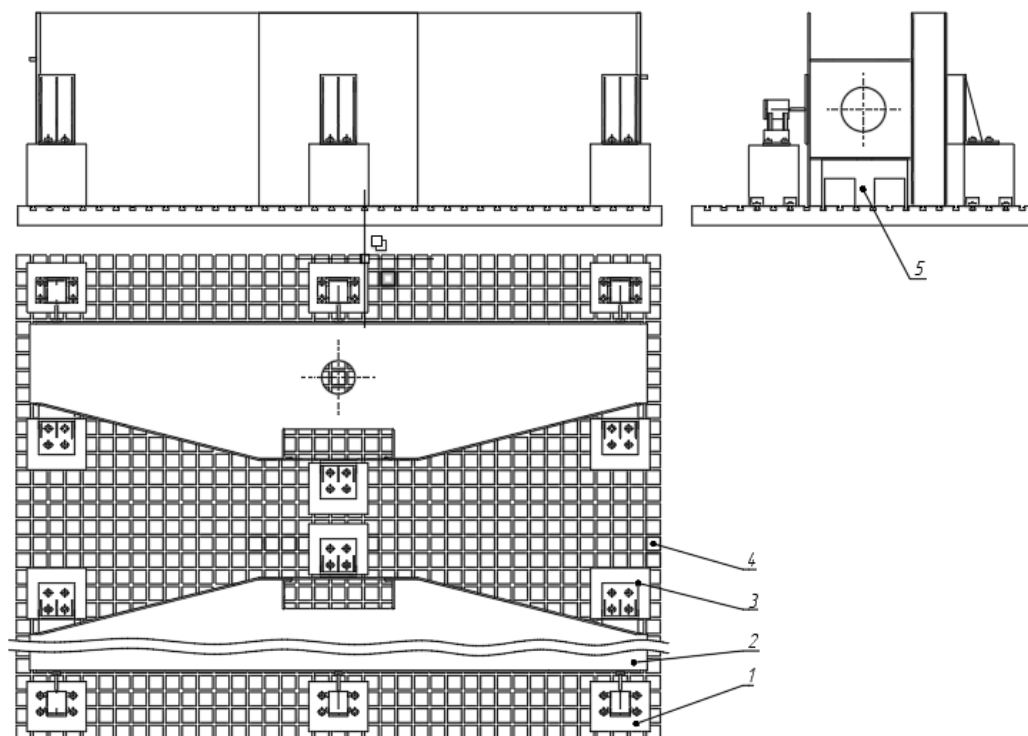


Рисунок 2.2 - Технологічний стіл

Для прихоплення обох швів виконується зварювальний напівавтомат PATON™ StandardMIG-270-400V.



Рисунок 2.3 - Зварювальний напівавтомат PATON™ StandardMIG-270-400

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики зварювального напівавтомату
PATON™ StandardMIG-270-400V [11]

Номинальна напруга мережі електроживлення, В	380/400
Номинальний струм, що споживається з мережі, А	12,0 ... 14,0
Номинальний зварювальний струм, А	270
Максимальний діючий струм, А	350
Тривалість навантаження (ТН)	55%
Межі зміни мережі електроживлення, В	±15%
Межі регулювання зварювального струму, А	12 - 270
Межі регулювання швидкості подачі дроту, м/хв.	2,0 ... 16

3 КОМПОНУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ

3.1 Обґрунтування вибору основного технологічного (зварювального) устаткування

Для виконання зварного шва №2 було розроблено спеціалізовану зварювальну систему (рис.3.1), яка складається з колони, встановленої на пересувному візку з рухомою балкою.

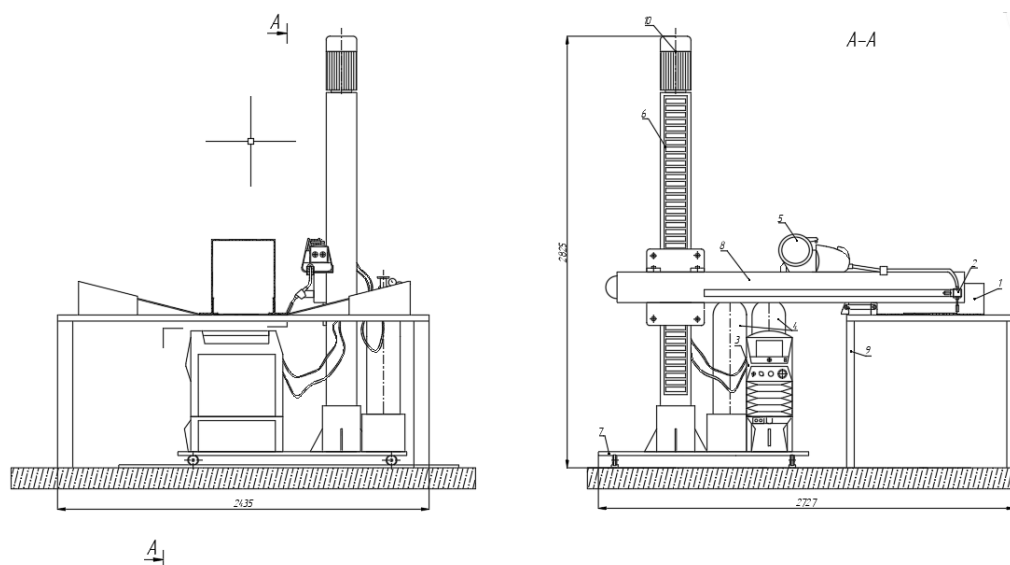


Рисунок 3.1 - Система для зварювання напускного шву №2

Дана скомпонована система складається з таких частин:

1 – Деталь, що зварюють, 2 – пальник з поворотним механізмом, 3 – зварювальний автомат, 4 – балони з газом, 5 – механізм подачі дроту, 6 – колона, 7 – візок, 8 – рухома балка.

Така конструкція дозволяє досягти високої продуктивності та якості зварних з'єднань завдяки наступним факторам:

Мобільність - наявність пересувного візка забезпечує можливість легко переміщати всю систему.

Доступ - рухома балка та поворотний пальник дозволяють легко позиціонувати зварювальне обладнання відносно деталі під необхідним кутом та на потрібній відстані.

Автоматизація - використання автоматизованого зварювального апарату та механізму подачі дроту сприяє підвищенню швидкості та стабільності процесу зварювання.

Ергономічність - колона з пальником на поворотному механізмі забезпечує зручність роботи оператора.

Переваги розробленої установки полягають у високій точності позиціонування та стабільній швидкості зварювання завдяки автоматизації процесу, що в кінцевому підсумку забезпечує високу якість зварних з'єднань.

Зварювальний автомат Fronius TPS 500i (рис.3.2) є оптимальним рішенням для даної системи завдяки його високій потужності та широкому діапазону регулювання параметрів зварювання (табл. 3.2). Цей автомат здатний працювати з різними типами зварювальних дротів та газових сумішей, забезпечуючи необхідну якість зварного шва. Крім того, він має компактні розміри та відносно невелику вагу, що дозволяє легко інтегрувати його в конструкцію системи.



Рисунок 3.2 - Зварювальний автомат Fronius TPS 500i

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики зварювального автомату Fronius TPS 500i [12]

Напруга мережі	3 x 400V
Частота мережі	50-60Hz
Зварювальний струм мінімальний	3 A
Зварювальний струм максимальний	500 A
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	500A / 40%
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	430A / 60%
Зварювальний струм / тривалість включення [10хв/40°C]	360A / 100%
Напруга холостого ходу	71 V

Апарат подачі дроту Fronius VR 5000 (рис. 3.3) є ідеальним компаньйоном для зварювального автомата Fronius TPS 500i. Він забезпечує стабільну та точну подачу зварювального дроту, що є критично важливим для отримання якісного зварного з'єднання. Апарат має високу продуктивність та надійність, що мінімізує ризик збоїв та простоїв під час зварювального процесу. Він може подавати дріт товщиною від 0,8 до 2 мм на відстань до 25 м. [19]



Рисунок 3.3 - Апарат подачі дроту Fronius VR 5000

Роботизований пальник (рис.3.4) є ключовим компонентом системи для шва №2, оскільки він дозволяє виконувати ідеально прямолінійні зварні шви з високою точністю та повторюваністю. Завдяки моторизованому приводу, пальник може бути встановлений під різними кутами, що забезпечує гнучкість налаштувань та можливість зварювання деталей різної конфігурації. Використання роботизованого пальника зменшує ймовірність людської помилки та підвищує стабільність зварювального процесу.



Рисунок 3.4 - Роботизований пальник Fronius

Враховуючи значну масу та габарити конструкції, для виконання складально-зварювальних робіт шву №5 доцільно використати двостояковий кантувач (рис.3.5).

Скомпонована система складається з:

1– Деталі, що зварюється, 2 – приводний стояк, 3 - неприводний стояк, 4 – візок неприводного стояка, 5 – візок колони, 6 – колона, 7 – двигун колони, 8 – шланги для газу, що під'єднані до газової мережі, 9 – зварювальний випрямляч, 10 – зварювальний автомат, 11 – котушка з дротом, 12 – контрвантаж, 13 – приводний механізм візка неприводної колони.

