

**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

(підпис) **Віктор КВАСНИЦЬКИЙ**

«__» _____ 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 торцевої стінки піввагона»**

Виконав:

студент 4 курсу, групи ЗС-з01
Кофанов Данило Васильович

Керівник:

Доцент, к.т.н., доцент
Чорний Андрій Вячеславович

Консультант з охорони праці:

Зав.каф., д. т. н., професор
Левченко Олег Григорович

Консультант з економіки:

Доцент, к. е. н., доцент
Глущенко Ярослава Іванівна

Рецензент:

Зав. каф., к.т.н., доцент
Кагляк Олексій Дмитрович

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

Студент _____
(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
Кофанову Данилу Васильовичу

1. Тема проєкту Технологія складання та зварювання торцевої стінки піввагона, керівник проєкту Чорний Андрій Вячеславович, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «30» травня 2024 р. №2215-с
2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2024 р.
3. Вихідні дані до проєкту: ескіз зварного виробу (додається). Матеріал виробу – сталь Ст3пс. Забезпечення рівномірності зварних з'єднань та відсутності недопустимих дефектів. Річна програма виготовлення виробу – 100 шт. Умови виготовлення – цехові, температура експлуатації від -40 до +60 °С.

4. Зміст пояснювальної записки:

Провести конструктивно-технологічний аналіз торцевої стінки піввагона. 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. Вибрати устаткування для зварювання. Розробити технологічну послідовність складання-зварювання торцевої стінки піввагона. Адаптувати вибране устаткування для складання і зварювання. Виконати компоновання установки для зварювання швів торцевої стінки піввагона. Призначити способи контролю якості зварних швів торцевої стінки піввагона. Спланувати розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі. Зробити загальні висновки до технологічного розділу дипломного проєкту. Розрахувати економічний ефект від впровадження розробленої технології у виробництво. Розробити заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): 1. Вид загальний стінки піввагона (А1); 2. Схема технологічного процесу складання та зварювання (А1); 3. Кресленики пристроїв для складання під зварювання зварних швів (А1); 4. Кресленики устаткування для зварювання (А1); 5. План виробничої площі для зварювання стінки піввагона (А1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Левченко Олег Григорович, зав. каф.		
Економіка	Глущенко Ярослава Іванівна, доц.		

* Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проєкту.

7. Дата видачі завдання 30 травня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз літератури за темою проєкту	до 3 червня	
2	Детальна розробка і обґрунтування проєктних рішень технологічної частини проєкту	до 10 червня	
3	Розробка економічної частини проєкту	до 10 червня	
4	Розробка інженерних рішень з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	до 10 червня	
5	Оформлення графічного матеріалу	до 14 червня	
6	Оформлення пояснювальної записки і підготовка доповіді на захист	до 14 червня	

Студент

(підпис)

Данило КОФАНОВ

Керівник проєкту

(підпис)

Андрій ЧОРНИЙ

Анотація

Зварювання та складання торцевої стінки піввагона є доволі складним процесом, що вимагає високого рівня точності та професіоналізму. В дипломному проєкті представлена технологія виготовлення торцевої стінки піввагона, включаючи аналіз напружено-деформованого стану, вибір методів зварювання, параметри режимів зварювання, технологічне оснащення, контроль якості та техніко-економічний аналіз. Для забезпечення високої якості та надійності конструкції торцевої стінки піввагона було проведено аналіз напружено-деформованого стану конструкції. За рахунок попереднього згинання заготовок балки з використанням складально-зварювального оснащення дозволило компенсувати залишкові деформації після зварювання.

Розглянуто питання контролю якості зварювання при виконанні даної технології. Проведено розрахунок економічного ефекту застосованої технології. Наведено комплекс заходів щодо забезпечення охорони праці на виробництві.

Записка вміщує 91 сторіноку машинописного тексту, 8 рисунків, 27 таблиць, 4 додатки, 33 джерела літератури.

Ключові слова: торцева стіна, напіввагон, складання, зварювання, оснащення, технологічний процес.

Annotation

Welding and assembling the end wall of a railroad car is a rather complicated process that requires a high level of precision and professionalism. This thesis project presents the technology for manufacturing the end wall of a gondola car, including stress-strain analysis, selection of welding methods, parameters of welding modes, technological equipment, quality control, and feasibility analysis. To ensure the high quality and reliability of the gondola end wall structure, the stress-strain state of the structure was analyzed. Pre-bending of the beam blanks using assembly and welding equipment made it possible to compensate for residual deformations after welding.

The issues of welding quality control in the implementation of this technology are considered. The economic effect of the applied technology was calculated. A set of measures to ensure labor protection at work is presented.

The note contains 91 pages of machine-written text, 8 figures, 27 tables, 4 annex, 33 references.

Keywords: end wall, gondola car, assembly, welding, tooling, technological process.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналітично-розрахунковий.....	8
1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробу.....	8
1.1.1 Характеристика конструкції торцевої стінки піввагону, технічні вимоги під час виготовлення.....	9
1.1.2 Характеристика металу зварної конструкції	11
1.1.3 Характеристика зварних з'єднань.....	16
1.2 Обґрунтування вибору способів зварювання та зварювальних матеріалів ...	17
1.3 Аналіз напружено – деформованого стану під час виготовлення конструкції балки каркасу	23
2 Технологічний розділ.....	26
2.1 Технологія складання та зварювання рами каркаса піввагона та торцевої стінки в цілому.....	26
2.2 Конструювання зварних з'єднань під час зварювання торцевої стінки піввагона.....	33
2.2.1 Технологія складання та зварювання балок каркасу піввагона (перша ділянка)	33
2.2.2 Зварювання стиків балок зі стійками (друга ділянка)	36
2.2.3 Технологічний процес складання та зварювання плоских листових елементів під час виготовлення торцевої стіни піввагона (третя ділянка)	39
2.4 Вибір зварювального обладнання та оснащення для виготовлення торцевої стінки.....	42
2.5 Контроль якості під час виготовлення конструкції торцевої стінки піввагона.....	46
3. Оснащення для виготовлення конструкції торцевої стінки піввагона.....	50
3.1 Установка для зварювання балок	50
3.2 Установка для зварювання каркаса	51
3.3 Стенд та установка для складання та зварювання обшивки до каркасу	53
3.4 Притискні механізми складально-зварювальної оснастки	54
3.5 Дільниця цеху складання та зварювання стінки піввагона.....	55
4 Охорона праці.....	56
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів процесу складання та зварювання торцевої стінки піввагона	56

4.2 Нормативні вимоги до технологічних процесів, виробничого приміщення, обладнання, організації робочих місць, персоналу та засобів індивідуального захисту	60
4.3 Інженерні рішення щодо попередження травматизму і професіональних захворювань	62
4.4 Аналіз речовин і матеріалів за вимогами пожежовибухонебезпеки	65
5 Економіка	69
5.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології).....	70
5.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї.....	71
5.3 Технологічний аудит ідеї проекту	74
5.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	76
Висновки	83
Список літератури	84
Додатки.....	87

ВСТУП

У дипломному проєкті розроблено технологію складання та зварювання торцевої стінки піввагону, яка враховує залишкові деформації після зварювання без необхідності застосування теплової обробки.

Торцева стінка є важливим елементом корпусних транспортних конструкцій, що піддаються вібраційним та динамічним навантаженням. Вона складається з рами-каркасу, повністю закритого зовнішньою тонколистовою обшивкою. Під час виготовлення конструкції використовуються плоскі листові елементи, які об'єднуються в жорстку просторову конструкцію. Ця конструкція повинна витримувати важкі умови експлуатації, зокрема динамічні, вібраційні та рухомі навантаження.

Конструкція торцевої стінки має раму – каркас, яка повністю закрита зовнішньою тонколистовою обшивкою. Попередньо, перед зварюванням торцевої стінки передує процес складання та зварювання рами каркасу, до якої приварюється обшивка. Обшивка з'єднується з каркасом із сторони нижньої обв'язки та бокових стійках піввагону.

В дипломному проєкті з аналізу напружено-деформованого стану під час виготовлення конструкції торцевої стінки піввагона розроблено технологічний процес складання та зварювання елементів конструкції, визначено спосіб зварювання та розраховані параметри режимів зварювання, наведені рекомендації з техніки зварювання елементів конструкції та методи контролю якості зварної конструкції.

Приведені рекомендації по зварювальному оснащенню та обладнанню, обґрунтована економічну доцільність технології складання та зварювання торцевої стінки піввагона, а також враховані вимоги охорони праці та техніки безпеки під час виконання робіт.

1 АНАЛІТИЧНО-РОЗРАХУНКОВИЙ

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробу

Конструкторсько-технологічний аналіз є основним джерелом інформації, на основі якого розробляються процес складання та зварювання виробу. Конструкторсько-технологічний аналіз включає аналіз конструкції та умов експлуатації виробу, характеристики зварювальних матеріалів і зварних з'єднань, а також організацію зварювальних робіт.

Під час вибору матеріалів для зварних конструкцій необхідно враховувати багато різних факторів, які впливають на працездатність і вартість виробу, а саме: умови експлуатації - характер і тривалість навантажень, умови експлуатації, середовище; геометрія конструкції - наявність концентраторів, як можливого джерела зародження тріщини; технологічна обробка – вичерпання пластичності матеріалу і утворення залишкових напружень після обробки; здатність до зварювання - для отримання якісних зварних з'єднань, наявність неоднорідностей механічних властивостей основного металу, концентраторів напружень та залишкових напружень і деформації; ймовірність зародження і поширення тріщини - жорсткість (вид) напруженого стану, товщина матеріалу.

Головним фактором під час вибору матеріалу зварної конструкції є також забезпечення оптимальної матеріалоємності - питома міцність та питома жорсткість матеріалу; службові властивості матеріалу – межа текучості, міцності, пластичні властивості, ударна в'язкість та інші спеціальні властивості; відповідальність конструкції - можливі наслідки втрати працездатності; наявність стандартного сортаменту; вартість матеріалу, естетичні вимоги.

Враховуючи, що торцева стінка піввагона є зварною конструкціями і експлуатуються у важких умовах та піддається рухомим навантаженням, то матеріал для виготовлення стінки відповідно ДСТУ 8539:2015 [1] відноситься до 1 групи сталей для зварних конструкцій, що експлуатуються в особливо важких

умовах або піддаються прямим динамічним, вібраційним або рухомим навантаженням при робочих температурах понад 450°C, рекомендується сталь класу 285: СтЗсп або СтЗГсп.

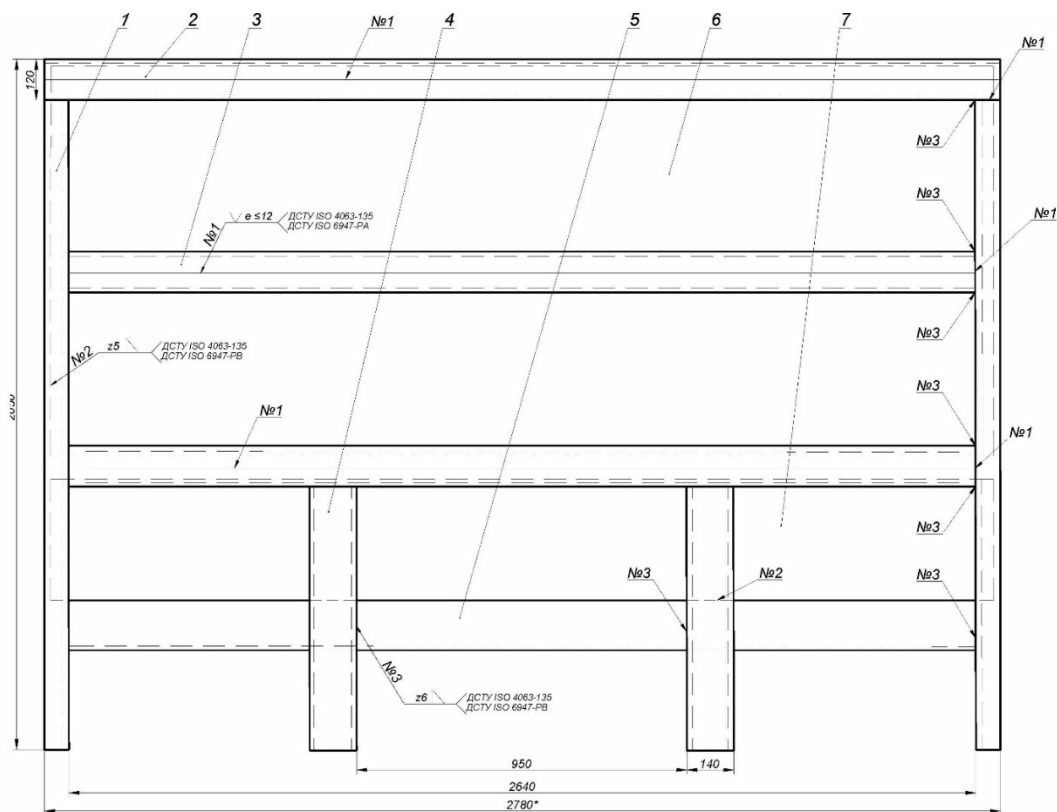
1.1.1 Характеристика конструкції торцевої стінки піввагону, технічні вимоги під час виготовлення

У вантажних піввагонах (вагонах без даху) несучою конструкцією є бічні стінки, жорстко закріплені на рамі піввагона. Для полегшення навантаження і розвантаження торцеві стінки і кришки люків можуть бути виконані поворотними або розсувними.

Торцеві стінки піввагона є елементами конструкції транспортних конструкцій, під час їх виготовлення плоскі металеві листи, які потім збираються в жорстку просторову конструкцію, що може витримувати вібраційні і динамічні навантаження. Рама – каркас повністю закрита зовнішньою обшивкою з листового металу. Перед складанням та зварюванням торцевих стінок передує збирання та зварювання рами - каркасу, до якої приварюється обшивка з листового металу. Зовнішня обшивка з'єднується з каркасом у нижній обв'язці та бічних стійках піввагона. Матеріал обшивки - сталь СтЗсп, товщина 3,0 мм.

Торцеві стінки піввагона є невід'ємною частиною чотиривісних піввагонів. Вони з'єднуються з рамою транспортного засобу з боків за допомогою нижньої обв'язки і бічних стійок піввагона. Каркас піввагона являє собою рамну конструкцію. Рама - це просторова конструкція, призначена для з'єднання окремих вузлів і механізмів в єдине ціле. Однією з основних вимог до рами є її конструктивна жорсткість. У зв'язку з цим балкові заготовки, що складають зварену раму, з'єднуються між собою безпосередньо або за допомогою допоміжних підсилювальних елементів.

На рисунку 1.1 показана конструкція рами каркаса торцевої стінки піввагона.



1 – бокова стійка; 2 – верхня обв’язка; 3 – проміжна балка; 4 – опорні стійки; 5 - нижня обв’язка; 6 – верхній лист; 7 – нижній лист.

Рисунок 1.1 – Рама каркаса торцевої стінки піввагона

Каркас торцевої стіни піввагона є основним компонентом, необхідним для виготовлення самої торцевої стіни піввагона, і зазнає основних навантажень, що виникають під час транспортування вантажу як статичних, так і динамічних навантажень.

Конструкція каркасу має довжину 2930 мм і ширину 2310 мм; рама складається з верхньої та нижньої обв’язок і двох стояків із проміжною балкою між ними.

Особливості конструктивних елементів. Для виготовлення каркасу торцевої стінки піввагону використовують такі прокатні профілі:

1. Для нижньої обв’язки: 1 кутник розміром 160x100x12, довжиною 2810 мм.
2. Для верхньої обв’язки: 2 швелери №14Са довжиною 2930 мм.
3. Бокові стійки: 2 швелери №14Са довжиною 2190 мм.
4. Проміжні балки: 4 швелери №14Са довжиною 2810 мм.

В конструкції використаний також нерівнополичний сталевий профіль (160x100x12) за ДСТУ 8769:2018 [2].

В таблиці 1.1 наведено деякі дані для сталевого нерівнополичного профілю.

Таблиця 1.1 – Характеристика сталевого нерівнополичного профілю [2]

Розміри кутника (мм)					Маса 1 м профілю, кг	Відстань центру тяжіння		Вісь x-x		Вісь y-y	
B	b	d	R , мм	r , мм		x_0 , см	y_0 , см	I_x , см ⁴	i_x , см	I_y , см ⁴	i_y , см
160	100	12	13	4,3	23,58	2368	2,43	784,22	5,11	238,75	2,82

Деякі дані для швелера №14Са по ДСТУ 3436-96 [3] приведенні в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристика швелера №14Са [3]

Маса 1 м, кг	Розміри, мм						Площа перетину, см ²	Довідкові величини для осі					
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>t</i>	<i>R</i>	<i>r</i>		<i>x-x</i>			<i>y-y</i>		
								<i>I_x</i> , см ⁴	<i>w_x</i> , см ³	<i>I_x</i> , см	<i>I_y</i> , см ⁴	<i>w_y</i> , см ⁴	<i>i_y</i> , см ⁴
16,72	140	60	8	9,5	9,5	5,0	21.30	609,1	87,01	5,35	61,02	14,09	1,69

Під час виготовлення рами каркаса використовується листовий холоднокатаний прокат товщиною 3,0 мм.

1.1.2 Характеристика металу зварної конструкції

Усі елементи конструкції виготовлені з низьковуглецевої сталі марки Ст3сп відповідно до ДСТУ 2651:2005 [4]. Хімічний склад сталі марки Ст3сп наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі Ст3сп [4]

Вміст елементів, %							
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
Не більше							
0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	0,045	0,05	0,3	0,3	0,3

В таблиці 1.4 наведено механічні властивості сталі марки СтЗсп відповідно до ДСТУ 4484:2005 [5]. Сталь СтЗсп відноситься до сталей загального призначення, що застосовують для зварних конструкцій, які працюють за інтервалі температур від -40°C до $+450^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі марки СтЗсп [5]

Тимчасовий опір $\sigma_{\text{в}}$, Н/мм ²		Границя плинності $\sigma_{\text{т}}$, Н/мм ²					Відносне подовження δ_5 , %		
до 10 включ.	понад 10	до 10 включ.	понад 10 до 20 включ.	понад 20 до 40 включ.	понад 40 до 100 включ.	понад 100	до 20 включ.	понад 20 до 40 включ.	понад 40
380-490	370-480	255	245	235	225	205	26	25	23

Сталь СтЗсп в основному призначається для несучих зварних конструкцій, що експлуатуються в умовах змінного навантаження в інтервалі температур від -40 до $+400^{\circ}\text{C}$. Попередня оцінка зварюваності проводиться на основі даних про хімічний склад основного металу.

Показники для визначення зварюваності сталей включають:

- стійкість до утворення гарячих і холодних тріщин у зварному шві;
- стійкість до утворення тріщин і гартівної мікроструктури в зварному шві та переходу в крихкий стан;
- необхідний рівень механічних властивостей деталей та з'єднання загалом;
- забезпечення спеціальних властивостей під час експлуатації виробу в умовах високих і низьких температур.

Чим вища міцність сталі і складніші умови експлуатації зварної конструкції, то більшу кількість показників характеризує зварюваність.

Зварюваність оцінюється не за абсолютними значеннями показників, що характеризують зварювальні властивості, а за відносними значеннями порівняно з властивостями основного металу. Результати випробувань на зварюваність вважаються задовільними, якщо відсутні тріщини, а властивості відповідають технічним умовам на цей тип зварної конструкції.

Різноманітність показників, використовуваних для визначення зварюваності, унеможливорює створення єдиного методу визначення зварюваності, тому потрібне

проведення безлічі випробувань. Вибір методу визначення зварюваності залежить від призначення конструкції і властивостей основного металу.

Як правило, зварюваність погіршується зі збільшенням вмісту вуглецю, рівня легування і міцності сталі. Частка впливу кожного легуючого елемента може бути віднесена до частки вуглецю. Виходячи з цього, зварюваність сталі можна попередньо оцінити за вуглецевим еквівалентом, який є емпіричним показником:

Чутливість зварних з'єднань до утворення холодних тріщин оцінюється за еквівалентним вмістом вуглецю в металі шва. Вуглецевий еквівалент $C_{\text{екв}}$ (%) визначається за емпіричною формулою, одна з яких має такий вигляд [6]:

$$C_{\text{екв}} = C + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{V} + \text{Mo})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15 \quad (1.1)$$

$$C_{\text{екв}} = (0,14 \dots 0,22) + (0,4 \dots 0,65)/6 + 0,3/5 + (0,3 + 0,3)/15 = (0,30 \dots 0,42)\%$$

Оскільки в сталі $C_{\text{екв}} < 0,45\%$, то вважають, що вона не схильна до утворення холодних тріщин.

Чутливість зварного з'єднання HCS до утворення гарячих тріщин можна визначити за формулою [6]:

$$HCS = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V} \quad (1.2)$$

$$HCS = \frac{(0,14 \dots 0,22) \left(0,05 + 0,045 + \frac{(0,12 \dots 0,3)}{25} + \frac{0,3}{100} \right) \cdot 10^3}{3(0,4 \dots 0,65) + 0,3} = 2,65 \dots 3,03$$

Оскільки $HCS < 4$, то гаряче розтріскування в зварних з'єднаннях не відбувається.

У готовому прокаті хімічний склад сталі може відрізнятися від значень, визначених за ковшових пробах, що характеризують склад сталі під час вливання її в злиток, і може досягати значень, що перевищують склад марки сталі. З цієї причини в стандартах на постачання сталі вказуються допуски на значення хімічних елементів, що входять до складу сталі (таблиці 1.5).

Таблиця 1.5 – Припустимі відхилення в хімічному складі сталі СтЗсп

Елемент	Припустимі відхилення в хімічному складі сталі СтЗсп
C	+ 0,03; - 0,02
Mn	+ 0,05; - 0,03
Si	+ 0,03; - 0,02
P	+ 0,005
S	+ 0,005

Низьковуглецева сталь СтЗсп відносяться до числа добре зварюваних металів. Для цієї сталі технологію зварювання вибирають на основі низки вимог, основними з яких є досягнення рівномірності зварного з'єднання, еквівалентної міцності основного металу, і відсутність дефектів у зварному з'єднанні. Для цього механічні властивості металу шва, наведеної зони і зварного з'єднання загалом мають бути рівними або кращими, ніж мінімальні механічні властивості основного металу. В окремих випадках, з урахуванням конкретних умов експлуатації конструкції, допускається зниження вимог до окремих показників механічних властивостей зварного з'єднання порівняно з вимогами до основного металу.

Під час випробувань на зварюваність необхідно визначати стійкість зварюваної сталі до утворення холодних тріщин. Під час випробувань на зварюваність обов'язковим є визначення опору сталі, що зварюється до утворення холодних тріщин.

Холодні тріщини - це надриви, що виникають через різні проміжки часу в різних зонах зварного з'єднання після завершення зварювання, найчастіше в зоні термічного впливу і рідше в металі шва. Тріщини виникають після охолодження металу шва нижче температури 150-200 °С, іноді через деякий час, наприклад, через кілька хвилин, годин або діб. Тріщини можуть також виникати, коли зварні вироби не перебувають в експлуатації та не піддаються зовнішнім робочим навантаженням, і можуть бути виявлені у виробах, що піддаються навантаженням.

Тріщини виявляються візуальним контролем, макроскопічні мікропори – неруйнівним контролем і розривом.

Зварні з'єднання можуть бути схильні до утворення гарячих тріщин.

Гарячі тріщини – це надриви, що виникають у грубозернистій ділянці

зварного шва. У результаті неминучого нагрівання цієї ділянки до температури, близької до температури затвердіння, відбуваються значні зміни в неметалевих включеннях в основному металі.

Тріщини є небезпечними дефектами, оскільки практично завжди спричиняють крихкість, втому і корозійне руйнування конструкцій і деталей у процесі виготовлення та експлуатації.

Кристалізаційні тріщини - один з основних видів дефектів під час зварювання.

Під час зварювання різних класів сталей зміна форми шва істотно впливає на стійкість до утворення гарячих тріщин. Під час зварювання низьколегованих сталей збільшення коефіцієнта форми шва значно підвищує стійкість металу шва до утворення гарячих тріщин.

Ст3сп має високу критичну швидкість охолодження під час загартування, тому охолодження після зварювання не призводить до значного загального підвищення твердості зонах швів. Як правило, твердість зони термічного впливу (ЗТВ) цієї сталі не підвищується більше HB 180.

Мікроструктура різних ділянок зони термічного впливу може змінюватися від крупнозернистої ферито-перлітної суміші в найбільш перегрітій зоні до дрібнозернистої суміші зерен в деяких частинах зони термічного впливу, нагрітої до A_{c3} .

Сталь мало схильна до утворення гарячих і холодних тріщин, тому конструкції з неї можна без проблем зварювати різними видами зварювання, як за низьких, так і за високих значень

Сталь мало схильна до утворення гарячих і холодних тріщин, тому конструкції з неї можна без проблем зварювати різними способами зварювання, як у разі малих, так і у разі високих значень тепловкладення. Тільки під час зварювання виробів дуже великої товщини (35-40 мм) необхідно нагрівати метал шва до 100 °С, особливо під час зварювання за низьких температур (нижче -10 °С), що пов'язано зі збільшенням зварювальних напружень.

Метал шва не повинен мати тріщин, дефектів зварювання, пористості,

підрізів та інших дефектів, а повинен мати необхідні розміри і форму, зазначені на кресленні.

У деяких випадках висувають додаткові спеціальні вимоги до високої корозійної стійкості зварних з'єднань, їхньої працездатності за вібраційних і ударних навантажень, за високих або низьких температур та інші спеціальні вимоги.

Механічні властивості металу шва і зварних з'єднань залежать від їхньої структури, хімічного складу, умов охолодження зварної конструкції і термічної обробки. Під час зварювання низьковуглецевих сталей склад металу шва дещо відрізняється від складу основного металу. Ця відмінність зумовлена здебільшого нижчим вмістом вуглецю в металі шва (оскільки метал електрода або електродного дроту має нижчий вміст вуглецю, ніж основний метал) і вищим вмістом марганцю та кремнію.

Швидкість охолодження металу шва залежить від товщини металу, що зварюється, режиму зварювання і початкової температури зварювання.

1.1.3 Характеристика зварних з'єднань

Тип зварювального з'єднання залежить від взаємного розташування елементів, що зварюються. Для складання і зварювання торцевих стінок піввагона використовуються такі стандартні зварювальні з'єднання (таблиці 1.6).

Таблиця 1.6 – Зварні з'єднання, які використовуються при виготовленні торцевої стіни на піввагоні

Типи зварних з'єднань	Кількість зварних з'єднань одного типу	Тип швів, катет
Стикові з'єднання	24	1.3
Напускове з'єднання	8	3.1.2 – К5
Таврові з'єднання	40	4.1.3 – К6

Під час зварювання плавленням для забезпечення необхідної глибини проплавлення використовується спеціальна розробка крайок – розкриття. Для кожного методу зварювання нормативна документація рекомендує тип і конструктивні розміри деталей залежно від товщини металу з'єднання.