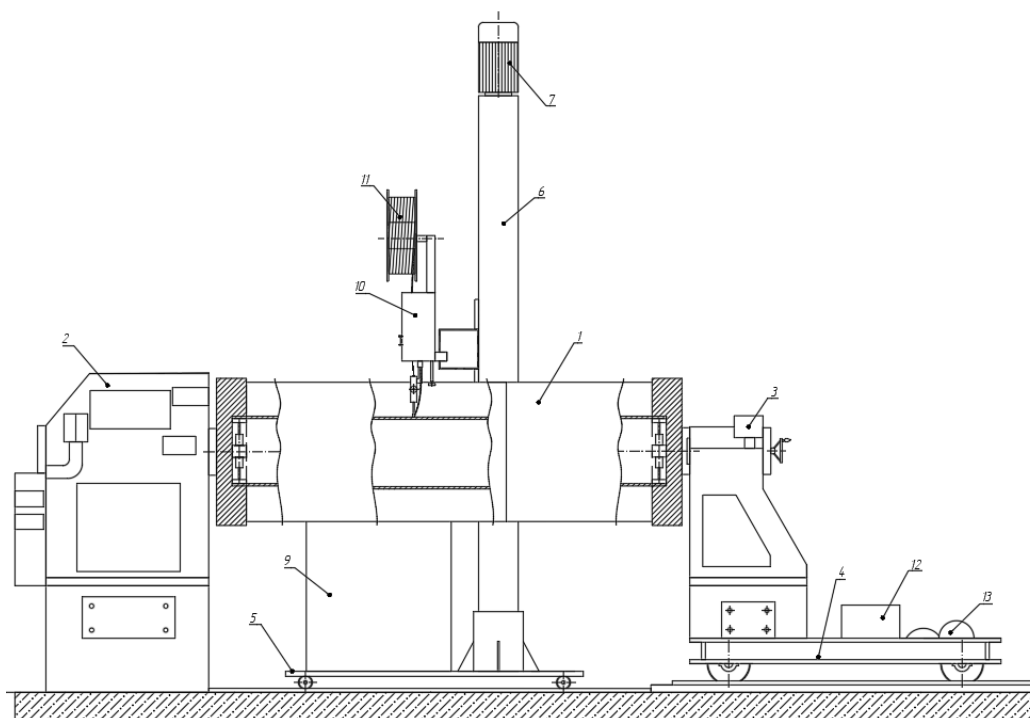


Рисунок 3.5 - Система для зварювання поясного шву №5

Ключовою перевагою даної системи є її мобільність та гнучкість налаштувань. Колона на пересувному візку може вільно рухатися вздовж балки, забезпечуючи зварювання поясного шва по всій довжині. Зварювальні апарати, встановлені на колоні, обладнані роликами, що дозволяє їм повторювати форму стінок балки під час руху, забезпечуючи високу якість зварного з'єднання.

Застосування автоматизованих зварювальних апаратів сприяє підвищенню продуктивності та стабільності процесу зварювання. Наявність контрвантажів та приводних механізмів забезпечує стійкість та точність позиціонування системи.

Також є важливим, те що конструкція ергономічна. Оператор може зручно контролювати процес зварювання, переміщуючись разом з системою завдяки її мобільності. Компактне розміщення всіх необхідних компонентів на одній конструкції спрощує експлуатацію та економить робочий простір у цеху.

Для зварювання шву №5 використано зварювальний автомат для дугового зварювання А-1406 (рис.3.6), з технічними характеристиками (табл. 3.3), удосконалений роликами та зварювальний випрямляч КІУ-501, технічні характеристики наведено у табл.3.4.

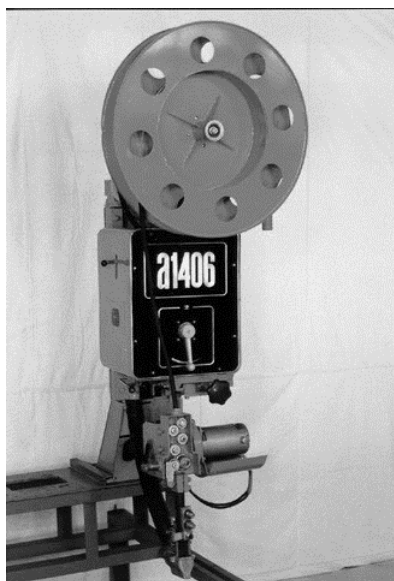


Рисунок 3.6 - Зварювальний автомат для дугового зварювання А-1406

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики зварювального автомату для дугового зварювання А-1406 [13]

Номінальний зварювальний струм, А	500 при ПВ = 60%
Діапазон регулювання зварювального струму, А	60 - 500
Кількість електродів, шт	1
Діаметр електродного дроту, мм:	
- суцільна під флюсом	1,6 - 2,0
- суцільна серед CO ²	1,2 - 2,0
- порошкова	2,0 - 3,0
Межі плавного регулювання швидкості подачі електродного дроту, м/год	17 - 553
Вертикальне переміщення зварювальної головки, хід, мм	500
Швидкість вертикального переміщення зварювальної головки, м/год	0,5



Рисунок 3.7 - Зварювальний випрямляч КІУ-501

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики зварювального випрямляча КІУ-501
[14]

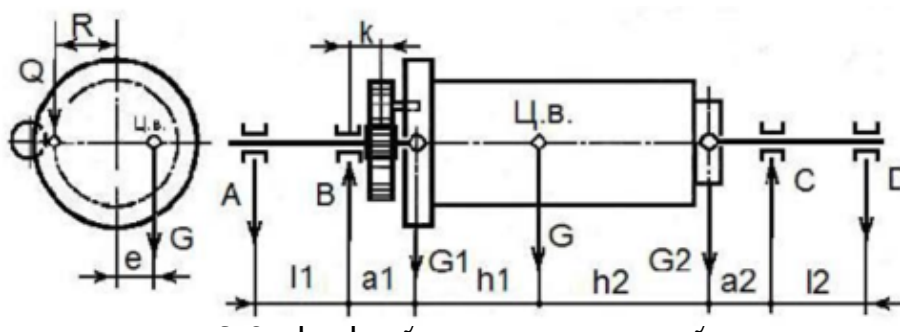
Номінальна мережна напруга,	3x380
Номінальна споживана потужність, кв	до 40
Частотність електрики мережі живлення, Гц	50
Зварювальний ном. Струм при ПВ 60%, А (при циклі зварювання 5 хв.)	500
Інтенсивність, ква	до 40
Напруга холостого ходу,	85
Електродна ширина, мм	2-6

3.2 Розрахунок потужності приводного двигуна двостоякового кантувача

Розрахунок проведено відповідно до [19]. У кантувачах даного типу частота обертання не регулюється і вибирається в діапазоні $n = 0,07 - 0,13$ об/с в залежності від габаритів виробу. Швидкість обертання може бути розрахована виходячи з колової лінійної швидкості виробу при обертанні. Дана лінійна швидкість зазвичай призначається в межах 16...25 м/хв. Таким чином, знаючи діаметр виробу, можна визначити необхідну швидкість обертання кантувача:

$$n = \frac{V}{\pi \cdot D}; \quad (3.1)$$

Розрахунок потужності приводного двигуна кантувача виконується на основі діючих на нього зусиль та моментів з урахуванням заданої швидкості



Призначимо кількісні значення геометричних параметрів кантувача:

Маса виробу: (3.2)

$$m := 600 \text{ kg} \quad \text{або} \quad G := g \cdot m = (5.88 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Прийmemo:

$$R := 0.3 \text{ m} \quad e := 0.8 \text{ m} \quad l1 := 1.7 \text{ m} \quad l2 := 1.6 \text{ m} \quad a1 := 0.9 \text{ m}$$

$$a2 := 0.7 \text{ m} \quad h1 := 1.7 \text{ m} \quad h2 := 1.9 \text{ m} \quad k := 0.7 \text{ m}$$

Потужність приводного двигуна визначаємо за виразом:

$$N_d = \frac{M_{кр} \cdot 2\pi n}{\eta_{пр}}; \quad (3.3)$$

де $\eta_{пр}$ – загальний ККД привода кантувача.

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_1 \cdot \eta_2; \quad (3.4)$$

η_1 – ККД циліндричного редуктора; η_2 – ККД черв'ячного редуктора.

Таблиця 3.5 - Значення ККД для передачі

Найменування	Значення ККД для передачі	
	закритої	відкритої
1. Зубчаста передача:		
циліндрична-	0,96...0,98	0,93...0,95
конічна-	0,95...0,97	0,92...0,94
косозуба-	0,85...0,92	-
2. Черв'ячна передача:		
однозаходна -	0,70...0,80	-
двозаходна -	0,75...0,85	-
трьохзаходна -	0,82...0,90	-
чотирьохзаходна -	0,87...0,92	-
гіперболоїдна -	0,85	-

$$\eta_1 := 0.95 \quad \eta_2 := 0.75 \quad \eta_{\text{пр}} := \eta_1 \cdot \eta_2 = 0.71 \quad (3.5)$$

Оскільки планшайби передньої та задньої бабки кантувача встановлені на шарнірних опорах, конструкцію можна розглядати як балку, вільно обперту на шарнірах цих бабок. У такому випадку маємо наступне:

$$G1 := G \cdot \frac{h2}{h1 + h2} = (3.11 \cdot 10^3) \text{ N} \quad (3.6)$$

$$G2 := G \cdot \frac{h1}{h1 + h2} = (2.78 \cdot 10^3) \text{ N} \quad (3.7)$$

Розрахунки проводимо окремо для передньої та задньої бабок кантувача.

Для передньої бабки максимальний крутний момент складатиметься з вантажного моменту та моменту тертя. При закріпленні зубчастого вінця на планшайбі вплив вантажного моменту не передається на шпindel:

Для передньої (приводної) бабки:

$$M_{\text{кр-п}} = M_{\text{тер-п}} \quad (3.8)$$

Для задньої (холостої) бабки:

$$M_{кр-х} = M_{тер-х} \quad (3.9)$$

Визначити ці параметри прямим розрахунком не вийде, тому скористаємось методом наближення.

Перше наближення

$$M_{тер_n1} := 0 \text{ N}\cdot\text{m} \quad M_{тер_x1} := 0 \text{ N}\cdot\text{m} \quad (3.10)$$

Колове зусилля, викликане крутним моментом в опорі А:

$$Q1 := \frac{M_{тер_n1}}{R} = 0 \text{ N} \quad (3.11)$$

При розміщенні ведучого зубчастого колеса в горизонтальній площині, вирази для визначення повних опорних реакцій матимуть наступний вигляд:

$$A61 := \left(G \cdot \frac{h2 \cdot (l1 + a1)}{l1 \cdot (h1 + h2)} \right) + \left(Q1 \cdot \frac{l1 + k}{l1} \right) = (4.75 \cdot 10^3) \text{ N} \quad (3.12)$$

$$B61 := \left(G \cdot \frac{h2 \cdot a1}{l1 \cdot (h1 + h2)} \right) + \left(Q1 \cdot \frac{k}{l1} \right) = (1.64 \cdot 10^3) \text{ N} \quad (3.13)$$

$$C := G \cdot \frac{h1 \cdot (l2 + a2)}{l2 \cdot (h1 + h2)} = (3.99 \cdot 10^3) \text{ N} \quad (3.14)$$

$$D := G \cdot \frac{h1 \cdot a2}{l2 \cdot (h1 + h2)} = (1.22 \cdot 10^3) \text{ N} \quad (3.15)$$

У небезпечному перерізі А діють згинальні моменти від сил G1 та Q.