1.2 Обґрунтування вибору способів зварювання та зварювальних матеріалів

У разі зварювання покритими електродами коефіцієнт наплавлення, що характеризує його продуктивність, виражений збільшенням маси металу шва за рахунок надходження розплавленого металу, становить $\alpha_n = 7-14$ г/А·г порівняно з $\alpha_n = 14-20$ г/А·г для дугового зварювання під флюсом, і $\alpha_n = 12-24$ г/А·г для зварювання у вуглекислому газі.

Ручне зварювання покритими електродами виконують присадними дротами діаметром від 1 до 10 мм, з яких найпоширенішими є електроди діаметром від 3 до 6 мм на струмах від 200 до 350 А з його густиною від 10 до 18 А/мм².

В той час продуктивніше дугове зварювання під флюсом виконують переважно дротами діаметром від 2 до 6 мм струмами від 200 до 1200 А з його густиною від 35 до 125 А/мм². Збільшення швидкості плавлення металу при ручному зварюванні за рахунок збільшення діаметра і сили струму присадного дроту є не бажаним. Це порушує нормальне співвідношення розплавленого основного та електродного металу, погіршує формування шва, викликає розплавлення тонколистових деталей і ускладнює зварювання вертикальних і стельових швів.

Ручне дугове зварювання - трудомісткий процес, оскільки поверхня рідкої ванни завжди містить певну кількість шлаку, що ускладнює досягнення постійної глибини проплавлення основного металу по всій довжині шва і якісне формування шва.

З цих причин ручне зварювання з використанням витратних електродів завжди виконується висококваліфікованим персоналом. Крім того, кутові шви, отримані цим методом, дещо більші за ті, що виходять під час автоматичного зварювання, через нестабільну глибину проплавлення.

Незважаючи на високу універсальність, простоту в експлуатації та відносно невеликі капітальні витрати, ручне зварювання покритими електродами має недоліки, які за об'ємів його застосування негативно позначаються на виробництві зварних конструкцій.

Ручне зварювання широко застосовується для складання різних металоконструкцій, що поставляються після заводського виготовлення, для зварювання конструкцій під час виготовлення безпосередньо на будмайданчику, а також для зварювання арматури під час монтажу.

Зі зварюванням штучними електродами важко конкурувати під час зварювання у важкодоступних місцях конструкцій, нецентралізованого ремонту різних виробів і одиничного виробництва конструкцій з невеликими обсягами зварювання. Воно також може використовуватися для дрібносерійного масового виробництва зварних конструкцій на підприємствах, де кількість зварюваних конструкцій недостатня для ефективно використовувати більш продуктивних методів зварювання.

Механізовані способи зварювання з використанням суцільних і порошкових дротів в захисних газах. Вони інтенсивно використовуються і витісняють ручне дугове зварювання штучними електродами в даний час. Здебільшого вони виконуються в середовищі вуглекислого газу, що дає змогу покращення зовнішнього вигляду, трохи підвищити продуктивність і значно зменшити розбризкування.

Зварювання суцільним дротом виконується в сумішах $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ чи $\text{CO}_2 + \text{Ar} + \text{O}_2$.

У деяких випадках зварювання порошковим дротом виконується без використання вуглекислого газу самозахисним дротом. При виготовленні зварних конструкцій перевагу віддають механізованому зварюванню в захисному газі.

Цей спосіб зварювання має низку переваг. Процес зварювання відбувається з високою концентрацією енергії дуги, що збільшує глибину проплавлення зварного з'єднання і підвищує швидкість зварювання, внаслідок чого утворюється відносно невелика зона структурних змін і зменшується деформація конструкції.

У разі механізованого зварювання шов можна виконувати без перерв. Така технологія зварювання скорочує кількість зупинок і виключає необхідність у додатковому заварюванні кратера, що підвищує продуктивність і знижує витрату електродного дроту за менших трудовитрат. Через відсутність розплавленого

шлаку на поверхні рідкої ванни технологія формування зварного шва дещо простіша, ніж при зварюванні покритими електродами, особливо при зварюванні суцільним дротом.

Поряд із визначеними перевагами механізоване зварювання суцільним дротом і зварювання порошковим дротом мають і деякі недоліки. Найважливішим із них є необхідність захисту рідкої ванни і зони горіння дуги від повітря з атмосфери. Порівняно з ручним зварюванням штучним електродом ці методи зварювання менш маневрені, оскільки напівавтоматичний зварювальний пальник під'єднується до механізму подачі зварювального дроту, і доступ до невеликих ділянок зварюваної конструкції ускладнений.

Якщо розглядати зварювання в захисному газі суцільним дротом, для якого зазвичай використовують дріт діаметром від 1,2 до 1,6 мм зі зворотною полярністю, то втрати дроту через бризки і дим можуть сягати 10-12% при зварюванні в чистому газі CO_2 . Це не тільки знижує ефективність методу, а й погіршує формування зварного шва і спричиняє додаткові трудовитрати на очищення поверхні виробу і сопла зварювального пальника від бризок.

Тому механізоване зварювання суцільним дротом виконують у газовій суміші $\text{Ar} + (10-20\%) \text{CO}_2$ або $75\% \text{Ar} + 20\% \text{CO}_2 + 5\% \text{O}_2$, щоб знизити втрати від розбризкування дроту до 2,5-5,0%. Заходи боротьби з розбризкуванням включають: використання джерел живлення з певними динамічними характеристиками; зварювання на оптимальних швидкостях; підтримання постійної довжини дуги шляхом стабілізації напруги живлення; швидкості подачі дроту та вильоту електрода; очищення дроту від іржі та прожарювання його за температури 200-250 °C протягом 2 год; імпульсно-дугове зварювання.

Крім описаних вище способів зварювання в захисному газі, для зварювання швів перетином понад 20-30 мм² іноді використовується дугове зварювання під флюсом. Техніка дугового зварювання під флюсом вимагає певної кваліфікації через складність стеження за швом через наявність гірки флюсу. У цьому полягає основна відмінність цього способу від механізованих зварювання плавким електродом та у захисних газах.

З огляду на технологію зварювання, продуктивність і трудомісткість механізованих способів зварювання, то їх слід застосовувати у всіх випадках замість ручного зварювання штучними електродами.

В умовах заводського виробництва зварних конструкцій, особливо в машинобудуванні, де здебільшого виготовляють однотипні конструкції з достатньою серійністю, механізовані способи зварювання можуть повністю замінити зварювання штучними електродами. У цих умовах воно може залишитися тільки при зварюванні швів у важкодоступних частинах конструкції або при виготовленні конструкцій зі спеціальних сталей.

У заводських умовах дугове зварювання в захисному газі є необхідним процесом для виготовлення конструкцій з тонколистових деталей і заготовок. Застосування механізованого зварювання під флюсом виправдане при однопрохідному зварюванні з'єднань з перерізом шва понад 20-30 мм².

Автоматичне зварювання плавким електродом. Найпоширенішими способами є дугове зварювання суцільним дротом під флюсом і в захисних газах та електрошлакове зварювання.

У разі частково автоматизованих методів зварювання, механізують, принаймні, операції по подачі електродного дроту в зону зварювання, його переміщення уздовж шва і подачі захисного газу і флюсу (залежно від використовуваного методу зварювання).

У другому випадку всі операції, пов'язані зі зварюванням механізуються і виконуються автоматично. Єдиний виняток – це ручне ввімкнення апарату в роботу.

Варто зазначити, що виробництво зварних конструкцій вимагає різного рівня механізації та автоматизації операцій та відповідного обладнання, пов'язаних із процесом зварювання. Ця необхідність зумовлена різною ефективністю кожного типу обладнання в певних умовах, не тільки конструктивними особливостями виробів, що випускаються, а й їхньою серійністю, вимогами, що висуваються до них і від їхнього виробництва.

Автоматизовані процеси зварювання плавким електродом продуктивніші,

ніж зварювання покритим електродом, механізоване зварювання суцільним або порошковим дротом. При їх використанні зварні з'єднання мають високу якість. Висока продуктивність процесів автоматичного дугового зварювання досягається за рахунок їх виконання на більш високих режимах зварювання і, насамперед, на вищих зварювальних струмах.

Стабільність якості з'єднання при автоматичному зварюванні забезпечується автоматичним виконанням плавлення і формуванням зварного шва.

Розглянемо фактори, що визначають спосіб зварювання елементів торцевої стінки піввагона. Перший фактор - це основний матеріал зварювання, сталь СтЗсп.

Цей матеріал має гарну зварюваність, тому для нього підходять усі запропоновані способи. Перевага віддається: ручне дугове зварювання (Е), механізоване й автоматизоване зварювання CO_2 (УП), автоматизоване під флюсом (Ф) є найкращими методами, які залишено для подальшого аналізу (таблиці 1.7).

Таблиця 1.7 – Способи зварювання СтЗсп для заданої конструкції

Е	УП	ІП	Ф	ІІІ	Г	ІН	П	ЕП	Л
++	++	-	++	+	+	-	-	-	-

Другий фактор – товщина матеріалу (швелер $S=8$ мм; лист $S=3$ мм).

При таких товщинах рекомендується використовувати механізоване та автоматичне зварювання в CO_2 (УП). Це спосіб забезпечує гвру якість шва і є більш продуктивним, ніж ручне зварювання покритим електродом (Е) (таблиці 1.8).

Таблиця 1.8 – Способи зварювання СтЗсп відповідно до заданої товщини

Е	УП	ІП	Ф	ІІІ	Г	ІН	П	ЕП	Л
+	++	-	-	-	-	-	-	-	-

Третій фактор (група) - це положення зварювання, серійність та конфігурація шва.

Конструкції зварюються в виробничих умовах, в зручному нижньому

положенні, шви доступні, по довжині можуть бути короткими або довгими. В умовах серійного виробництва торцевих стінок піввагонів ручне дугове зварювання покритими електродами (Е) може бути виключено з числа інших способів, оскільки воно є найбільш непродуктивне і дороге.

Серед безлічі можливих способів зварювання для виробництва конструкцій механізоване зварювання в захисному газі позначається 135 відповідно до ДСТУ ISO 4063:2014 [7], обираємо, як найбільш доцільним для виробництва торцевих стін піввагона з технічної та економічної точки зору.

Вантажні піввагони випускаються в умовах серійного виробництва. Їх виробництво характеризується використанням ліній, що інтегрують механізацію та автоматизацію процесів, а також застосуванням передових методів зварювання.

До зварювальних матеріалів висувається ряд технічних вимог, основними з яких є: забезпечення стабільності процесу зварювання, досягнення високої продуктивності зварювання, забезпечення якісного формування шва, легке видалення шлаку і кірки з металу шва, захист зони горіння дуги та ванни рідкого металу від впливу азоту, кисню і повітря.

В якості зварювального матеріалу для виготовлення конструкції призначаємо зварювальний дріт 3Si1. Хімічний склад дроту по ДСТУ EN ISO 14341:2014 [8] приведений у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Хімічний склад зварювального дроту 3Si1 [8]

Хімічний склад, % (за масою)											
C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu	Al	Ti, Zr
0,06 - 0,14	0,70 – 1,00	1,30 – 1,60	0,025	0,025	0,15	0,15	0,15	0,03	0,35	0,02	0,15

Зварювальний дріт 3Si1 використовується для автоматизованого і механізованого зварювання у середовищі захисного газу вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей у всіх просторових положеннях.

Цей зварювальний дріт додатково легується кремнієм і марганцем для зниження окислювальних властивостей зварювальної ванни, тобто для збільшення розкислення сталі кремнієм і марганцем, які мають більшу спорідненість до кисню,

ніж залізо.

Для отримання високоякісних зварних швів потрібен вуглекислий газ високої чистоти. Тому для зварювання використовується тільки зварювальний вуглекислий газ або харчовий газ з осушенням. Склад вуглекислого газу за ДСТУ 4817:2007 [10] наведено в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Склад вуглекислого газу [9]

	Зварювальний	
	1 сорт	2 сорт
Об'ємна частка двоокису вуглецю (CO ₂), %, не менш	99,5	98,8
Склад CO ₂ (%) по об'єму не більш	повинна витримати випробування по п.4.11 ДСТУ 4817:2007 Діоксид вуглецю газоподібний та скраплений. Технічні умови.	0,1
Масова концентрація водяних парів при температурі 20° С и тиску 101,3 кПа (760 мм.рт.ст), г/см ³ , не більше	0,184	не норм

Основними домішками у вуглекислому газі, вміст яких у газі суворо обмежений, є азот і волога, що негативно впливають на якість зварних швів та призводять до утворення пор у металі шва.

1.3 Аналіз напружено – деформованого стану під час виготовлення конструкції балки каркасу

Під час виготовлення зварних конструкцій утворюються залишкові деформації, які знижують експлуатаційні характеристики виробу. Такі значні залишкові деформації осьового прогину через зварювання поздовжніх швів виникають під час виготовлення коробчастих балок для обрамлення торцевих стін піввагонів у разі зниження жорсткості.

Технічні рекомендації щодо зниження цього виду залишкових деформацій включають необхідність термообробки після зварювання з використанням спеціальних методів нагріву. Метод термообробки залежить від ступеня відхилення розмірів конструкції і величини залишкової деформації. Іншим

способом усунення залишкових деформацій є зварювання швів “навхрест” відповідно до технічної послідовності. Однак і в цьому випадку не завжди вдається досягти бажаних результатів.

В дипломному проєкті прийнято рішення про попередню деформацію балок перед прихваткою і зварюванням поздовжніх швів.

Для розв'язання цієї задачі було використано складально-зварювальний пристрій, що дає змогу попередньо деформувати заготовку балки у зворотному напрямку шляхом її попереднього вигину в процесі складання та зварювання балки, компенсуючи тим самим залишкові деформації.

Розрахуємо ведичну попереднього прогину балки за методикою [11].

Поздовжній прогин балки утворюється від дії моменту

$$M = P_y \cdot e, \quad (1.1)$$

де P_y – сила усадки, яка діє по осі зварного шва та балки (ексцентриситет).

Прогин балки посередині прольоту від дії постійного моменту визначається за відомою формулою

$$f = \frac{ML^2}{8EI} = \frac{P_y e L^2}{8EI} \quad (1.2)$$

де I - момент інерції поперечного перерізу балки;

E - модуль пружності, МПа; для сталі Ст3сп, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа;

L - проліт балки, $L = 2,19$ м.

Таким чином, завдання полягає у визначенні сил, які необхідно докласти до балки, щоб зігнути її у зворотному напрямку з тим же прогином, тобто зберегти її прямою.

Величина сили стиснення визначається за формулою Винокурова В.О. з достатньою для практичних розрахунків точністю.

У разі зварювання балки двома швами P_y визначається за формулою 1.3.

$$P_y = 1,15 \cdot 17 \frac{q_d}{V_{зв}}, \quad (1.3)$$

де $q_d = I_{зв} \cdot U_{зв} \cdot \eta$ – ефективна теплова потужність зварювальної дуги, Дж/с; $V_{зв}$ - швидкість зварювання, см/с; $I_{зв}$ - сила зварювального струму, А; $U_{зв}$ - напруга

на дузі, В; η - ефективний ККД нагрівання виробу; P_y – сила усадки, Н.

Тому розрахуємо усадочні зусилля, що виникають під час зварювання поздовжніх швів під час виготовлення балки. Режим зварювання поздовжнього шва балки наступний: $I_{зв}=300$ А; $U_{зв}=30$ В; $\eta=0,75$; отже, $q_d=300 \cdot 30 \cdot 0,75=6750$ Дж/с.

Швидкість зварювання поздовжніх швів: $V_{зв}=21,5$ м/год = 0,59 см/с.

З розрахунку режиму зварювання балки (розділ 2) погонна енергія складає 11440,68 Дж/см. Тоді сила усадки, відповідно до формули 1.3

$$P_y = 1,15 \cdot 17 \frac{q_d}{V_{зв}} = 1,15 \cdot 17 \frac{6750}{0,59} = 223665,25 \text{ Н}$$

Визначаємо величину постійного моменту за формулою (1.1):

$$M=P_y \cdot e=223665,25 \cdot 7=1565656,75 \text{ Н} \cdot \text{см}$$

Далі визначимо прогин, який попередньо створюється в процесі зварювання балки для компенсації її деформації під час зварювання та охолодження поздовжнього стикового шва.

Вихідні дані для розрахунку наступні: $P_y=223665,25$ Н; $L=219$ см; $I_x=61,1$ см⁴; $e=7,0$ см; $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа = $2,1 \cdot 10^5$ МН/м²= $2,1 \cdot 10^8$ Н/см²:

$$f = \frac{ML^2}{8EI_x} = \frac{P_y e L^2}{8EI_x} = \frac{223665,25 \cdot 7 \cdot 219^2}{8 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 61,1} = 1,84 \text{ см}$$

Тому перед виконанням прихваток та поздовжніх зварних швів балки створюють прогин $f=1,84$ см, який компенсується під час зварювання на режимах зварювання, визначених в розділі 2.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технологія складання та зварювання рами каркаса піввагона та торцевої стінки в цілому

Перед складанням та зварюванням торцевих стін складаються та зварюються рами каркаса, до яких приварюється обшивка з листового металу. Обшивка з'єднується з каркасом у нижній обв'язці та бічних стійках піввагона. Матеріал обшивки - сталь СтЗсп товщиною 3,0 мм.

Каркас піввагона має рамну конструкцію. Рама - це просторова конструкція, призначена для з'єднання окремих деталей і механізмів у єдине ціле. Однією з основних вимог до рами є її конструктивна жорсткість. У зв'язку з цим балочні заготовки, з яких складається зварна рама, з'єднуються безпосередньо або за допомогою додаткових підсилюючих елементів.

Рама каркасу піввагонів збираються з балкових заготовок, які зварюються між собою. Каркас має довжину 2930 мм і ширину 2310 мм, складається з верхньої і нижньої обв'язок і двох стояків, між якими розміщуються проміжні балки.

Характеристика деталей конструкції. Для виготовлення каркасу торцевої стінки піввагону використовують такі прокатні профілі:

1. Для нижньої обв'язки: 1 кутник розміром 160x100x12, довжиною 2810 мм.
2. Для верхньої обв'язки: 2 швелери №14Са довжиною 2930 мм.
3. Бокові стійки: 2 швелери №14Са довжиною 2190 мм.
4. Проміжні балки: 4 швелери №14Са довжиною 2810 мм.

В конструкції використаний також нерівнополічний сталевий профіль (160x100x12) [2].

Конструкція каркасу піввагона є системою жорстко з'єднаних балок. Перед загальним складанням рами передує процес складання та зварювання цих балок між собою. Прямолінійність балок забезпечується за рахунок компенсації згинальних деформацій, що виникають під час зварювання поздовжніх швів,

шляхом створення попереднього зворотного прогину за допомогою складальних пристроїв та фіксацією прихватками. Поперечні балки також складають до загального складання рами.

Складання рами піввагона проводиться в перевернутому стані. Всі балки послідовно встановлюють до пристрою. Загальне складання каркасу здійснюється безпосередньо в кантувачі.

Механізація серійного виробництва рамної конструкції забезпечується застосуванням спеціального складально-зварювального оснащення.

Місця з'єднання рами каркасу обирають з урахуванням вимог симетрії зварювальних деформацій і відносної простоти форми кожного елемента. Необхідна точність розмірів готової рами піввагона забезпечується подальшою механічною обробкою. Конструктивне виконання і технологія складання та зварювання рами каркасу піввагона повинні забезпечувати мінімальну концентрацію напружень в умовах багаторазової дії динамічних навантажень.

Технологічний процес виготовлення рами каркасу піввагонів містить підготовчі, складальні, зварювальні та контрольні операції.

Підготовчі операції. При виготовленні цієї конструкції підготовчі операції включають в себе правку, різання та очищення..

Правка необхідна для випрямлення прокату перед обробкою і здійснюється шляхом пластичного вигину або розтягування листа..

Для правки листового прокату метал випрямляють, пропускаючи його між двома рядами роликів, які обертаються. Під час проходження між роликами кожна ділянка листа багаторазово згинається в протилежних напрямках і таким чином випрямляється.

Очищення проводиться для видалення консервантів, забруднень, іржі, окалини, задірів і шлаку з поверхні металу. Вони заважають процесу зварювання, викликають зварювальні дефекти і перешкоджають нанесенню захисних покриттів.

Для очищення прокату, деталей і зварних вузлів використовуються механічні та хімічні методи. До механічних методів належать: дробоструменеве очищення;

дробометне на очисних верстатах, галтувальних барабанах; дробоструменеве очищення за допомогою ручних пневматичних і електричних машин.

Хімічні методи включають знежирення і травлення у ванні або струменем.

Дробоструменева і дробометна обробка використовується для видалення окалини, іржі та забруднень з прокатних і профільованих сталевих листів і зварних вузлів товщиною металу 3 мм і більше. Під час дробоструменевої і дробометної обробки дріб з високою швидкістю подається на поверхню, що очищується, вдаряючись об метал і видаляючи забруднення, іржу та окалину.

У дробометних установках дріб викидається лопатями ротору під дією відцентрової сили. Дробоструменева і дробометний обробка проводять в камерах, оснащених очисним устаткуванням, устаткуванням для розміщення і транспортування матеріалу, що очищується, устаткуванням для збирання, відокремлення (очищення) і повернення дробу, а також устаткуванням для видалення забрудненого повітря. Найпродуктивнішим процесом є дробоструменеве очищення, яке застосовується для очищення конструктивних елементів рами піввагонів. Процес очищення профільного металу здійснюється у вертикальному положенні.

Розкрій. Оскільки більшість каркасних конструкцій складається з одного типу профілю, доцільно використовувати профільні ножиці.

Кутові прес-ножиці складаються з двох прямих ножів, що піднімаються і опускаються двигуном, які ріжуть метал між ножами. Різання ножицями ґрунтується на пружно-пластичній деформації і зсуві металу під тиском ножиць.

Для різання профілів використовуються прес-ножиці НГ5223. Технічні характеристики ножиць приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики комбінованих прес-ножиць марки НГ5223

Специфікації	НГ5223
1. Максимальні розміри прокату що розрізається, мм: Товщина та ширина смуги Діаметр кола Сторона квадрата Рівнополичний кутник	16x150 45 40 125x125x12
2. Можливий отвір пробиву, мм: Діаметр Товщина матеріалу	30 16
Номінальне навантаження пресу, кН	400
Габаритні розміри, мм	190x160x1950
Вага, кг	2270

Загальний вигляд таких ножиць показано на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Комбіновані прес ножиці НГ5223

Після підготовчих операції виконуються складально-зварювальні операції.

Послідовність операцій під час виготовлення конструкції торцевої стінки піввагону приведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технологічний процес виготовлення напіввагону

№п/п	Операція	Опис операції	Обладнання, режим
Перше ділянка – виготовлення балок			
005	Транспортна	Подати складальні одиниці на дільницю очищення	Кран- балка
010	Слюсарна	Очистити складальні одиниці від іржі, мастила та інших забруднень	Кутова шліфмашинка, молоток, зубило, щітка
015	Транспортна	Перемістити складальні одиниці на дільницю складання балок	Кран- балка
020	Складальна	1. Встановити складальні одиниці в складальний пристрій. 2. Зафіксувати складальні одиниці в складальному пристрої за допомогою притискача. 3. Надати необхідне зусилля зворотного вигину за допомогою гідравлічного притискача. 4. прихватити швелери, починаючи з середини, утворюючи балки.	Складальний стенд, пневматичний притискач, зварювальний автомат.
025	Зачищення	Зачистити зварні шви від крапель металу	Кутова шліфмашинка
030	Контроль	Виконати ВК зварних з'єднань	Набір ВК
035	Транспортна	Перемістити деталі на друге робоче місце для складання каркаса торцевої стінки піввагона	візковий конвеєр
Друге ділянка – виготовлення рами каркаса торцевої стінки піввагона			
040	Транспортна	Подати балки на дільницю очищення	Візковий конвеєр
045	Слюсарна	Очистити балки в місцях зварювання від іржі, мастила та інших забруднень	Кутова шліфмашинка, молоток, зубило, щітка
050	Транспортна	Перемістити деталі на дільницю складання	візковий конвеєр
055	Складально-зварювальна. Кантувальна	1. Встановити деталі на складальному стенді. 2. Притиснути деталі одна до одної за допомогою струбцини. 3. Виконати прихвалення деталей одна до одної. 4. Зняти притискні струбцини. 5. Виконати зварювання деталей одна до одної кутовими та стиковими швами, утворюючи раму каркаса торцевої стінки піввагона. 6. Зняти каркас з складального стенду. 7. Перевернути деталь. 8. Проварити стикові та кутові шви, що залишились.	Складальний стенд, струбцини, зварювальна колона, напівавтомат, візковий конвеєр
060	Слюсарна	Зачистити зони зварювання від бризок.	Кутова шліфмашинка, молоток, зубило, щітка
065	Контрольна	Виконати ВК зварних з'єднань	Набір ВК
070	Транспортна	Перемістити деталі на третє робоче місце для складання торцевої стінки піввагона	візковий конвеєр

Кінець таблиці 2.2

Третя ділянка - виготовлення торцевої стінки піввагона			
075	Транспортна	Подати деталі на третє робоче місце для складання торцевої стінки піввагона	Візковий конвеєр
080	Слюсарна	Очистити деталі в місцях зварювання від іржі, мастила та інших забруднень	Кутова шліфмашинка, молоток, зубило, щітка
085	Складально-зварювальна	1. Покласти листи на маніпулятор. 2. Покласти каркас на листи та притиснути струбцинами. 3. Приварити листи до каркасу по контуру. 4. Перевернути деталь за допомогою кран-балки. 5. Приварити листи до каркасу з протилежного боку.	
090	Зачищувальна	Зачистити виріб від крапель металу	Кутова шліфмашинка
095	Контрольна	Виконати ВК зварних з'єднань та розмірів виробу	Набір ВК, лінійка, кутник
100	Транспортна	Перемістити готову торцеву стінку в цех готової продукції.	Кран-балка

На першій ділянці виконується складання та зварювання балок для виготовлення рами каркасу.

Балки збираються з двох швелерів №14Са або кутників довжиною 2930 мм, які з'єднуються і зварюються поздовжніми швами, утворюючи коробчасту балку. При складанні швелерів балки важливо перевірити симетрію і взаємне прилягання швелерів та з'єднання їх між собою прихватками. Для цього використовуються кондуктори і стенди, які забезпечують відповідне розташування баз і прижимів по всій довжині балки. Перед складанням балку слід попередньо прогнути, щоб запобігти виникненню залишкових напружень і деформацій вигинання.

Прихватки виконують з середини балки. Після виконання прихваток знімають прижими і балку переміщують на зварювальний пристрій, де її закріплюють і повертають у положення зручне для зварювання.

Прямолінійність балки забезпечується компенсацією деформацій вигину, що виникають при зварюванні поздовжніх швів, шляхом створення попереднього зворотного прогину за допомогою складальних пристроїв, а також фіксацією шляхом встановлення прихваток. Для цього гідравлічні домкрати, підведені до кінців балки, нажимають на низ і вигинають балку.