Сумарний згинальний переріз А:

$$M_{32A61} := \left(G \cdot \frac{a1 \cdot h2}{h1 + h2} \right) + Q1 \cdot k = (2.79 \cdot 10^3) \text{ m}\cdot\text{N} \quad (3.16)$$

У небезпечному перерізі С діє згинальний момент від сили G2.

$$M_{32C1} := G \cdot \frac{h1 \cdot a2}{h1 + h2} = (1.94 \cdot 10^3) \text{ m}\cdot\text{N} \quad (3.17)$$

Еквівалентні моменти складаються зі згинальних та крутних моментів

$$M_{eA1} := \sqrt{M_{32A61}^2 + M_{тер_n1}^2} = (2.79 \cdot 10^3) \text{ m}\cdot\text{N} \quad (3.18)$$

$$M_{eC1} := \sqrt{M_{32C1}^2 + M_{тер_x1}^2} = (1.94 \cdot 10^3) \text{ m}\cdot\text{N} \quad (3.19)$$

У першому наближенні визначаємо діаметри шпинделя у небезпечних перерізах. Для цього визначимо допустимі напруження на згин. Оберемо для шпинделя Сталь 35ХМ.

Таблиця 3.6 - Визначення межі текучості сталей

Марка сталі	Межа текучості, МПа
35	270
40	400
45	540
40Х	750
35ХМ	790

$$\sigma_T := 790 \text{ МПа} \quad n_T := 5 \quad \sigma_D := \frac{\sigma_T}{n_T} = 158 \text{ МПа} \quad (3.20)$$

$$d_{A1} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{eA1}}{\pi \cdot \sigma_D}} = 0.05648 \text{ м} \quad d_{A1} := 57 \text{ мм} \quad (3.21)$$

$$d_{C1} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{eC1}}{\pi \cdot \sigma_D}} = 0.05005 \text{ м} \quad d_{B1} := d_{A1} \quad d_{C1} := d_{A1} \quad d_{D1} := d_{A1} \quad (3.22)$$

Для визначення моментів тертя приймемо, що всі опори виконані на підшипниках ковзання

$$f := 0.1 \quad (3.23)$$

$$M_{тер_n2} := 0.5 \cdot f \cdot (A\delta 1 \cdot d_{A1} + B\delta 1 \cdot d_{B1}) = 18.22 \text{ м} \cdot \text{Н} \quad (3.24)$$

$$M_{тер_x2} := 0.5 \cdot f \cdot (C \cdot d_{C1} + D \cdot d_{D1}) = 14.85 \text{ м} \cdot \text{Н} \quad (3.25)$$

Колове зусилля, викликане крутним моментом в опорі А:

$$Q2 := \frac{M_{тер_n2}}{R} = 60.74 \text{ Н}$$

Повні зусилля в підшипниках:

$$A\delta 2 := \left(G \cdot \frac{h2 \cdot (l1 + a1)}{l1 \cdot (h1 + h2)} \right) + \left(Q2 \cdot \frac{l1 + k}{l1} \right) = (4.84 \cdot 10^3) \text{ Н} \quad (3.26)$$

$$B\delta 2 := \left(G \cdot \frac{h2 \cdot a1}{l1 \cdot (h1 + h2)} \right) + \left(Q2 \cdot \frac{k}{l1} \right) = (1.67 \cdot 10^3) \text{ Н} \quad (3.27)$$

$$C2 := G \cdot \frac{h1 \cdot (l2 + a2)}{l2 \cdot (h1 + h2)} = (3.99 \cdot 10^3) \text{ Н} \quad (3.28)$$

$$D2 := G \cdot \frac{h1 \cdot a2}{l2 \cdot (h1 + h2)} = (1.22 \cdot 10^3) \text{ Н} \quad (3.29)$$

Сумарний згинальний момент в перерізі А:

$$M_{з\epsilon A62} := \left(G \cdot \frac{a1 \cdot h2}{h1 + h2} \right) + Q2 \cdot k = (2.84 \cdot 10^3) \text{ } m \cdot N \quad (3.30)$$

У перерізі С:

$$M_{з\epsilon C2} := G \cdot \frac{h1 \cdot a2}{h1 + h2} = (1.94 \cdot 10^3) \text{ } m \cdot N \quad (3.31)$$

Еквівалентні моменти, що діють в небезпечних перерізах складаються зі згинальних та крутних моментів

$$M_{\epsilon A2} := \sqrt{M_{з\epsilon A62}^2 + M_{тер_n2}^2} = (2.84 \cdot 10^3) \text{ } m \cdot N \quad (3.32)$$

$$M_{\epsilon C2} := \sqrt{M_{з\epsilon C2}^2 + M_{тер_x2}^2} = (1.95 \cdot 10^3) \text{ } m \cdot N \quad (3.33)$$

$$d_{A2} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{\epsilon A2}}{\pi \cdot \sigma_D}} = 56.7664 \text{ } mm \quad dA2 := 57 \text{ } mm \quad (3.34)$$

$$d_{C2} := \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{\epsilon C2}}{\pi \cdot \sigma_D}} = 50.0523 \text{ } mm \quad dC2 := 50 \quad (3.35)$$

Значення діаметра у другому наближенні змінилось на менш ніж 10%. Розрахунок припиняємо. Обираємо з ряду нормальних лінійних розмірів.

Таблиця 3.6 - ряд нормальних лінійних розмірів

1 ряд R _a , мм	10;10,5;11;11,5;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;24;25;26;28;30;32;34;36;38;40;42;45;48;50;53;56;60;63;67;71;75;80;85;90;95;100;105;110;120;125;130;140;150;160;170;180;190;200
------------------------------	---

$$dA := 60 \text{ } mm \quad dB := dA \quad dC := dA \quad dD := dA$$

Для визначення загального кратного моменту привода розрахуємо значення моментів тертя у приводній та холостій бабках з урахуванням обраних значень діаметрів шпинделя.

$$M_{тер_n} := 0.5 \cdot f \cdot (A62 \cdot dA + B62 \cdot dB) = 19.51 \text{ } m \cdot N \quad (3.36)$$

$$M_{тер_x} := 0.5 \cdot f \cdot (C2 \cdot dC + D2 \cdot dD) = 15.63 \text{ } m \cdot N \quad (3.37)$$

Сумарний крутний момент, дорівнюватиме сумі вантажного моменту на планшайбі та моментів тертя в приводній та холостих бабках:

$$M_{KP} := G \cdot e + M_{тер_х} + M_{тер_н} = (4.74 \cdot 10^3) \text{ } m \cdot N \quad (3.38)$$

Потужність приводного двигуна визначимо, обравши частоту обертання планшайби на маршовій швидкості:

$$n := 0.1 \cdot \frac{1}{s} \quad N := \frac{M_{KP} \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{\eta_{пр}} = 4.18 \text{ } kW \quad (3.39)$$

За цими параметрами підійде двигун AIP100L2 Потужністю 5.5 kW. ККД якого складає 88% при ковзанні у 5%.

3.3 Опис роботи зварювальної установки

Зварювання шву № 2 системою для зварювання напускних швів відбувається таким чином (рис.3.8): балка з пальником виставляється в положення 1. На зварювальному апараті виставляється режим зварювання та кут 45° під яким має варити пальник. Відбувається перший прохід. Далі колона перевозиться та виставляється пальник в положення 4 та 5. Потім балку переводять на положення 6, перевертають пальник на 90° і варять шов, після виставляють на положення 2 та 3. Порядок зварювання є таким, оскільки зменшує кількість переналаштувань положення пальника.

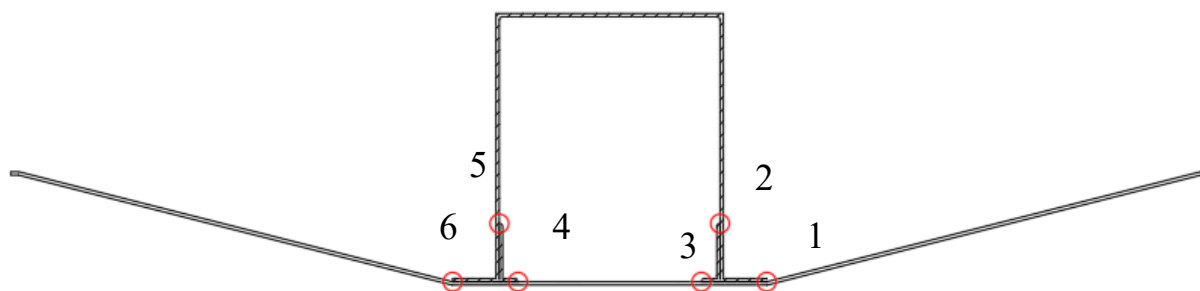


Рисунок 3.8 - Порядок зварювання швів

Для шву №5 послідовність виконання роботи є такою: спершу, за допомогою мостового крану з магнітним траверсом встановлюється напівфабрикат деталі в кріплення приводного та не приводного стояків. Туди ж закладається одна з двох бокових стінок. Деталі затискаються поршнями всередині кантувача. Далі виставляються пальники на початкову точку та починається зварювання. Після виконання шву, деталь кантується та дії повторюються.

4 ПЛАНУВАННЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ СКЛАДАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ

4.1 Характеристика складально-зварювальних виробничих площ

Складально-зварювальні виробничі площі для повинні мати відповідні характеристики для забезпечення ефективного та безпечного процесу виробництва. Перш за все, необхідно визначити загальну площу приміщення, яка буде достатньою для розміщення балки, а також висоту приміщення, що дозволить безперешкодно маніпулювати виробом. [20]

На виробничій площі мають бути чітко розмежовані зони для різних етапів виробництва. Зокрема, потрібні зони для складання балки з окремих елементів, зони для зварювальних робіт, які можуть бути обладнані стаціонарними або пересувними зварювальними постами, а також зони для контролю якості зварних швів. Крім того, необхідно передбачити окремі зони для проміжного та кінцевого складування виробів. [20]

Підлогове покриття на виробничій площі повинно бути міцним, рівним та неслизьким, щоб витримувати навантаження від балки та обладнання. Також доцільно нанести маркування для безпечного переміщення персоналу та транспортних засобів.

Важливим аспектом є забезпечення належної вентиляції для видалення зварювальних аерозолів та диму, а також достатнього загального та місцевого освітлення для якісного виконання робіт.