На другій ділянці збирають та зварюють деталі рами каркасу. Каркас торцевих стінок складаються та зварюються на механізованих ділянках. Оператор подає набір елементів балки, з яких складається каркас, в першу позицію.

Кондуктор – кантувач для складання та зварювання рами каркаса піввагона складається із поворотної рами, яка являє собою складальний кондуктор із пневмоприжимами, упорами та фіксаторами. Поворот кондуктора здійснюється двома гідродомкратами, які шарнірно закріплені на основі. Осі повороту виконані вивідними та приводяться в дію чотирма гідроциліндрами.

Після складання та виконання прихвваток проводиться зварювання. Під час зварювання кондуктор із закріпленою на ньому рамою повертається кантувачем у зручне для зварювання положення, а повз стенда переміщуються візки для зварників. Далі рама проходить ще низку операцій зі складання та зварювання на різних робочих місцях. Для транспортування великогабаритних виробів використовуються візкові конвеєри. Система фіксаторів, упорів і пневмофіксаторів забезпечує задану геометрію конструкції рами каркаса. Складальні шви виконуються двома робітниками, які працюють на цій лінії. Зібраний каркас переміщується з однієї позиції на іншу трьома жорстко з'єднаними візками, оснащеними пневматичними підйомниками.

На інших двох ділянках проводять зварювання каркаса півавтоматами в середовищі CO₂: на другій ділянці – в нижньому положенні, на третій – за допомогою двохстійкового кантувача.

Після завершення зварювання каркас переміщається на третю ділянку, де до неї приварюється обшивка. Раму укладають на обшивку, після чого виконують складання та прихватки. Потім з візкового транспортера зібрана торцева стінка захоплюється системою зажимів, які працюють від пневмомережі. Зажими сконструйовані таким чином, щоб не відкривалися самостійно. У вихідному положенні важелі кантувача розташовані вертикально. Коли зібрана стінка піввагона подається на кантувальну машину він повертається, захоплює її і поміщає на приймальну стійку центральної лінії з поворотом на 180°. Після передачі виробу на зварювання важелі кантувача повертається у вихідне

положення. Автоматичне зварювання обшивки до рами каркаса здійснюється за допомогою зварювального апарату в CO_2 , у цьому разі зменшується розбризкування та виключає необхідність очищення поверхні від бризок. У першому положенні поздовжні зварні шви приварюють обшивку до нижньої і верхньої обв'язок; у другому положенні поперечні зварні шви з'єднують обшивку з проміжними стіками.

2.2 Конструювання зварних з'єднань під час зварювання торцевої стінки піввагона

Основне завдання, що стоїть перед інженерами під час вибору режиму зварювання, зводиться до визначення співвідношення елементів режиму, яке забезпечить необхідну якість зварного з'єднання за максимальної продуктивності та мінімальної вартості процесу.

2.2.1 Технологія складання та зварювання балок каркасу піввагона (перша ділянка)

Балки – це конструктивні елементи, які працюють в основному на поперечний вигин. Балки жорстко з'єднані між собою і утворюють рамну конструкцію. В конструкції рами каркасу стінки піввагона використані коробчаті балки, які працюють в основному в умовах прикладення навантаження в вертикальній та горизонтальній площині, а також під дією крутного моменту.

Під час виготовлення балок для рами каркасу використаний такий прокатний профіль:

1. Для нижньої обв'язки: 1 кутник розміром 160x100x12, довжиною 2810 мм.
2. Для верхньої обв'язки: 2 швелери №14Са довжиною 2930 мм.
3. Бокові стійки: 2 швелери №14Са довжиною 2190 мм.
4. Проміжні балки: 4 швелери №14Са довжиною 2810 мм.

В конструкції використаний також нерівнополічний сталевий профіль (160x100x12) за ДСТУ 8769:2018 [2].

Таблиця 2.3 – Характеристика швелера №14Са відповідно ДСТУ 3436-96 [3].

№ швелера	Маса 1 м, кг	Розміри в мм						Площа перети ну, см ²
		h	b	d	t	R	r	
Швелер №14Са	16,72	140	60	8	9,5	9,5	5,0	21.30

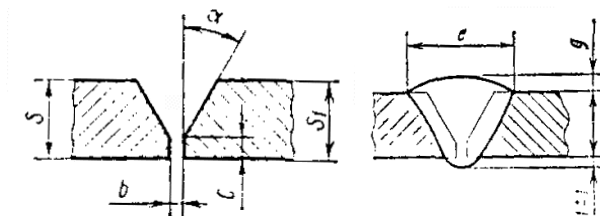
Балка збирається з двох швелерів №14Са довжиною 2930 мм кожен, які зварюються повздовжніми швами в положенні РА відповідно до ДСТУ ISO 6947:2014 [12], утворюючи балку коробчастої форми з двома стінками.

Розрахунок параметрів зварювання стикового шва під час виготовлення балки каркасу.

Під час виготовлення балки бокової стінки рами каркаса на складальний стіл укладають два швелери №14Са довжиною 2190 мм. Балку утворюють два швелери, які зварюють повздовжнім швом на першому робочому місці.

До параметрів режиму зварювання напівавтоматом в середовищі захисного газу відносять: глибину провару h ; діаметр електродного дроту d_d ; катет шву $K_{ш}$; зварювальний струм $I_{зв}$; зварювальна напруга $U_{зв}$; виліт електродного дроту L_d ; швидкість подачі зварювального дроту $V_{др}$; швидкість зварювання $V_{зв.}$; витрати захисного газу $Q_{зг}$.

Визначимо режим зварювання під час виготовлення балки. Швелер має товщину стінки – 8 мм, радіус закруглення – 5 мм. За таких параметрів швелера з деяким приближенням приймаємо стандартне стикове з'єднання 1.3 по ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 [13], зварний шов – стиковий (рисунки 2.2).



$$s = s_1 = 8 \text{ мм}; b \leq 4 \text{ мм}; e \leq 12 \text{ мм}; c \leq 4 \text{ мм};$$

$$g = 1 \pm 1 \text{ мм}; g_1 = 1 \pm 1 \text{ мм}; \alpha = 20 \text{ град}$$

Рисунок 2.2 - Зварне з'єднання 1.3 [13]; зварний шов – стиковий.

Для зварювання використовуються зварювальні матеріали: зварювальний дріт 3Si1, технічна вуглекислота.

Розрахунок режиму зварювання та зварного шва

1. Розрахункова глибина проплавлення, мм:

$$h_{\text{пр}} = S - 0,5 \cdot b = 8 - 0,5 \cdot 2 = 8 - 1 = 7 \text{ мм}$$

2. Діаметр електродного дроту, мм:

$$d_{\text{др}} = \sqrt[4]{h_{\text{пр}}} \pm 0,05 h_{\text{пр}} = \sqrt[4]{7} \pm 0,05 \cdot 7 = 1,65 \pm 0,35 = 1,6 \text{ мм}$$

3. Сила струму, А: $I_{\text{зв}} = 140 \cdot d_{\text{д}}^{1,5} \pm 35 = 140 \cdot 1,6^{1,5} \pm 35 = 300 \text{ А}$

4. Напруга зварювання, В: $U_{\text{зв}} = 15 + 0,05 I_{\text{зв}} = 15 + 0,05 \cdot 300 = 30 \text{ В}$

5. Швидкість подачі дроту, м/год:

$$V_{\text{п.д.}} = 1,9 \frac{I_{\text{зв}}}{d_{\text{д}}^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{I_{\text{зв}}^2}{d_{\text{д}}^3} = 1,9 \frac{300}{1,6^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{300^2}{1,6^3} = 277 \text{ м/год}$$

6. Швидкість зварювання, м/год: $V_{\text{зв}} = \frac{105}{0,7 \cdot h_{\text{пр}}} = \frac{105}{0,7 \cdot 7} = 21,5 \text{ м/год}$

7. Витрата CO_2 , л/хв: $Q = 0,03 \cdot I_{\text{зв}} + 3,5 = 12,5 \text{ л/хв}$

8. Коефіцієнт провару:

$$\psi_{\text{пр}} = k' (19 - 0,01 \cdot I_{\text{зв}}) \frac{d_{\text{др}} \cdot U_{\text{зв}}}{I_{\text{зв}}} = 0,92 (19 - 0,01 \cdot 300) \frac{1,6 \cdot 30}{300} = 2,35$$

$$k=0,92;$$

9. Погонна енергія

$$q_{\text{п}} = \frac{q}{V_{\text{зв}}} = \frac{0,24 \cdot I_{\text{зв}} \cdot U_{\text{зв}} \cdot \eta_{\text{у}}}{V_{\text{зв}}} = \frac{0,24 \cdot 300 \cdot 30 \cdot 0,75 \cdot 36}{21,5} = 2777 \text{ кал /см}$$

$$\eta_{\text{у}}=0,75;$$

10. Дійсна глибина проплавлення, см:

$$h_{\text{п.д.}} = 0,0165 \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}} = 0,0165 \sqrt{\frac{2777}{2,35}} = 0,56 \text{ см} = 5,6 \text{ мм}$$

11. Коефіцієнт розплавлення, г/А·год:

$$\alpha_{\text{р}} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{\text{зв}}}{d_{\text{д}}} = 11,7 + 0,0156 \frac{300}{1,6} = 14,62 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

12. Коефіцієнт наплавлення, г/А·год:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} (1 - \psi_{\text{р}}) = 14,6 (1 - 0,1) = 13,2 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

де $\psi_{\text{р}}=0,01 \div 0,1$ - коефіцієнт втрат на чад і розбризкування.

13. Ширина шва, мм: $e = \psi_{\text{пр}} \cdot h_{\text{п.д.}} = 2,35 \cdot 5,6 = 13,2 \text{ мм}$

14. Площа наплавленого металу, мм²:

$$F_{\text{н}} = \frac{V_{\text{пд}} \pi d_{\text{д}}^2 (1 - \psi_{\text{р}})}{4 V_{\text{зв}}} = \frac{277 \cdot 3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 0,9}{4 \cdot 21,5} = 23,3 \text{ мм}^2$$

15. Опуклість, мм: $g = \frac{F_{\text{н}}}{0,73e} = \frac{23,3}{0,7 \cdot 13,2} = 2,5 \text{ мм}$

16. Коефіцієнт форми валика: $\psi_{\text{в}} = \frac{e}{g} = 5,3$

В таблиці 2.4 приведені параметри режиму зварювання балки.

Таблиця 2.4 – Параметри режиму зварювання стикового шва стандартні та розрахункові

Значення	Параметри режиму зварювання									
	$d_{\text{д}}$, мм	$I_{\text{зв}}$, А	$U_{\text{зв}}$, В	$V_{\text{пд}}$, м/год	$V_{\text{зв}}$, м/год	$q_{\text{п}}$, кал/см	$\psi_{\text{пр}}$	$\alpha_{\text{р}}$, г/А·год	$\alpha_{\text{н}}$, г/А·год	$Q_{\text{газ}}$, л/хв
Стандартні	1,6	130-200	25-32	220-320	15-25	1800-3000	1,3-4,5	14-17	12-15	8-14
Розрахункові	1,6	300	30	277	21,5	2777	2,35	14,6	13,2	12,5

Продовження таблиці 2.4

Значення	Параметри зварного шва					
	Зазор b , мм	Глибина проплавлення, $h_{\text{пр}}$, мм	$F_{\text{н}}$, мм ²	$\psi_{\text{в}}$	Опуклість g , мм:	e , мм
Стандартні	$1 \pm 1,0$	7	20-25	4-7	$1,5 \pm 0,5$	≤ 12
Розрахункові	2	5,6	23,3	5,3	2,5	13,2

Розрахований режим зварювання можна прийняти для виконання повздовжніх швів під час зварювання балки.

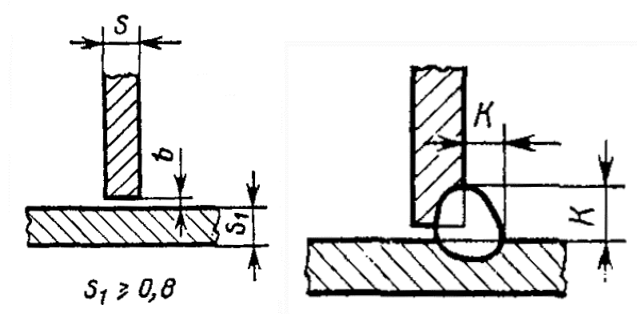
2.2.2 Зварювання стиків балок зі стійками (друга ділянка)

Під час монтажу рами каркасу проводиться з'єднання заготовок балки каркасу зі стійками на другій ділянці.

Проведемо розрахунок режиму зварювання шва, який з'єднує проміжну балку зі стійкою. Цей кутовий шов має довжину 140 мм, товщина металу 8 мм. Його слід виконувати механізованим зварюванням.

Конструктивні умови допускають виконання шву 4.1.3 [13] в положенні РВ [12] за умови, що зварний шов буде виконуватись зі збільшенням зазору до 2-ох міліметрів та процес зварювання буде проходити на невеликій швидкості.

Умови використання конструкції дозволяють виконувати зварний шов 4.1.3 [13] (рисунок 2.3).



$$S=8 \text{ мм} ; S_1= 10\text{мм}; b = 0+1,5 \text{ мм}, K=6,0 \text{ мм}$$

Рисунок 2.3 - Таврове з'єднання 4.1.3 [13]; зварний шов – кутовий.

Розрахунок починаємо з визначення глибини проплавлення, яку можна одержати під час зварювання з однієї сторони.