На виробничій площі мають бути передбачені транспортні засоби та підйомне обладнання, такі як кранове обладнання або інші засоби для переміщення та встановлення балки, а також навантажувачі та візки для переміщення елементів балки та допоміжних матеріалів.

Необхідно також забезпечити достатню потужність електропостачання для зварювального обладнання та інструментів, а також розвести повітряні, газові та інші комунікації для забезпечення зварювальних процесів.

Особливу увагу слід приділити засобам безпеки праці, включаючи наявність протипожежного обладнання та систем сигналізації, засобів індивідуального захисту для працівників (костюми, маски, окуляри), а також обмеження доступу сторонніх осіб до виробничої зони.

Нарешті, на виробничій площі мають бути передбачені допоміжні приміщення, такі як роздягальні, душові та санітарні вузли для персоналу, а також приміщення для зберігання інструментів, матеріалів та захисних засобів.

4.2 Планування ділянки для складання-зварювання

Відповідно до норм технологічного планування було розроблено планування цеху для складання-зварювання буферної балки (рис.4.1).

Згідно норм технічного проектування цехів [20], будівля має складатись з прольотів з кроком 12 м та шириною 18 м. Також має бути виділено по 2 м від стін будівлі до обладнання, між обладнанням 2 м, між складськими місцями і обладнанням також 2 м. Також враховано проїзд шириною 3м, в який може заїхати вантажне авто для доставки матеріалів та забору готової продукції.

Наступним кроком було розташування обладнання в приміщенні відповідно до технічної послідовності виготовлення балки. Дане компонування є найбільш оптимальним для цього цеху, оскільки враховує всі норми і водночас компактним, що позитивно впливає на процес виготовлення конструкції.

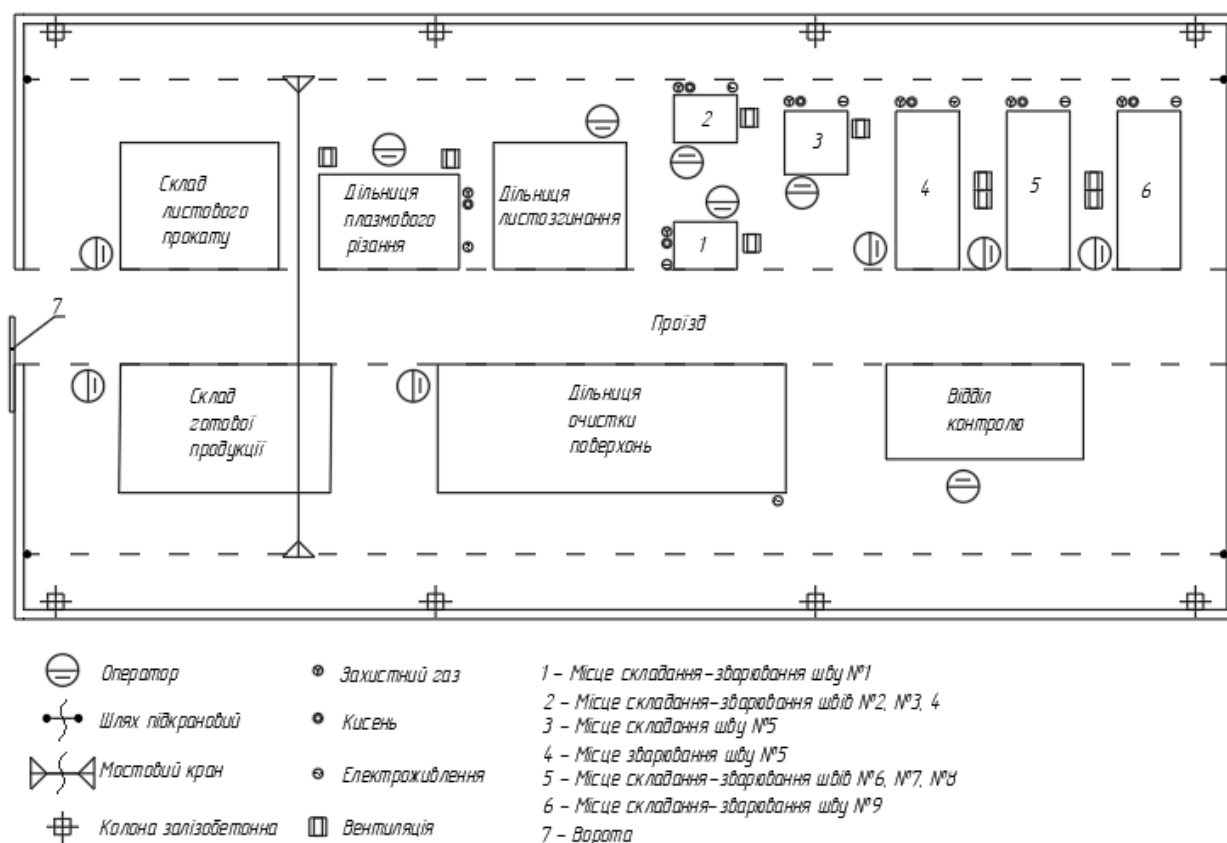


Рисунок 4.1 - Планування ділянки для складання-зварювання

5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Опис ідеї проекту

5.1.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї полягає у розробці нової, більш ефективної технології виробництва балок для машинобудівної галузі. Пропонується інноваційний підхід до процесу формування балок з листового металу, який включає удосконалені методи збірки виробів.

Основними напрямками застосування нової технології є виробництво балок для автомобілебудування, вагонобудування, а також інших галузей машинобудування, де використовуються металеві балки та профільні конструкції. Крім цього, розроблена технологія може бути адаптована для потреб суміжних секторів промисловості.

Користувачі товару (балок), виготовлених за новою технологією, отримують ряд вагомих переваг (табл. 5.1). Насамперед, це нижча собівартість продукції при одночасному підвищенні якості. Скорочується виробничий цикл та підвищується енергоефективність процесу. У машинобудівників з'являється можливість виготовляти високоякісні балки за конкурентною ціною.

Запропонована технологія відрізняється від традиційних способів виробництва балок за рахунок використання спеціально розробленого обладнання для складання і зварювання, що забезпечує пришвидшений та більш оптимізований процес. Це дозволяє знизити виробничі витрати, підвищити продуктивність праці та ефективніше використовувати матеріали та газ під час виробництва. Також покращуються міцнісні та експлуатаційні характеристики кінцевої продукції.

Таблиця 5.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки	Вигоди для користувача
Покращений процес зварювання балок з використанням розробленим спеціально для цього устаткування для складання і	Автомобілебудування	1. Зниження собівартості виробництва балок
	Вагонобудування	2. Підвищення продуктивності праці
	Інші галузі машинобудування	3. Скорочення виробничого циклу та його енергоефективність

5.1.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Проект має ряд конкурентів на ринку, таких як Метінвест, Ютем-маш та Київпрофметал.

Порівняно з Метінвестом, основними перевагами проекту є нижча вартість виробництва завдяки новій більш ефективній технології, вищі показники міцності та якості продукції, більша надійність виробів з точки зору безвідмовності та ремонтпридатності, використання новітніх технологічних рішень замість застарілого обладнання, а також екологічніший виробничий процес (табл. 5.2).

Стосовно Ютем-машу, обидва гравці демонструють високі показники якості та міцності продукції, проте запропонована технологія забезпечує вищу надійність виробів, ефективніший виробничий процес, нижчу собівартість та кращі екологічні характеристики.

Київпрофметал відстає за більшістю техніко-економічних показників - вартістю виробництва, якістю та міцністю продукції, надійністю виробів, рівнем технологій і екологічністю виробничих процесів. Новий проект має суттєві конкурентні переваги.

Таким чином, інноваційна технологія дозволяє оптимізувати виробничі витрати, підвищити якість та надійність продукції, застосувати сучасні

технологічні рішення та досягти кращих екологічних показників порівняно з наявними гравцями на ринку.

Таблиця 5.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			
		Мій проект	Метінвест	Ютем-маш	Київпроф- метал
1	Собівартість виробництва	S	N	W	W
2	Тривалість виробничого	S	N	S	N
3	Надійність	S	W	N	N
4	Технологічні	S	W	N	W
5	Екологічність	S	W	N	W
6	Ергономічність	S	N	S	W
7	Безпека	N	N	N	N

5.2 Технологічний аудит ідеї продукту

Товар (балки) виготовлятимуться за новою технологією ефективнішого зварювання з використанням спеціально розробленого устаткування для складання та зварювальних робіт.

Базові технології зварювання та металообробки існують. Однак саме спеціалізоване устаткування для реалізації вдосконаленого процесу збирання і зварювання балок потребує розробки та виготовлення.

Базові промислові технології зварювання та металообробки є загальнодоступними. Що стосується нового спеціалізованого устаткування, то його проектування та виготовлення повністю здійсненне авторами проекту після залучення необхідних ресурсів та виробничих потужностей. Отже, технологічна реалізація проекту є можливою (табл. 5.3). Основні існуючі промислові технології доступні, а розробку та виготовлення спеціального

обладнання для впровадження нової технології зварювання балок можна виконати в рамках проекту. Технологія створення продукту є здійсненою.

Таблиця 5.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Виробництво балок розробленим способом	Розроблена технологія	Наявна	Доступна після розробки
2		Класична технологія конкурентів	Наявна	Доступна

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Розроблена технологія (після її розробки)

Висновок: Реалізація ідеї проекту можлива шляхом розробки нової технології виробництва балок. Класична технологія конкурентів доступна, але вона не забезпечує тих самих переваг, які дає розроблена технологія (нижча собівартість, вища якість, скорочений виробничий цикл, енергоефективність).

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

5.3.1 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

На основі наданої інформації можна зробити наступні висновки щодо привабливості ринку для входження:

Попит на балки для машинобудування є стабільним і демонструє зростаючу динаміку на рівні 5-7 % щороку. Загальний обсяг продажів становить значну суму 1,5 млрд грн на рік. Це свідчить про наявність сталого попиту та потенціал для нових гравців.

На ринку присутні лише 3 основні компанії-виробники, що відкриває можливості для входження нових гравців та посилення конкуренції. Водночас,

потрібно враховувати високі бар'єри входу у вигляді значних інвестицій у виробництво та обладнання.

Середня рентабельність в галузі 12 - 15 % перевищує середні банківські ставки, що робить ринок привабливим для інвестицій (табл. 5.4).

Негативними факторами є необхідність дотримання жорстких вимог стандартизації, сертифікації якості, екологічних норм та норм безпеки, що потребує додаткових витрат.

Таблиця 5.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1,5 млрд грн/рік
3	Динаміка ринку	Зростає на 5-7% щороку
4	Наявність обмежень для входу	Висока вартість виробництва та обладнання, потреба в значних інвестиціях
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Дотримання стандартів якості, екологічних норм та норм безпеки
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	12-15%

В цілому, ринок балок для машинобудування можна вважати привабливим для входження за рахунок зростаючої динаміки, обмеженої кількості гравців, високої рентабельності та наявного попиту. Однак слід врахувати високі бар'єри входу та необхідність відповідати вимогам стандартизації та сертифікації продукції.

5.4 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Визначимо потенційні групи клієнтів для балок та їх вимоги:

1. Автомобілебудівні заводи та підприємства:

- Потребують балки високої міцності для виготовлення рам;
- Вимагають чітке дотримання стандартів та жорстких вимог до якості і безпеки;
- Прагнуть оптимізувати витрати на комплектуючі для зниження собівартості автомобілів;
- Важливі швидкість поставок та логістика задля безперебійного виробництва.

2. Вагонобудівники та виробники залізничної техніки:

- Потребують надійні міцні балки для рам та конструкцій вагонів;
- Висувають підвищені вимоги до терміну експлуатації та безвідмовності;
- Ціновий фактор є важливим за умови належної якості продукції.

Потенційні клієнти (табл. 5.5) є досить різнорідними за специфікою та вимогами до продукції. Але ключовими спільними критеріями є висока якість, міцність балок, надійність та безпека використання за конкурентною ціною.

Таблиця 5.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Потреба у якісних та міцних балках для машинобудування	1. Автомобільні заводи 2. Вагонобудівні підприємства	1. Пріоритет якості над ціною 2. Пріоритет ціни над якістю 3. Високі вимоги до міцності та надійності	- Висока якість та міцність - Конкурентна ціна - Дотримання стандартів

5.5 Фактори загроз та можливостей

Основними факторами загроз (табл. 5.6) для проекту з виробництва балок на ринку машинобудування є конкуренція, енергетичні та економічні ризики, політична нестабільність. Водночас існують можливості (табл. 5.7) через законодавчі зміни, інновації, вихід на нові ринки, зростаючий попит на екологічні технології та цифровізацію. Компанії потрібно буде реагувати шляхом вдосконалення технології, зниження витрат, диверсифікації продажів, виходу на експортні ринки, розвитку НДДКР та впровадження передових практик для нівелювання загроз та реалізації потенційних можливостей.

Таблиця 5.6 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Вихід на ринок нових гравців або зміцнення позицій існуючих конкурентів	Удосконалення технології, зниження цін
2	Перебої електрики	Порушення безперебійної роботи виробничих ліній через відключення електроенергії	Встановлення резервних джерел живлення, укладання угод з енергопостачальними компаніями
3	Економічні коливання	Скорочення інвестицій в машинобудівну галузь через кризові явища	Диверсифікація ринків збуту
4	Політична нестабільність	Ризики для ведення бізнесу через політичну ситуацію	Вихід на зовнішні ринки
5	Війна	Руйнування виробничих потужностей, порушення ланцюгів поставок, зниження попиту	Евакуація виробництва, пошук альтернативних постачальників, реорієнтація на експортні ринки

Таблиця 5.7 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливостей	Можлива реакція компанії
1	Законодавчі зміни	Пільги та преференції для виробників продукції машинобудування	Використання переваг для збільшення інвестицій
2	Інновації в технологіях	Розробка нових більш ефективних методів виробництва балок	Інвестування в НДДКР, патентування технологій
3	Розширення ринків збуту	Вихід на нові географічні ринки та сегменти машинобудування	Розробка стратегії виходу на нові ринки
4	Екологічні тренди	Зростаючий попит на екологічно чисту продукцію	Впровадження "зелених" технологій, сертифікація відповідності
5	Цифровізація	Можливість оптимізувати виробничі процеси та логістику через цифрові рішення	Інвестиції в цифрову трансформацію, автоматизацію

5.6 SWOT - аналіз стартап-проекту

SWOT - аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
- Нова ефективна технологія виробництва балок - Низька собівартість продукції - Висока якість та міцність балок - Скорочений виробничий цикл - Енергоефективність	- Високі початкові інвестиції у виробниче обладнання - Відсутність досвіду роботи на ринку - Необхідність налагодження каналів збуту - Брак кваліфікованого персоналу досвіду роботи на ринку
Можливості	Загрози
- Законодавчі пільги для машинобудування - Розробка інноваційних технологій - Розширення на нові ринки - Попит на екологічно чисту продукцію - Цифрова трансформація виробництва	- Конкуренція з боку існуючих гравців - Перебої електрики - Економічні коливання та кризові явища - Політична та воєнна нестабільність

SWOT - аналіз стартап-проекту з виробництва балок для машинобудування допоміг виявити ключові сильні та слабкі сторони, можливості та загрози, на які слід зважати під час формування стратегії виходу на ринок.

Результати аналізу сильних сторін, таких як інноваційність технології, низька собівартість, висока якість та екологічність продукції, будуть використані для позиціонування товару та побудови конкурентних переваг у маркетингових кампаніях. Унікальні техніко-економічні характеристики розробки стануть головними аргументами на користь продукції під час просування на ринку.

Виявлені слабкі сторони - потреба у значних інвестиціях на початковому етапі, відсутність досвіду та налагоджених каналів збуту, нестача кваліфікованих кадрів - будуть враховані при плануванні запуску виробництва. Потрібно буде розробити стратегію залучення фінансування, використання аутсорсингу, підбору та навчання персоналу тощо.

Визначені ринкові можливості, як от законодавчі преференції для машинобудівників, попит на екологічні технології, перспективи експорту, будуть максимально використані для прискореного зростання та розширення. Плани розвитку передбачатимуть заходи із цифрової трансформації та автоматизації виробництва.

Ідентифіковані загрози посилення конкуренції, економічна та політична нестабільність, ризики війни та руйнувань - будуть мінімізовані шляхом продуманої виробничої та ринкової диверсифікації, формування антикризового плану та стратегій убезпечення виробництва.

Таким чином, результати SWOT-аналізу допоможуть на етапі старту оптимально спланувати заходи з випуску та просування продукції, розвитку виробництва та ринкової присутності з огляду на сильні сторони, можливості та потенційні ризики і загрози.

5.7 Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Найбільш ймовірною та перспективною виглядає альтернатива виходу спочатку на український ринок за рахунок залучених інвестицій з подальшим розширенням на експортні ринки після зміцнення позицій всередині країни (табл. 5.8). Продаж ліцензії малоймовірний через ризик розголошення унікальних технологічних рішень.

Таблиця 5.8 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Вихід на ринок України з подальшим розширенням	Висока за умови залучення інвестицій	1-2 роки
2	Орієнтація відразу на експортні ринки	Середня через високу конкуренцію	2-3 роки
3	Продаж ліцензії на технологію великому виробнику	Низька через небажання розкривати ноу-хау	6 місяців - 1 рік

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даному дипломному проєкті розглядається технологічний процес виготовлення балки. Процес включає очищення поверхонь піскоструминним методом, газополуменеве різання листового металу, гнуття частини деталей на пресі, а також зварювання деталей між собою методом автоматичного зварювання в середовищі захисних газів (МІГ-процес). Транспортування деталей здійснюється мостовим краном та візком.

Метою даного розділу є аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, пов'язаних з описаною технологією, встановлення відповідності технологічного процесу вимогам безпеки та гігієни праці, а також розробка інженерних рішень для забезпечення належних умов праці та запобігання травматизму і професійних захворювань. Крім того, розглядаються заходи з пожежної безпеки.

6.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

При виконанні зазначених технологічних операцій мають місце наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

6.1.1 Шкідливі виробничі фактори

Шкідливі речовини

При зварюванні в середовищі захисних газів (МІГ-процес) в повітря робочої зони можуть потрапляти зварювальні аерозолі, що містять оксиди заліза, марганцю, хрому, алюмінію та інших металів. Їх гранично допустимі концентрації регламентуються Гігієнічними регламентами хімічних речовин у повітрі робочої зони, № 741/35024 від 03.08.2020 р. [23].

При піскоструминному очищенні поверхонь утворюється пил діоксиду кремнію (SiO_2), який відноситься до речовин фіброгенної дії [22]. ГДК діоксиду кремнію 1 мг/м^3 [23].

Під час газового різання виділяються оксиди вуглецю, азоту, озон. ГДК для цих речовин також визначені Гігієнічними регламентами хімічних речовин у повітрі робочої зони, № 741/35024 від 03.08.2020 р. [23].

Випромінювання оптичного діапазону

При зварюванні методом MIG має місце інтенсивне ультрафіолетове, видиме та інфрачервоне випромінювання зварювальної дуги [22].

Інфрачервоне випромінювання також виникає від розігрітих виробів та нагрівальних пристроїв.

Виробничий шум

Значні рівні шуму створюються при роботі:

Плазмотронів, генераторів для плазмового різання (до 106-111 дБА) [22].

Пневмоприводів, вакуумних насосів [22].

Мостового крана та візків для транспортування деталей. Гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються ДСН 3.3.6.037-99 [25].

Іонізуюче випромінювання

При проведенні контролю зварних з'єднань методами гамма- або рентгенівського просвічування існує небезпека іонізуючого опромінення персоналу [22].

Нервово-психічні навантаження

Монотонність праці, тривала концентрація уваги при виконанні зварювальних операцій, спостереженні за режимами різання та гнуття можуть призвести до нервово-психічних перенавантажень [34].

6.1.2 Небезпечні виробничі фактори

Ураження електричним струмом

Небезпека ураження електричним струмом існує при експлуатації зварювального обладнання, пресів та іншого електроустаткування через можливі дефекти ізоляції, випадкове виникнення напруги на відключених струмопровідних частинах тощо. Вимоги електробезпеки викладені в [35, 36].

Термічні опіки

Застосування зварювальної дуги, газового полум'я, іскор, бризок і викидів розплавленого металу під час зварювання та різання створюють небезпеку термічних опіків відкритих ділянок тіла [22, 27, 33].

Пожежна безпека

Використання відкритого вогню, розжарених виробів, горючих газів при різанні та зварюванні створює загрозу пожежної небезпеки [33].