1. Глибину провару h знаходимо за формулою:

$$h_{\text{пр}} = K - 0,5 \cdot b = 6 - 0,5 \cdot 2 = 5 \text{ мм}$$

де K – катет зварного шва, для металу з межею текучості до 450 МПа, $K = 5-6$ мм.

2. Діаметр електродного дроту, мм:

$$d_{\text{др}} = \sqrt[4]{h_{\text{пр}}} \pm 0,05 h_{\text{пр}} = \sqrt[4]{5} \pm 0,05 \cdot 5 = 1,5 \pm 0,35 = 1,5 \text{ мм}$$

У разі катета шва 6 мм під час зварювання вертикального шва обираємо зварювальний дріт діаметром 1,2: $d_{\text{д}} = 1,6$ мм.

Використовуємо формули для розрахунку параметрів режиму зварювання за методикою [2].

$$3. \text{ Сила струму, А: } I_{\text{зв}} = 140 \cdot d_{\text{д}}^{1,5} \pm 35 = 140 \cdot 1,6^{1,5} \pm 35 = 300 \text{ А}$$

$$4. \text{ Напруга зварювання, В: } U_{\text{зв}} = 15 + 0,05 I_{\text{зв}} = 15 + 0,05 \cdot 300 = 30 \text{ В}$$

5. Швидкість подачі дроту, м/год:

$$V_{\text{пд}} = 1,9 \frac{I_{\text{зв}}}{d_{\text{д}}^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{I_{\text{зв}}^2}{d_{\text{д}}^3} = 1,9 \frac{300}{1,6^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{300^2}{1,6^3} = 277 \text{ м/год}$$

6. Швидкість зварювання, м/год: $V_{\text{зв}} = \frac{105}{0,7 \cdot h_{\text{пр}}} = \frac{105}{0,7 \cdot 7} = 21,5 \text{ м/год}$

7. Витрата CO₂, л/хв: $Q = 0,03 \cdot I_{\text{зв}} + 3,5 = 12,5 \text{ л/хв}$

8. Коефіцієнт провару:

$$\psi_{\text{пр}} = k' (19 - 0,01 \cdot I_{\text{зв}}) \frac{d_{\text{др}} \cdot U_{\text{зв}}}{I_{\text{зв}}} = 0,92 (19 - 0,01 \cdot 300) \frac{1,6 \cdot 30}{300} = 2,35$$

$$k'=0,92;$$

9. Погонна енергія

$$q_{\text{п}} = \frac{q}{V_{\text{зв}}} = \frac{0,24 \cdot I_{\text{зв}} \cdot U_{\text{зв}} \cdot \eta_{\text{и}}}{V_{\text{зв}}} = \frac{0,24 \cdot 300 \cdot 30 \cdot 0,75 \cdot 36}{21,5} = 2777 \text{ кал /см}$$

$$\eta_{\text{и}}=0,75;$$

10. Дійсна глибина проплавлення, см:

$$h_{\text{п}} = 0,0165 \sqrt{\frac{q_{\text{п}}}{\psi_{\text{пр}}}} = 0,0165 \sqrt{\frac{2777}{2,35}} = 0,56 \text{ см} = 5,6 \text{ мм}$$

11. Коефіцієнт розплавлення, г/А·год:

$$\alpha_{\text{р}} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{\text{зв}}}{d_{\text{д}}} = 11,7 + 0,0156 \frac{300}{1,6} = 14,62 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

12. Коефіцієнт наплавлення, г/А·год:

$$\alpha_{\text{н}} = \alpha_{\text{р}} (1 - \psi_{\text{р}}) = 14,6 (1 - 0,1) = 13,2 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

де $\psi_{\text{р}}=0,01 \div 0,1$ - коефіцієнт втрат на чад і розбризкування.

13. Ширина шва, мм: $e = \psi_{\text{пр}} \cdot h_{\text{п}} = 2,35 \cdot 5,6 = 13,2 \text{ мм}$

14. Площа наплавленого металу, мм²:

$$F_{\text{н}} = \frac{V_{\text{пд}} \pi d_{\text{д}}^2 (1 - \psi_{\text{р}})}{4 V_{\text{зв}}} = \frac{277 \cdot 3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 0,9}{4 \cdot 21,5} = 23,3 \text{ мм}^2$$

15. Опуклість, мм: $g = \frac{F_{\text{н}}}{0,73e} = \frac{23,3}{0,7 \cdot 13,2} = 2,5 \text{ мм}$

16. Катет шва: $K = h_{\text{пр}}/0,7 = 5,6/0,7 = 8,0 \text{ мм}$

В таблиці 2.5 приведені параметри режиму зварювання балки.

Таблиця 2.5 – Параметри режиму зварювання кутового шва стандартні та розрахункові

Значення	Параметри режиму зварювання									
	d_d , мм	$I_{зв}$, А	$U_{зв}$, В	$V_{пд}$, м/год	$V_{зв}$, м/год	q_p , кал/см	$\psi_{пр}$	α_p , г/А·год	α_n , г/А·год	$Q_{газ}$, л/хв
Стандартні	1,6	130-200	25-32	220-320	15-25	1800-3000	1,3-4,5	14-17	12-15	8-14
Розрахункові	1,6	300	30	277	21,5	2777	2,35	14,6	13,2	12,5

Продовження таблиці 2.5

Значення	Параметри зварного шва					
	Зазор b , мм	Глибина проплавлення, $h_{пр}$, мм	F_n , мм ²	Катет K , мм	Опуклість g , мм	e , мм
Стандартні	$1 \pm 1,0$	7	20-25	7		≤ 12
Розрахункові	2	5,6	23,3	8	2,5	13,2

Дані розрахунків по глибині проплавлення під час механізованого зварювання кутового шва з однієї сторони свідчить, що розрахований режим може бути прийнятий для виконання зварювання.

2.2.3 Технологічний процес складання та зварювання плоских листових елементів під час виготовлення торцевої стіни піввагона (третя ділянка)

Торцеві стінки піввагона є елементами конструкції транспортних конструкцій, під час їх виготовлення плоскі металеві листи, які потім збираються в жорстку просторову конструкцію, що може витримувати вібраційні і динамічні навантаження. Зовнішня обшивка з'єднується з каркасом у нижній об'язці та бічних стійках піввагона.

Матеріал обшивки - сталь СтЗсп, товщина 3,0 мм. Складання і зварювання обшивки проводиться на спеціальних стендах, які обслуговуються маніпуляторами та зварювальним автоматом, який варить в середовищі захисних газів.

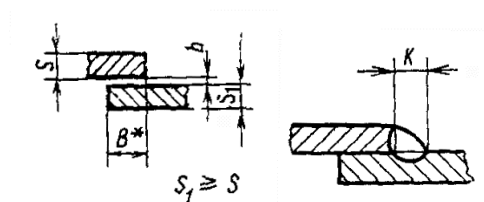
У процесі складання обшивку укладають на стенд уздовж фіксаторів, а відповідні монтажні скоби використовують для розкладки, притискання і прихватки елементів жорсткості рами каркасу. Для цього раму транспортують з

місця виробництва рам за допомогою портального крану і встановлюють на маніпулятор фіксуєчи положення за допомогою щупів і призм та додатковою фіксацією кінцевими пневмофіксаторами. Раму каркаса притискають до обшивки та попередньо вигинають під зварювання за допомогою пневмоциліндрів з затискачами. Після встановлення прихваток пневмоциліндр відключається, і маніпулятор переміщують в потрібне положення.

Під час виконання поздовжнього шва зварювальний апарат проходить повз маніпулятор уздовж направляючої рейки, в той час як під час виконання поперечного шва апарат або маніпулятор переміщуються відносно зварного шва.

Зварювання обшивки до каркасу виконується в CO_2 , для зварювання використовується зварювальний дріт марки 3Si1 діаметром 1,2 мм.

Розрахунок режиму зварювання листів обшивки товщиною 3,0 мм приведений нижче. Розглядається напусткове з'єднання 3.1.2 [13] в положенні РВ [12] (рисунок 2.4).



$$S=3 \text{ мм}; S_1= 8\text{мм}; b= 0+1,0 \text{ мм}, K=5,0 \text{ мм}$$

Рисунок 2.4 – Напусткове з'єднання 3.1.2 [13]; зварний шов – кутовий.

Розрахунок починаємо з визначення глибини проплавлення, яку можна отримати під час зварювання з однієї сторони.

1. Глибину провару h знаходимо за формулою:

$$h_{np} = K - 0,5 \cdot b = 5 - 0,5 \cdot 0 = 5 \text{ мм},$$

де K – катет зварного шва, для напусткового з'єднання, $K=5$ мм.

2. Діаметр електродного дроту, мм:

$$d_{др} = \sqrt[4]{h_{np}} \pm 0,05h_{np} = \sqrt[4]{5} \pm 0,05 \cdot 5 = 1,49 \pm 0,25 = 1,2 \text{ мм}$$

У разі катета шва 4 мм під час зварювання напусткового з'єднання кутового шва обираємо зварювальний дріт діаметром 1,2: $d_d = 1,6$ мм.

3. Сила струму, А: $I_{зв} = 125 \cdot d_{д}^{1,5} \pm 35 = 125 \cdot 1,2^{1,5} \pm 35 = 164 \pm 35$ А

Приймаємо $I_{зв} = 160$ А

4. Напруга зварювання, В: $U_{зв} = 15 + 0,05I_{зв} = 15 + 0,05 \cdot 160 = 23$ В

5. Швидкість подачі дроту, м/год:

$$V_{пд} = 1,9 \frac{I_{зв}}{d_{д}^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{I_{зв}^2}{d_{д}^3} = 1,9 \frac{160}{1,2^2} + 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{160^2}{1,2^3} = 248 \text{ м/год}$$

6. Швидкість зварювання, м/год: $V_{зв} = 21 - 0,175h_{пр} = 20,1$ м/год

Приймаємо 20 м/год

7. Витрата CO₂, л/хв: $Q = 0,03 \cdot I_{зв} + 3,5 = 8,3$ л/хв

8. Коефіцієнт провару:

$$\psi_{пр} = k'(19 - 0,01 \cdot I_{зв}) \frac{d_{др} \cdot U_{зв}}{I_{зв}} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 160) \frac{1,2 \cdot 23}{160} = 2,76$$

$k'=0,92$;

9. Погонна енергія

$$q_{п} = \frac{q}{V_{зв}} = \frac{0,24 \cdot I_{зв} \cdot U_{зв} \cdot \eta_u}{V_{зв}} = \frac{0,24 \cdot 160 \cdot 23 \cdot 0,75 \cdot 36}{20,1} = 1186 \text{ кал /см}$$

$\eta_u=0,75$;

10. Дійсна глибина проплавлення, см:

$$h_{п} = 0,0165 \sqrt{\frac{q_{п}}{\psi_{пр}}} = 0,0165 \sqrt{\frac{1186}{2,76}} = 0,34 \text{ см} = 3,4 \text{ мм}$$

11. Коефіцієнт розплавлення, г/А·год:

$$\alpha_p = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{зв}}{d_{д}} = 11,7 + 0,0156 \frac{1610}{1,2} = 13,78 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

12. Коефіцієнт наплавлення, г/А·год:

$$\alpha_n = \alpha_p(1 - \psi_p) = 13,78(1 - 0,1) = 12,4 \text{ г/А} \cdot \text{год}$$

де $\psi_p=0,01 \div 0,1$ - коефіцієнт втрат на чад і розбризкування.

13. Ширина шва, мм: $e = \psi_{пр} \cdot h_{п} = 2,76 \cdot 3,4 = 9,4$ мм

14. Виліт електродного дроту: $L_{д} = 10d_{др} = 12$ мм

14. Площа наплавленого металу, мм²:

$$F_H = \frac{V_{\text{пд}} \pi d_d^2 (1 - \psi_p)}{4V_{\text{зв}}} = \frac{248 \cdot 3,14 \cdot 1,2^2 \cdot 0,9}{4 \cdot 20} = 12,6 \text{ мм}^2$$

$$15. \text{ Опуклість, мм: } g = \frac{F_H}{0,73e} = \frac{12,6}{0,7 \cdot 13,2} = 2,5 \text{ мм}$$

$$16. \text{ Катет шва: } K = h_{\text{пр}}/0,7 = 3,4/0,7 = 4,8 \text{ мм}$$

В таблиці 2.6 приведені параметри режиму зварювання балки.

Таблиця 2.6 – Параметри режиму зварювання кутового шва стандартні та розрахункові.

Значення	Параметри режиму зварювання									
	d_d , мм	$I_{\text{зв}}$, А	$U_{\text{зв}}$, В	$V_{\text{пд}}$, м/год	$V_{\text{зв}}$, м/год	q_p , кал/см	$\psi_{\text{пр}}$	α_r , г/А·год	α_n , г/А·год	$Q_{\text{газ}}$, л/хв
Стандартні	1,2	130-200	25-32	220-320	15-25	900-1300	1,3-4,5	11-15	10-13	8-14
Розрахункові	1,2	160	23	248	20	1186	2,76	13,78	12,4	8,3

Значення	Параметри зварного шва				
	Зазор b , мм	Глибина проплавлення, $h_{\text{пр}}$, мм	Катет K , мм	Опуклість g , мм	e , мм
Стандартні	$1 \pm 1,0$	5	5	2	≤ 12
Розрахункові	0	4,8	4,8	2,5	9,4

Отримані дані по глибині проплавлення під час механізованого зварювання кутового шва з однієї сторони показують, що розрахований режим може бути прийнятий для виконання зварювання.