Вибухонебезпека

Експлуатація балонів зі стисненими газами при різанні та зварюванні несе загрозу вибуху через можливі порушення правил безпеки [33, 39].

6.1.3 Рухомі механізми та вироби

Рухомі частини обладнання (крани, візки, преси тощо), переміщувані вироби можуть стати причиною травмування персоналу [33].

Оцінка умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу згідно

ГХПП [34] дозволяє віднести більшість зварювальних та споріднених робіт за ступенем шкідливості до 3 класу (шкідливі).

Таким чином, при виконанні проєктованих технологічних операцій мають місце цілий ряд шкідливих та небезпечних виробничих факторів (табл. 6.2), які вимагають розробки заходів та засобів захисту працівників.

Таблиця 6.2 - Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при зварюванні і споріднених процесах [22]

ШНВФ для механізованого дугового зварювання в захисних газах			Інтенсивність фактора
Шкідливі виробничі фактори	Шкідливі речовини		xx
	Вимірювання в оптичному діапазоні	Ультрафіолетове випромінювання	xx
		Видиме випромінювання	xx
		Інфрачервоне випромінювання	xx
	Електромагнітні поля		-
	Магнітні поля		-
	Іонізуючі випромінювання		-
	Шум		x
	Ультразвук		-
	Статичне навантаження руху		xx
Небезпечні виробничі фактори	Електричний струм		xx
	Іскри, бризки і види розплавленого металу		xx
	Механізми і вироби, що рухаються		xx
	Системи, які знаходяться під тиском, що не дорівнює атмосферному		xx
	Електричний струм		xx

де xx – інтенсивний фактор; x – помірний фактор; (-) – незначний фактор чи його відсутність.

6.2 Нормативні вимоги безпеки та гігієни праці

6.2.1 Вимоги до технологічних процесів

Правила охорони праці під час виконання електрозварювальних робіт регламентуються нормативним актом НПАОП 28.52-1.31-13 [33]. Він стосується різних видів зварювання: електродугового, плазмового, наплавлення та різання металів.

При виборі технології зварювального процесу необхідно віддавати перевагу тій, що забезпечить найсприятливіші умови праці для робітників. Слід використовувати зварювальні матеріали (електроди, дріт, флюси, захисні гази тощо), які під час зварювання мінімізують виділення шкідливих речовин у повітря робочої зони. Забороняється застосовувати матеріали, що не пройшли належної гігієнічної оцінки.

Під час розробки технологічних процесів зварювання потрібно передбачити максимально можливу механізацію та автоматизацію операцій. Показники важкості та напруженості праці зварників не повинні перевищувати II клас згідно з "Гігієнічною класифікацією праці" [34].

Зварювальне обладнання, що використовується, має відповідати загальним вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 [35] та ДНАОП 0.00-1.32-01 [36].

Обов'язковим етапом є розробка засобів та заходів колективного захисту від шкідливих та небезпечних факторів зварювального виробництва. Одним із таких заходів є застосування місцевої витяжної вентиляції з системами очищення повітря від аерозолів та газів згідно з ДБН В.2.5-67:2013 [37]. Механізоване зварювальне обладнання повинно мати вбудовані повітроприймальні пристрої для уловлювання шкідливих речовин. Зварювальні роботи із вимкненою місцевою витяжною заборонені.

Безпека праці при дуговому, електрошлаковому та контактному зварюванні повинна відповідати нормам ДСТУ 2456-94 [27] та ДСТУ 2489-94 [28] відповідно.

Місцеві витяжні системи мають забезпечувати такі мінімальні обсяги видалення повітря:

- під час дугового зварювання в CO₂ - не менше 50 м³/год;
- під час дугового зварювання в інертних газах та сумішах, а також автоматичного зварювання в CO₂ - не менше 150 м³/год.

Експлуатація балонів зі стисненими та зрідженими газами, рамп та контейнерів повинна здійснюватися згідно з ДНАОП 0.00-1.07-94 [39]. Балони слід розташовувати на відстані не менше 5 м від зварювального пальника і 1 м від опалювальних приладів. Якщо на опалювальних приладах встановлені захисні екрани, відстань від балона до екрана має бути не менше 0,1 м.

6.2.2 Вимоги до виробничих приміщень

Планування виробничих приміщень для зварювальних робіт має відповідати чинним будівельним нормам та стандартам для цехів ДБН В.2.2-28:2010 [42]. Це стосується відстаней між обладнанням, відстаней від обладнання до стін, колон, інших споруд, а також ширини проходів та проїздів.

Робочі місця для дугового зварювання необхідно облаштовувати стаціонарними або пересувними світлонепроникними огорожами з негорючих матеріалів. Висота огорож має бути не менше 2,5 м для забезпечення надійного захисту. Ширина проходів навколо робочих столів, стендів, виробів для зварювання повинна становити не менше 1 м.

Підлоги у приміщеннях для дугового та електрошлакового зварювання мають бути виготовлені з негорючих матеріалів з низькою теплопровідністю та мати рівну

неслизьку поверхню. Приміщення потрібно обладнати загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 [27].

Розрахунок повітрообміну для зварювальних цехів має забезпечувати розведення шкідливих речовин, не вловлених місцевими витяжками, до рівня ГДК. Видалене повітря з приміщень перед викидом в атмосферу повинне пройти фільтрацію до допустимих концентрацій шкідливих речовин.

Подачу припливного повітря слід здійснювати безпосередньо в робочу зону або в її напрямку. Температура припливного повітря від вентиляційних систем має бути не нижче $+20^{\circ}\text{C}$ згідно ДСН 3.3.6.042-99 [24].

У випадках відсутності місцевої або загальноцехової вентиляції до рівня ГДК (наприклад, при зварюванні всередині виробів з антикорозійним покриттям), необхідно забезпечити примусову подачу чистого повітря під маску зварника в обсязі 6-8 м³/год, підігрітого взимку до температури не нижче $+18^{\circ}\text{C}$ відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [25].

Параметри мікроклімату виробничих приміщень мають відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [24]. Якщо інтенсивність теплового опромінення перевищує норми, потрібно передбачити спеціальні засоби захисту: екранування джерела, повітряне охолодження, засоби індивідуального захисту. Рівні шуму, ультра- та інфразвуку регламентуються ДСН 3.3.6.037-99 [25], а вібрації - ДСН 3.3.6.037-99 [26]. Освітлення цехів, дільниць та робочих місць для дугового і електрошлакового зварювання має відповідати ДБН В.2.5-28-2006 [43].

При зварюванні всередині замкнутих та важкодоступних просторів (посудин, корпусів, відсіків) освітлення має здійснюватися зовнішніми спрямованими джерелами світла або місцевим освітленням напругою не більше 12 В, при цьому освітленість робочої зони повинна становити не менше 30 лк.

6.2.3 Вимоги до організації робочих місць

Організація робочих місць для зварювальних робіт має відповідати вимогам НПАОП 28.5-1.02-07 [42]. Стаціонарні місця для робіт у сидячому положенні необхідно обладнати регульованими робочими кріслами. Сидіння та спинка крісел повинні бути виготовлені з негорючих, легкоочищуваних матеріалів з низькою теплопровідністю.

Стаціонарні робочі місця з живленням від багатопостових джерел мають бути оснащені сигнальними щитками, які інформують зварника про наявність або відсутність напруги у зварювальному ланцюзі.

За умови виконання зварювальних робіт в одному приміщенні з іншими видами робіт, необхідно вжити заходів для усунення впливу небезпечних та шкідливих факторів на працівників. Розташування робочої поверхні, органів керування та контролю на робочому місці зварника має відповідати ДСТУ 2456-94 [27].

Стаціонарні місця для зварювання металоконструкцій масою понад 15 кг слід обладнати вантажопідйомними пристроями. Робочі місця, пости та стенди для видів зварювання, що супроводжуються виділенням аерозолів і газів, необхідно обладнати витяжною вентиляцією та атестувати її на відповідність нормам ГДК.

Обладнання для дугового зварювання в захисних газах та сумішах має бути забезпечене захисними (переносними [44] або стаціонарними) екранами для захисту зварників від оптичного випромінювання.

Забороняється проводити зварювальні роботи без вжиття заходів, що унеможливають виникнення пожежі під час і після завершення зварювання.

6.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці

6.3.1 Розрахунок місцевої вентиляції

Відповідно до вимог стандарту ДСТУ 2456-94 [27], при автоматичному зварюванні плавким електродом у захисних газах необхідно застосовувати місцеву витяжну вентиляцію. Розрахунок необхідного об'єму повітря, що підлягає видаленню місцевою вентиляцією (L_m), здійснюється на основі заданої швидкості всмоктування повітря біля джерела виділення шкідливих речовин, характеристик спектру швидкостей всмоктування для конкретної конструкції повітроприймального отвору та наявності поверхонь, що обмежують зону всмоктування:

$$L_m = 3600 \cdot F_0 \cdot V_0; \quad (6.1)$$

де F_0 – площа відкритого перерізу витяжного отвору відсмоктувача, m^2 ;

V_0 – швидкість всмоктування повітря у цьому прорізі, m/c .

Площу всмоктувального отвору (F_0) визначають відповідно до конструктивних особливостей технологічного обладнання та обраного витяжного пристрою. У наведеному випадку площа F_0 становить $0,015 m^2$. Значення необхідної швидкості всмоктування (V_0) розраховують, виходячи з умови забезпечення заданої швидкості повітряного потоку (V_x) у зоні зварювання або різання на відстані x (м) від центру всмоктувального отвору. Оскільки зварювання відбувається в інертних газах, швидкість V_x має дорівнювати $0,3 m/c$.

Швидкість всмоктування повітря з екраном розраховується за формулою:

$$V_0 = 8 \cdot V_x \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^2; \quad (6.2)$$

де $d = 0,15 m$ – діаметр вхідного отвору.

Швидкість повітря в отворі відсмоктувача:

$$V_0 = 8 \cdot V_x \cdot \left(\frac{x}{d}\right)^2 = 8 \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{0,3}{0,15}\right)^2 = 16 m/c; \quad (6.3)$$

Об'єм повітря, який необхідно видаляти вентиляцією:

$$L_m = 3600 \cdot F_0 \cdot V_0 = 3600 \cdot 0,015 \cdot 16 = 864 m^3/год; \quad (6.4)$$

На рисунку 1 наведено схему місцевої витяжної вентиляції

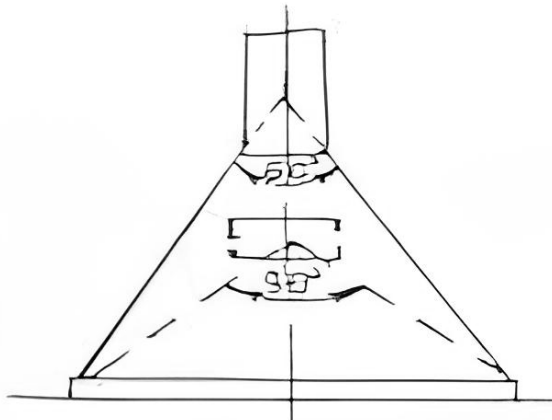


Рисунок 6.1 - Конструкція місцевої витяжної вентиляції типу зонт [23]

6.3.2 Призначення засобів індивідуального захисту

Працівники, які залучені до виконання дугового зварювання, мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до галузевих норм та вимог ДСТУ 7239:2011 [29]. Вибір засобів захисту залежить від характеру впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Зокрема, для захисту очей та обличчя зварникам необхідно використовувати спеціальні зварювальні маски (рис. 6.2). Вони призначені для захисту від випромінювання зварювальної дуги, іскор та бризок розплавленого металу.

Рекомендується застосовувати зварювальну маску моделі GYS LCD Hermes 9/13 G [55], яка відповідає вимогам стандартів ДСТУ EN 175-2001 [31] та ДСТУ EN 169-2001 [52] щодо захисних засобів для зварювальних робіт.

Використання відповідних засобів індивідуального захисту, зокрема сертифікованих зварювальних масок, є обов'язковим для забезпечення безпеки праці та захисту здоров'я зварників під час виконання робіт.



Рисунок 6.2 - Зварювальна маска GYS LCD Hermes 9/13 G

Таблиця 6.3 - Технічні характеристики зварювальної маски GYS LCD Hermes 9/13 G. [55]

Вид	Маски
Країна-виробник товару	Франція
Додаткові характеристики	Зона огляду: 98 x 43 мм Затемнення у відкритому стані: 4 DIN Регулювання затемнення в діапазоні: 9-13 DIN Сенсор світла: 2 шт Сфери застосування: MMA 5>400 / TIG 5>300 / MIG-MAG 5>400 Захист від ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання: 15 DIN
Вага	0,5 кг

Для захисту рук необхідно застосовувати рукавиці згідно з ДСТУ EN 420-2017 [22]. Краги шкіряні CONDOR (рис.6.3) є сертифікованими за цим стандартом. Краги стійкі до стирання, порізів, розривів і контактних температур до 100 °С. Відповідають загальним вимогам до захисних рукавичок, а також умовам стандартів на захисні рукавиці від механічних і термічних впливів і стандартам на захисні рукавиці для зварників. [52]



Рисунок 6.3 - Краги зварювальника для точних робіт CONDOR

Для мінімізації ризику ураження електричним струмом працівники повинні користуватися спеціалізованими ізоляційними засобами безпеки. У звичайних умовах робочого середовища необхідно застосовувати діелектричні килимки. Тоді як у потенційно небезпечних зонах з обмеженим простором, таких як технологічні ніші чи шахти, слід додатково використовувати діелектричне взуття та рукавиці типу Ен та Ев, виготовлені згідно з чинними нормативами та технічними вимогами.

Килимок Київгума (рис.6.4) призначений для індивідуального захисту від ураження постійним і змінним електричним струмом. Килимок діелектричний є додатковим засобом захисту від ураження електричним струмом. Застосовуються при напрузі понад 1 кВ. Виготовляються згідно ТУ 38.19.032-92. [57]

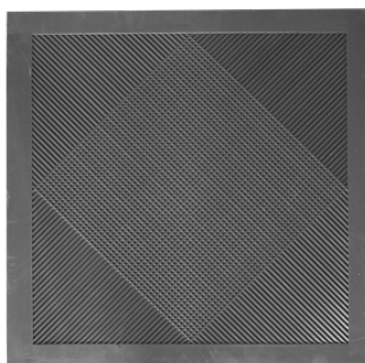


Рисунок 6.4 - Килим діелектричний Київгума

Під час здійснення зварювальних робіт над великогабаритними виробами в умовах підвищеного ризику, а також при проведенні електрошлакового зварювання, робітники зобов'язані користуватися спеціальними захисними касками. (рис. 6.5) згідно з ДСТУ EN 397:2001 [57]. Каска для захисту голови Універсал відповідає цьому стандарту.



Рисунок 6.5 - Каска для захисту голови Універсал. [58]

6.4 Пожежна безпека

Відповідно до Норм [54] НАПБ Б.03.002-2007, приміщення, де проводяться зварювальні роботи, за критерієм вибухопожежної небезпеки належать до категорії Г. Це пов'язано з наявністю негорючих речовин і матеріалів у розжареному чи розплавленому стані, а також процесів, що супроводжуються виділенням променистої теплоти, іскор та полум'я. Крім того, присутні горючі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або використовуються як паливо. Згідно з ДНАОП 0.00-1.21-98 [55] та ДНАОП 0.00-1.32-01 [56], у такому приміщенні виділяється зона II-Па, де обертаються тверді горючі речовини. Категорія за показником безпечного експериментального зазору між фланцями оболонки (БЕМЗ) становить ПА ($> 0,9$ мм). Група вибухобезпеки сумішей, визначена за температурою самозапалювання, - ТІ (ТС) В > 450 °С. Будівля, у якій розташоване це приміщення, має ступінь вогнестійкості І, що означає неприпустимість поширення вогню на основні будівельні конструкції. Мінімумально допустиме обмеження вогнестійкості становить 2,5 години, а максимально допустиме обмеження поширення вогню для внутрішніх стін - 25 см [22].

Пожежна безпека забезпечується комплексом систем попередження пожежі, протипожежного захисту та організаційно-технічними заходами (рис. 6.6).

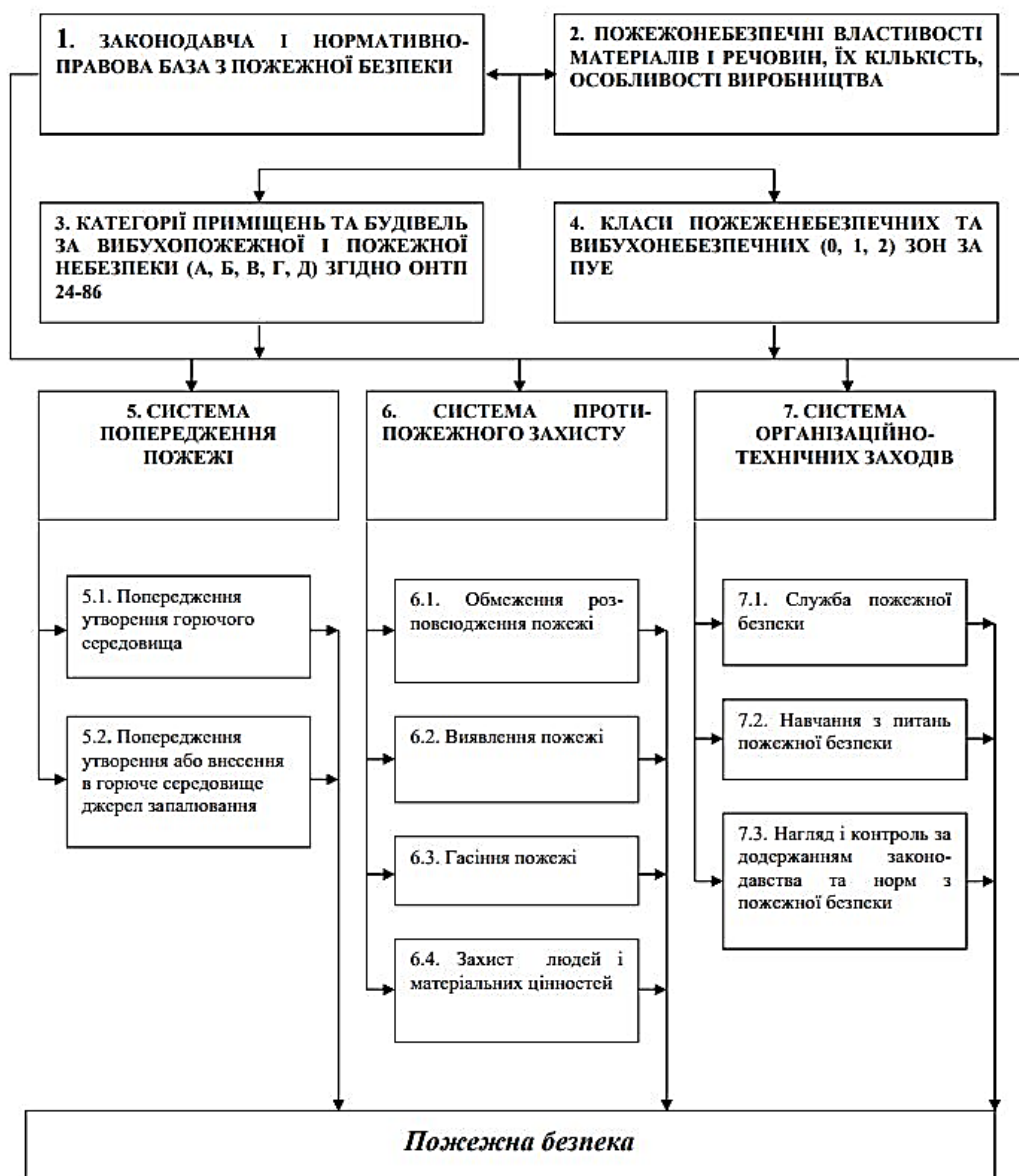


Рисунок 6.6 - Схема забезпечення пожежної безпеки [32, ст. 329]

Для обмеження поширення пожежі передбачено низку пристроїв [32]:

- Запобігання займанню ізоляції при коротких замиканнях завдяки максимальному струмневому захисту;

- Недопущення утворення горючого середовища шляхом надійної герметизації обладнання, мінімізації використання та зберігання горючих і вибухонебезпечних речовин;
- Застосування пожежної сигналізації з датчиками (ІДФ-1, ДПД тощо);
- Використання вогнегасників (клас пожежі В): ОХП-10, ОХВП-10, ОВП-7, ОХ-7, ОП-10А; для класу пожежі Е - вогнегасники типу УО, ОП-10А (вибір типу та кількості згідно НАПБ Б.03.002-2007).