2.4 Вибір зварювального обладнання та оснащення для виготовлення торцевої стінки

Складання та зварювання рами каркаса піввагона проводиться на складальному стенді, доцільно використовувати стаціонарну колону для розміщення зварювального обладнання.

Колона використовується для розміщення на ній зварювального напівавтомату та електродного дроту, які розташовуються над складальним стендом, на якому знаходиться виріб.

Таке розміщення полегшує зварнику переміщення біля виробу, тим самим підвищуючи маневреність процесу зварювання і умови роботи зварника.

Для роботи використовується колонна П-302 зі зварювальним напівавтоматом. Колона має такі технічні характеристики:

1. Найбільший радіус зони обслуговування, мм..... 5000
2. Найбільший виліт стріли, мм..... 2800
3. Висот верхнього кінця падаючого шлангу, мм..... 170-2670
4. Найбільший кут нахилу колони, град 45
5. Сумарний кут повороту стріли, град 45
6. Швидкість підйому стріли, м/с 0,01
7. Частота струму, Гц..... 50
8. Напруга, В..... 380
9. Габаритні розміри, мм 3060x530x2788
10. Вага, кг 627

Напівавтомат призначений для механізованого зварювання плавким електродним дротом в середовищі захисних газів.

Напівавтомат ПДГ-421 (рисунок 2.5) характеризується наступними особливостями і параметрами::

- Автоматичне управління подачею газу, джерелом зварювання і механізмом подачі дроту за допомогою кнопки на пальнику.
- Зубчасте зачеплення роликів подачі і притискання.
- Каліброване зусилля притискного пристрою.
- Зварювання довгих і коротких швів.
- Універсальний гальмівний пристрій, що відповідає європейським стандартам.
- Швидкознімні і безпечні струмопідводи.



Рисунок 2.5 - Загальний вигляд напівавтомату.

Цей напівавтомат має такі технічні характеристики:

1. Напруга мережі, В, ($f=50\text{Гц}$)	27
2. Номінальний зварювальний струм, А (ПВ %)	400(60)
3. Кількість пар роликів, шт	2
4. Діаметр електродної проволоки, мм	0,8-1,6
5. Швидкість подавання проволоки, м/год	60-960
6. Габаритні розміри, мм	600x270x400
7. Вага, кг	18

Напівавтомат комплектується випрямлячем ВДГ-401.

Випрямляч призначений для комплектації напівавтоматичного зварювального апарату типу ПДГ-421. Випрямляч в комплекті з напівавтоматом призначений для механізованого зварювання плавким електродним дротом в середовищі захисних газів на постійному струмі.

Випрямляч має:

- Жорстку зовнішню характеристику.
- Плавно-ступінчате регулювання напруги зварювання.
- Наявність розетки 36 В для живлення газового нагрівача;
- Можливість дистанційного керування параметрами зварювання за допомогою пульта дистанційного керування.
- Швидкознімні та безпечні струмопідводи.
- За наявності баластного реостата можна використовувати для зварювання електродами з покриттям.

Зовнішній вигляд випрямляча показаний на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд випрямляча.

Випрямляч має такі технічні характеристики:

1. Напруга мережі живлення, В 3x380
2. Частота мережі живлення, Гц 50
3. Номінальний зварювальний струм, А (ПВ %) 400(60)
4. Межі регулювання зварювального струму, А 80-500
5. Кількість ступенів регулювання струму 3
6. Номінальна робоча напруга, В 42
7. Напруга неодруженого ходу, В не більше 75
8. Споживана потужність, кВа, не більше 28
9. Габаритні розміри, мм 735x605x950
10. Маса, кг 250
11. Примусове охолодження (вентилятор) Присутнє

Для автоматичного зварювання під час виготовлення балок та приварювання обшивки до каркаса використовується підвісний зварювальний апарат А–1408.

Зварювальний підвісний апарат А – 1408 призначений для дугового зварювання й наплавлення під шаром флюсу та в середовищі захисних газів низьковуглецевих і легированих сталей на постійному струмі з незалежними від параметрів дуги швидкостями зварювання й подачі електродного дроту.

Ступінчаста зміна швидкостей зварювання й подачі електродного дроту забезпечують бездоганну повторюваність встановлених режимів. Простота конструкції і схеми управління надають автомату високу надійність. Автомат забезпечений системою автоматичного стеження за стиком.

Технічні характеристики автомата А-1408

1. Напруга мережі живлення, В	380
2. Частота струму мережі живлення, Гц	50
3. Номінальний зварювальний струм, А при ПВ=60%	500
4. Діапазон регулювання зварювального струму, А	60 - 500
5. Кількість електродів, шт	1
6. Діаметр електродного дроту, мм	1,2 - 2,0
7. Межі плавного регулювання швидкості подавання електродного дроту, м/год	17 - 553
8. Поперечне коригування електрода:	
хід, мм	500
швидкість, м/год	0,5
9. Витрата захисного газу, л/год	300-1800
10. Регулювання кута нахилу електрода (мундштука), град	±30
11. Маса, кг:	
- зварювальної головки	185
- джерела живлення	275
12. Габаритні розміри, мм:	
- зварювальної головки	1010×890×1725
- джерела живлення	805×600×1030

2.5 Контроль якості під час виготовлення конструкції торцевої стінки піввагона

1. Контроль якості включає в себе перевірку якості підготовки до зварювання; перевірку вузлів на відповідність кресленням, розмірам та формі; контроль якості швів.

2. Контроль якості підготовки під час зварювання включає в себе зовнішній огляд та виміри.

3. Візуальний контроль конструкції, що складається до зварювання, виконується для підтвердження:

- правильності форми деталей та зварюваних крайок;
- якості обробки зварюваних крайок та поверхонь, прилеглих до них (відсутності на них тріщин та інших дефектів);
- чистоти зварюваних крайок та поверхонь, прилеглих до них;
- правильності форми, розташування і кількості прихваток, гребінок та інших деталей кріплення.

4. Зовнішній огляд деталей, що складаються під зварювання, необхідно проводити по всій довжині зварюваних крайок та прилеглих до них поверхонь. Зовнішній огляд зварюваних конструкцій потрібно виконувати після закінчення складання та повторно безпосередньо перед зварюванням.

5. Перед зварюванням проводиться контроль якості складання за допомогою вимірювань для підтвердження::

- кута розробки крайок;
- глибини розробки крайок;
- розмірів притуплення крайок;
- положення величини розробки;
- величини зазору між деталями;
- правильності сумісності поверхонь деталей в стикових з'єднаннях;
- місце розташування та розміри прихваток, місце розташування деталей кріплення;

6. Всі вимірювання виконуються після візуального контролю або одночасно з ним. Виміри на деталях виконуються до складання їх в конструкцію. Контроль вимірів виконується з використанням вимірювального інструменту та шаблонів, які забезпечують потрібну точність вимірювання та допущених до використання метрологічною службою заводу.

7. Візуальний контроль і вимірюванням якості складання під зварювання має бути зафіксовано в журналі післяопераційного контролю.

8. Конструктивні елементи підготовлених крайок повинні відповідати вимогам державних стандартів на механізоване зварювання в середовищі CO₂ і на автоматичне зварювання в CO₂.

9. Контроль якості зварних швів зовнішнім оглядом і вимірюванням проводиться після зварювання і під час остаточного приймання виробу.

10. Перед візуальним контролем поверхня шва і прилеглі до нього поверхні повинні бути очищені від бризок металу, шлаку, кіптяви та інших забруднень.

11. Зовнішній огляд зварних з'єднань проводиться для:

- контроль якості очищення зварюваних поверхонь, готових швів і навколошовних зон від окалини, бризок шлаку, кіптяви;

- виявлення тріщин в шві та навколошовній зоні, проплавлень, незаварених кратерів, напливів, незаповненого оброблення, зсувів і звужень шва, плям коротких замикань на основному металі, свищів, пор, раковин, підрізів, неправильності форми шва, а також шлакових, металевих, оксидних та флюсових включень на поверхні шва.

12. Зовнішній огляд швів і навколошовної зони повинен проводитися по всій довжині з двох сторін, проводиться візуально.

13. Вимірювання зварних швів і з'єднань проводиться для перевірки:

- ширини шва;
- форми і висоти посилення шва;
- катета шва;
- довжини і кроку переривистих швів;
- глибини і протяжності підрізів;
- зсуви вершин стикового шва;
- величини не співпадіння поверхонь деталей в стикових з'єднаннях.

14. Контроль якості вимірювань здійснюється з використанням вимірювального інструменту і шаблонів допущених до використання метрологічною службою підприємства.

15. Конструктивні елементи зварних швів і їх розміри повинні відповідати вимогам Державних Стандартів на механізоване та автоматичне зварювання в CO_2 .

16. Не допускається в зварних швах наявність окремих пор більше 0,1% мінімальної товщини зварюваних деталей, що входять в зварне з'єднання; подрізів основного металу глибиною 0,5-1 мм завдовжки більше 15 мм і подрізів більше 1 мм будь-якої довжини.

17. Випробування на непроникність стикових швів проводиться кольоровою дефектоскопією.

18. Особливу увагу необхідно приділити кутовим швам, які з'єднують стійки каркасу з проміжними балками та обв'язками, тому що ці шви є несучими та витримують найбільші навантаження.

19. Під час зовнішнього огляду застосовують оглядові лупи (марок ЛПК-470, ЛПК-471) і бінокулярні налобні лупи (БЛ-1, БЛ-2) зі збільшенням до 2х. Для пошуку й оцінки дефектів використовують складні кишенькові лупи (ЛП-1, ЛАЗ, ЛАП4) зі збільшенням 2,5-7х і 7-20х, а також телескопічні лупи (ЛПШ-479, ТЛА).

3. ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТОРЦЕВОЇ СТІНКИ ПІВВАГОНА

3.1 Установка для зварювання балок

Виготовлення коробчастої балки, що складається з 2-х швелерів, здійснюється з використанням складального стенду обладнаним пересувним порталом. На складальному стенді за допомогою гідравлічних домкратів балці надається необхідне зворотне зусилля згину та виконуються прихватки.

Істотним недоліком такого стенду є неможливість автоматичного зварювання заготовок притиснутих заготовок балок без установки прихваток.

Балку, складену на прихватках, знімають зі складального стенду і транспортують на установку автоматичного зварювання.

Загальний вигляд установки зварювання балки показано на кресленні ЗСз01.01.02.000 ВЗ. Установка містить основні виконавчі механізми, необхідні для здійснення процесу зварювання швелерів в коробчату балку відповідно до визначеної технології.

Основними елементами установки є опора 1 то опорні колони 2, які кріпляться до підлоги. Конструктивні елементи, такі як напрямна рейка, по якій переміщується зварювальний апарат 9, прикріплені до опори, система 5 також прикріплена до опори і на ній кріпляться кабелі і шланги. На опорі встановлюється, centruється та фіксується спеціальними затискачами піноль токарного верстата 7 з затискним пристроєм 6. На опорі закріплено обертач 11, який механічно пов'язаний із патроном механізму фіксації деталі..

Для установки обраний горизонтальний двостійковий обертач моделі M212200.

Основні технічні дані та характеристики обертача наведено в таблиці .

Таблиця 3.1 – Основні технічні дані та характеристики універсального обертача M212200

Найменування параметра	Значення
1. Момент на осі обертання, Н·м	40
2. Максимальна вантажопідйомність, кг	2000
3. Частота обертання планшайби в процесі зварювання, об/хв	0,125 - 20

Зварювальна головка 9 включає елементи, необхідні для проведення зварювання (механізм подачі дроту, супорт, коректори). Джерело живлення - зварювальний випрямляч ВДУ-504 і працює у режимі жорстких зовнішніх характеристик.

3.2 Установка для зварювання каркаса

Складання та зварювання рами каркаса піввагона здійснюється на складальному стенді, а для розміщення зварювального обладнання використана стаціонарна колона.

Стаціонарна колона використовується для розміщення на ній зварювального напівавтомату та електродного дроту, які розташовані над складальним стендом, на якому знаходиться виріб.

Таке розташування дозволяє полегшує зварнику переміщуватися навколо виробу, тим самим підвищуючи маневреність процесу зварювання і умови праці робітника.

Для роботи застосована колона моделі П-302. Ця колона має такі технічні характеристики:

1. Найбільший радіус зони обслуговування, мм 5000
2. Найбільший виліт стріли, мм..... 2800
3. Висот верхнього кінця шлангу подачі, мм 170-2670
4. Найбільший кут нахилу колони, град 45
5. Сумарний кут повороту стріли град 45
6. Швидкість підйому стріли, м/с 0,01
7. Частота струму, Гц..... 50

8. Напруга, В.....	380
9. Габаритні розміри, мм	3060x530x2788
10. Вага, кг	627

Біля колони розміщується зварювальний напівавтомат ПДГ-421.

Стаціонарна колона складається з таких вузлів: основа; дві стійки; опора; блок керування; механізм обертання; зварювальний півавтомат; джерело живлення; система подачі газу.

Основа призначена для розміщення та закріплення на ній складових частин стаціонарної колони. За допомогою основи відбувається встановлення установки на фундаменті цеха. Стовпики призначені для закріплення на них опори та зварювального півавтомата [7].

Опора являє собою зварювальний стенд. Призначена для підтримання виробу у горизонтальному положенні та запобігання викривлення його осі під час обертання. Блок керування забезпечує керування елементами установки. Механізм обертання виробу конструктивно розміщений в одному корпусі із блоком керування. Механізм забезпечує зварювальні переміщення виробу [7].

Установка для складання та зварювання рами каркаса піввагона складається із поворотної рами, яка являє собою обертач з пневмоприжимами, упорами та фіксаторами. Осі повороту виконані вивідними та приводяться в дію чотирма гідроциліндрами.