Під час організації технологічного процесу дотримуються всіх вимог електростатичної іскробезпеки. Також передбачено аварійний злив пожежонебезпечних рідин та випуск горючих газів з апаратури.

Рекомендовано періодичне очищення робочих місць цеху, обладнання від горючих відходів, осадів пилу, вилучення пожежонебезпечних промислових відходів, заміна ЛВЖ та ГЖ на пожежобезпечні технічні миючі засоби.

Тип виконання електроустаткування в приміщенні має відповідати класу зони пожежо- та вибухонебезпеки.

На ділянках виробничого приміщення, де ведуться зварювальні роботи, встановлюються протипожежні щити з вуглекислотними вогнегасниками, баграми, ломами, відрами, сокирами. Поряд передбачено ящики з піском, сухість якого регулярно перевіряється.

Для автоматичного виявлення пожеж у виробничому приміщенні зі зварюванням наявні датчики, які своєчасно сповіщають про виниклу пожежу та запускають систему автоматичного пожежогасіння.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті було розглянуто процес проектування та виготовлення буферної балки для вагонобудування. Буферна балка є критично важливим елементом конструкції вагона, який забезпечує безпеку руху та цілісність вантажу під час зчеплення вагонів та гальмування складу.

Було проведено конструктивно-технічний аналіз виробу, обґрунтовано вибір матеріалу - низьколегованої сталі 09Г2С, проаналізовано її хімічний склад та механічні властивості. Виконано розрахунки зварюваності сталі та обрано спосіб зварювання - напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу.

Для забезпечення високої якості зварних з'єднань розроблено технологію зварювання, підібрано зварювальні матеріали, визначено режими зварювання та розраховано основні параметри процесу. Детально описано технологічний процес виготовлення виробу з урахуванням механізації та автоматизації операцій.

Для забезпечення точності складання деталей розроблено схеми базування, спроектовано складально-зварювальне оснащення у вигляді столів та пристосувань. Запропоновано повністю автоматизовану систему для виконання поздовжніх та поясних швів балки з використанням роботизованого пальника та зварювальних автоматів.

Передбачено заходи з контролю якості зварних з'єднань на різних етапах виробництва з застосуванням сучасних методів неруйнівного контролю. Розроблені технічні умови на виготовлення та контроль якості відповідають діючим нормативним документам.

Таким чином, у дипломній роботі запропоновано сучасні підходи до проектування та виготовлення відповідальної зварної конструкції - буферної балки, що дозволить підвищити продуктивність, якість і безпеку виробництва.

СПИСОК ПИСИЛАНЬ

1. Metinvest / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/09g2s> (дата звернення: 21.05.2024)
2. Марочник сталей і сплавів/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=120 (дата звернення: 21.05.2024)
3. “Технологія та устаткування зварювання плавленням”. [Текст]: Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни для студентів усіх форм навчання напрямку підготовки 6.050504 “Зварювання” / Укладачі: Бойко В.П., Котик В.Т., Корінець І.П.-К.:2012 58с. (дата звернення: 24.05.2024)
4. Укрсервіс/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://e-ukrservice.com/zvaryuvalnyj-drit/drit-zvaryuvalnyj-midnyj-vulkan-er70s-6-16-mm-15-kg> (дата звернення: 25.05.2024)
5. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни "Технологія та обладнання зварювання плавленням" для студентів спеціальності "Обладнання та технологія зварювального виробництва" всіх форм навчання / І.Ф.Корінець. - Київ: КПІ, 1988. - 76 с. (дата звернення: 25.05.2024)
6. ISO 9692-1/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uscc.ua/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/vigotovleniya-mk-mizhnarodna-gilka-standarty/79-dstu-en-iso-9692-1-2014-zvaryuvannya-ta-spor-dnen-procesi.pdf> (дата звернення: 26.05.2024)
7. СНиП III-18-75 (Правила виробництва і приймання робіт. Металеві конструкції)/[Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=4268 (дата звернення: 27.05.2024)

8. ROUNDO`s Plate Straightening Machines Type PRH / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.roundo.com/product/prh/> (дата звернення: 27.05.2024)
9. APT International / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.aptint.com/en/used-second-hand-machinery/gas-cuttingmachines-gas-plasma/esab-suprarex-sxe-p1-4500-lh-plasma-oxy-combi_13011 (дата звернення: 27.05.2024)
10. Wheelabrator Group/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.wheelabratorgroup.com/equipment/wheelblast-machines/roller-conveyor-machines/smartline-roller-conveyor-machine> (дата звернення: 27.05.2024)
11. PATON/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://paton.ua/svarochnoe-oborudovanie/svarochnye-poluavtomaty/zvaryvalniy-nap-vavtomat-paton-standardmig-270-400v/> (дата звернення: 28.05.2024)
12. Fronius TPS 500i/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.fronius.com/en/welding-technology/products/manual-welding/migmag/tpsi/tpsi/tps-500i> (дата звернення: 28.05.2024)
13. KZESO - A1406/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kzeso.com/ru/catalog/electric-welding-equipment/machines-for-arc-welding-and-facing/a-1406/> (дата звернення: 30.05.2024)
14. Зварювальний випрямляч КІУ-501/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kievsvarka.com.ua/ua/p553303858-svarochnyj-vypriyarnitel-kiu.html> (дата звернення: 30.05.2024)
15. Виробництво зварних конструкцій: Практикум (Частина1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. Для студ. Спеціальності 131 (дата звернення: 03.06.2024)
16. «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,59 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 114 с. (дата звернення: 01.06.2024)

- 17.Карпенко, А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст]: навч. посібник / А.С. Карпенко. - [2-ге видання, переробл. та доповн.]. – К.: Арістей, 2006. – 272 с.: іл. ; 20 см. – Бібліогр.: с. 263-265. – 500 пр. – ISBN 966-8458-58-3. (дата звернення: 03.06.2024)
- 18.Виробництво зварних конструкцій-3. Засоби механізації зварювального виробництва: методичні вказівки до практичних занять з кредитного модулю навчальної дисципліни «Виробництво зварних конструкцій», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» / Укладач: В.В. Лисак- К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. - 110 с. (дата звернення: 10.06.2024)
- 19.Апарат подачі дроту Fronius VR 5000 /[Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://weld-ready.com/products/fronius-transsteel-5000-split-mig-welder> (дата звернення: 12.06.2024)
- 20.Технологічне проектування виробничих площ [Електронний ресурс].- Електронний опорний конспект лекцій з кредит. модулю для студ. 131 “Прикладна механіка” спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / Уклад.: В.О. Гаєвський. – К.: 2017. – 48 с.
21. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. О. А. Гавриш, С. О. Солнцев, В. В. Дергачова, О. В. Зозульов [та ін.]. – Електронні текстові данні (1 файл: 526 Кбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
- 22.Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник.– К.: Основа, 2010. – 240 с.
- 23.Гігієнічні регламенти хімічних речовин у повітрі робочої зони, N 741/35024 від 03.08.2020 р.
- 24.ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

- 25.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
- 26.ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
- 27.ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки.
- 28.ДСТУ 2489-94. Контактне зварювання. Вимоги безпеки.
- 29.ДСТУ 7239:2011. Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.
- 30.Засоби захисту зварювальників: Каталог / О. Г. Левченко, В. Д. Воробйов, Ю. І. Шульга, А. О. Левченко, О. О. Лук'яненко // За ред. О. Г. Левченко. - К.: Екотехнологія, 2012. - 136 с.
- 31.ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.
- 32.Охорона праці та цивільний захист: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» спеціальності 131 Прикладна механіка / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Левченко О.Г. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 362 с.
- 33.НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони праці під час зварювання металів.
- 34.Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу № 0472-14.
- 35.ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
- 36.ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
- 37.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

38. Показники емісії (питомі викиди) забруднюючих речовин від процесів електро-, газозварювання, наплавлювання, електро-, газорізання та напилювання металів / Сердюк А. М., Присяжнюк В. С., Шмаргун Л. М., Федоришин О. П., Доценко В. М., Синенко Т. О., Левченко О. Г. // К.: МОЗ України, 2003. – 23 с. 28
39. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
40. ДСН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми та правила при роботі з джерелами електромагнітних полів.
41. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів.
42. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення.
43. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
44. Левченко О. Г., Арламов А. Ю. Мобільний захисний екран для нестационарних робочих місць ручного дугового зварювання // Автоматичне зварювання. – 2017. – № 2. – С. 49-53.
45. Місцеві витяжні пристрої для обладнання для зварювання та різання металів: Методичні вказівки щодо проектування. - Л.: ВНДІВТ. - 1980. - 52с.
46. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. – К.: Міненерговугілля України, 2017. – 617 с.
47. Зміна № 1 ДСТУ 2456-94.
48. НПАОП 0.00.-1.30-01. Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями.
49. ДСТУ EN 133:2005. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Класифікація.
50. ДСТУ EN 175-2001. Засоби індивідуального захисту очей та обличчя під час зварювальних та споріднених процесів.
51. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.

- 52.ДСТУ EN 420-2017. Загальні вимоги до рукавиць.
- 53.ДСТУ EN 397:2001. Каски захисні промислові.
- 54.НАПБ Б.03.002-2007. Визначення категорії приміщень, будинків там зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- 55.Маска зварювальна GYS LCD Hermes 9/13 G / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/ua/gys_040908/p14571656/ (дата звернення: 12.06.2024)
- 56.Краги зварювальника CONDOR/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://plusminus.in.ua/zasobi-ndividualnogo-zahistu-147/rukavic-174/rukavichki-kragi-dlya-zvaryvannya-condor-art-8675-r-11-kod-uktzed-4203-29-10-00-2248/> (дата звернення: 12.06.2024)
- 57.Килим діелектричний Київгума / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kyivguma.ua/kover-die-lektricheskij-500-500/> (дата звернення: 14.06.2024)
- 58.Каска для захисту голови Універсал / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://specprom-kr.com.ua/kaska-zahysna-universal-sizam> (дата звернення: 17.06.2024)
- 59.Гідравлічна листозгинальна машина Anhui Yawei/ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.alibaba.com/product-detail/Anhui-Yawei-12mm-Thickness-Metal-Hydraulic_1600341074117.html (дата звернення: 17.06.2024)

ДОДАТКИ