Загальний вигляд установки для зварювання каркаса приведено на кресленні ЗСз01.01.02.00.00 ВЗ.

Механізм обертання 5 обрано універсальний, моделі М31050. Основні технічні дані та характеристики обертача наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Основні технічні дані та характеристики універсального обертача М31050

Найменування параметра	Значення
1. Момент на осі обертання, Н·м	6300
2. Максимальна вантажопідйомність, кг	3500
3. Частота обертання планшайби в процесі зварювання, об/хв.:	0,18 – 1,8

3.3 Стенд та установка для складання та зварювання обшивки до каркасу

Облицювання каркаса складають і приварюють до нього на спеціальному стенді, який обслуговується складальним порталом і зварювальним апаратом.

При виконанні складальних робіт облицювання розміщується на стенді по фіксаторам 7, за допомогою відповідної монтажної скоби виконують розкладку, прижим та прихватки елементів рами каркасу..

Для цього складальний портал 8, який несе раму каркасу на кронштейнах, переміщують повз стенд по рейковим направляючим, фіксуючи його положення за допомогою щупів і призми 3 з подальшим закріпленням пневматичними фіксаторами 4.

Попередній вигин під зварювання і притиснення каркаса 7 до обшивки 6 забезпечується пневмоциліндрами 5 з притискачами. Після встановлення прихваток вимикають пневмоциліндри та переміщуються складальний портал в нове положення.

Загальний вигляд установки для зварювання обшивки до каркасу приведено на кресленні ЗСз01.01.04.000 ВЗ.

Установка складається з таких вузлів: основа; дві стійки; опора; блок керування; механізм обертання виробу; зварювальна головка; джерело живлення; система подачі газу [7].

Основа 1 призначена для розміщення та закріплення на ній складових частин установки. Сійки 2 призначені для закріплення на них опор та зварювальної головки 9.

Опора являє собою непривідний роликовий стенд. Опора призначена для підтримки виробу в горизонтальному положенні і запобігання вигину його осі під час обертання. Блок керування забезпечує керування елементами установки.

Механізм обертання виробу конструктивно розташований в одному корпусі із блоком керування. Він забезпечує переміщення під час зварювання.

Зварювальна головка містить елементи, необхідні для зварювання (механізм подачі дроту, супорт, коректори).

Механізм обертання установки для приварювання обшивки до каркасу універсальний, моделі M11070A. Основні технічні дані та характеристики обертача наведено в таблиці .

Таблиця 3.3 – Основні технічні дані та характеристики універсального обертача M11070A.

Найменування параметра	Значення
1. Кут обертання планшайби, град.	360
2. Максимальна вантажопідйомність, кг	3500
3. Частота обертання планшайби в процесі зварювання, об/хв	0,18 – 1,8
4. Нахил планшайби, град.	135
5. Маса обертача, кг	1610

3.4 Притискні механізми складально-зварювальної оснастки

Притискні механізми призначені для надійного закріплення установлених в пристрої заготовок, деталей, складальних одиниць відповідно з вимогами технологічної документації в процесі всього періоду складання та зварювання. Під час складання та зварювання елементів конструкції стінки піввагона застосовані пневмопритискачі, які забезпечують достатнє складальне зусилля та швидке закріплення та вивільнення вузлів та виробів, які складаються [11].

Переваги пневмопритискачів: доступність, завдяки наявності на заводах мережі стисненого повітря, порівняна простота конструкції, швидкодія, надійність в роботі, зручність у керуванні. До недоліків пневмопритискачів відносяться труднощі регулювання швидкості ходу, необхідність в очищенні повітря від вологи, обмеженість величини сили на штоці (20-30 кН), шумність у роботі [11].

Гідропритискачі розміщують в нижній частині рами складально-зварювального пристрою.

3.5 Дільниця цеху складання та зварювання стінки піввагона

На дільниці складання та зварювання вузлів, а також загального виготовлення даної конструкції виробничі місця обладнані універсальними підйомними пристроями, місцем для розміщення заготовок, а також готових зварних вузлів та складально-зварювальним обладнанням.

При розробці плану дільниці цеху критерієм якості проєктного рішення є ефективність використання виробничих площ і зручність переміщення заготовок, вузлів та всієї конструкції в цілому. При виготовленні стінок піввагона була прийнята схема ділянки цеху з поздовжнім напрямком виробничого потоку (рисунок 3.1).

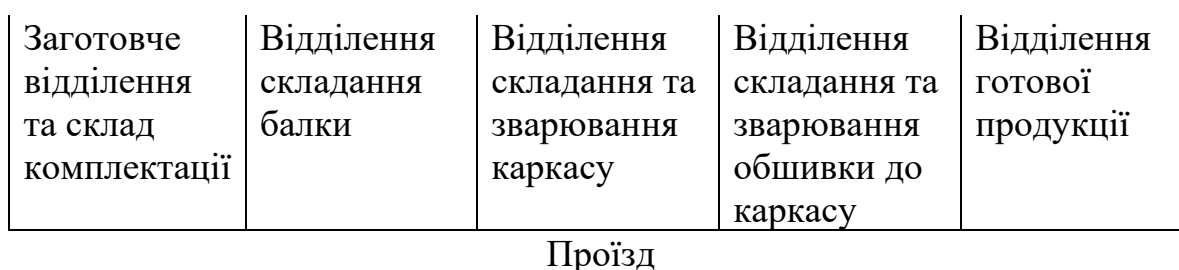


Рисунок 3.1 – Схема дільниці цеху складання та зварювання стінки піввагона

Зі складу складальні одиниці поступають в один із прольотів складання та зварювання вузлів конструкції, кожний із цих прольотів призначений для відповідних розмірів складальних одиниць.

На дільниці складання та зварювання робочі місця оснащені універсальним мостовим краном, площадками для розміщення заготовок та зварених вузлів, а також майданчиком для розміщення складально-зварювального оснащення.

У відділеннях для складання та зварювання виділяють дільниці контролю, прийому та очищення деталей конструкції.

Готовий зварювальний вузол доставляється в складально-зварювальний цех всієї конструкції, а після завершення його виготовлення - на склад готової продукції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Технологія складання та зварювання торцевої стінки піввагона включає в себе кілька критичних етапів, що потребують високого рівня майстерності та уваги до деталей. Основні процеси включають підготовку матеріалів, зварювальні роботи та кінцеве складання конструкції. Кожен з цих етапів створює певні проблеми охорони праці, які необхідно враховувати для забезпечення безпеки працівників.

Зварювання, як ключовий процес, пов'язане з ризиками виникнення опіків, ураження електричним струмом, інгаляцією шкідливих газів та диму, а також з потенційною небезпекою пожежі. Під час складання та зварювання торцевої стінки піввагона, працівники стикаються з необхідністю піднімання важких вантажів, що може призвести до травм опорно-рухового апарату. Всі ці аспекти потребують ретельного контролю та впровадження ефективних заходів безпеки [14].

Метою цього розділу є аналіз існуючих ризиків і небезпек, пов'язаних з технологією складання та зварювання торцевої стінки піввагона, а також розробка рекомендацій щодо їхнього запобігання.

Розробка та впровадження ефективної системи охорони праці є критично важливою для забезпечення безпеки працівників та підтримання безперервності виробничого процесу. Дотримання вищезазначених завдань сприятиме зниженню виробничого травматизму та створенню комфортного і безпечного робочого середовища.

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів процесу складання та зварювання торцевої стінки піввагона

При складанні та зварюванні торцевої стінки піввагона виникає ряд шкідливих та небезпечних факторів, які можуть негативно вплинути на здоров'я працівників та безпеку виробничого процесу. Нижче наведено перелік основних шкідливих та небезпечних факторів, їх опис та коротка характеристика з урахуванням специфіки зварювального процесу:

4.1.1 Термічні фактори

- Опис: Високі температури, що виникають під час зварювання, можуть призвести до опіків шкіри та очей.
- Характеристика: Контакт з розплавленим металом або зварювальним дуговим випромінюванням є основними джерелами опіків. Також можливо ураження ультрафіолетовим та інфрачервоним випромінюванням.

4.1.2 Механічні фактори

- Опис: Важкі компоненти та гострі кромки деталей можуть спричинити травми опорно-рухового апарату та порізи.
- Характеристика: Переміщення важких вантажів без належних засобів захисту може призвести до травм спини, а необережне поводження з інструментами та деталями - до порізів та інших травм.

4.1.3 Електричні фактори

- Опис: Використання електрозварювальних апаратів несе ризик ураження електричним струмом.
- Характеристика: Неправильне заземлення обладнання, пошкоджені кабелі або необережне поводження з електрообладнанням можуть стати причиною серйозних травм або навіть смертельних випадків.

4.1.4 Хімічні фактори

- Опис: Виникнення шкідливих газів під час зварювання може негативно вплинути на дихальні шляхи та загальний стан здоров'я.
- Характеристика: Під час зварювання утворюються оксиди азоту, озон, які при інгаляції можуть спричиняти захворювання дихальної системи, алергічні реакції та інтоксикацію організму.

4.1.5 Пожежна безпека

- Опис: Іскри та розжарені частки металу можуть стати причиною загоряння горючих матеріалів.
- Характеристика: Недотримання правил пожежної безпеки, наявність горючих матеріалів у робочій зоні та відсутність належного контролю за іскроутворенням підвищують ризик виникнення пожежі.

4.1.6 Шум та вібрація

- Опис: Робота зварювального обладнання супроводжується високим рівнем шуму та вібрації.

- Характеристика: Тривале перебування у зоні підвищеного шуму може призвести до порушень слуху, а вібрація - до захворювань опорно-рухового апарату.

Для ефективного управління цими факторами необхідно впровадити комплекс заходів, спрямованих на їхню мінімізацію або усунення, зокрема, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), дотримання нормативних вимог та організацію безпечних умов праці.

При складанні та зварюванні торцевої стінки піввагона виникає ряд шкідливих та небезпечних факторів (ШНВФ), які можуть негативно вплинути на здоров'я працівників та безпеку виробничого процесу. Нижче наведено перелік основних ШНВФ, їх причини виникнення, джерела, параметри, якісні та кількісні характеристики, а також порівняння з нормативними показниками.

Термічні фактори:

- Причини виникнення: Високі температури при зварюванні.
- Джерела: Зварювальна дуга, розплавлений метал.
- Параметри: Температура зварювальної дуги досягає 6000°C.
- Нормативні показники: Гранично допустимі рівні температур для робочої зони регулюються ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 [15]

- Характеристики: Можливі опіки шкіри та очей, тепловий стрес.

Механічні фактори:

- Причини виникнення: Переміщення та монтаж важких елементів.
- Джерела: Важкі деталі, гострі кромки.
- Параметри: Маса деталей може досягати декількох сотень кілограмів.
- Нормативні показники: ДСТУ EN 60079-10-1:2016 [16] регулює допустимі навантаження на працівників.

- Характеристики: Травми опорно-рухового апарату, порізи, синці.

Електричні фактори:

- Причини виникнення: Використання електрозварювального обладнання.
- Джерела: Зварювальні апарати, кабелі.
- Параметри: Напруга зварювальних апаратів може досягати 400 В.
- Нормативні показники: ДСТУ 7237:2011 [17] регулює захист від ураження електричним струмом.
- Характеристики: Ураження електричним струмом, можливість летального випадку.

Хімічні фактори:

- Причини виникнення: Випаровування та дим під час зварювання.
- Джерела: Зварювальні матеріали, покриття металів.
- Параметри: Концентрація шкідливих речовин у повітрі може перевищувати ГДК.
- Нормативні показники: ГДК для оксидів азоту – 5 мг/м³, клас небезпеки
- Характеристики: Захворювання дихальної системи, інтоксикація, алергічні реакції.

Пожежонебезпека:

- Причини виникнення: Іскри та розжарені частки металу.
- Джерела: Зварювальні процеси.
- Параметри: Температура іскор може досягати 2000 °С.
- Нормативні показники: ДСТУ Б В.1.1-7:2016 [18] регулює пожежну безпеку виробничих процесів.
- Характеристики: Загоряння горючих матеріалів, можливість пожежі.

Шум та вібрація:

- Причини виникнення: Робота зварювального обладнання.
- Джерела: Зварювальні апарати, механічні інструменти.
- Параметри: Рівень шуму може перевищувати 85 дБА, вібрація до 2-4 мм/с².
- Нормативні показники: ГДР шуму – 85 дБА , ГДР вібрації – 2 мм/с

- Характеристики: Порушення слуху, захворювання опорно-рухового апарату.

Оцінка рівня небезпеки та шкідливості виробничого процесу

Процес складання та зварювання торцевої стінки піввагона є високоризиковим через наявність численних ШНВФ. Впровадження заходів захисту, таких як використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), навчання персоналу та дотримання нормативних вимог, є критично важливим для забезпечення безпеки працівників та ефективності виробничого процесу [1].

4.2 Нормативні вимоги до технологічних процесів, виробничого приміщення, обладнання, організації робочих місць, персоналу та засобів індивідуального захисту

Забезпечення безпеки праці під час виконання технологічних процесів, пов'язаних зі складанням та зварюванням торцевої стінки піввагона, вимагає дотримання ряду нормативних вимог. У цьому підрозділі розглянуто основні нормативні документи та вимоги, що регулюють безпеку праці на виробництві.

4.2.1 Нормативні вимоги до технологічних процесів

- ДСТУ 2456-94 [20]: Регулює безпечність технологічних процесів, включаючи вимоги до проектування, організації та проведення робіт.
- ДСТУ 2489-94 [21]: Встановлює загальні вимоги до безпеки праці при зварювальних роботах.
- Вимоги: Виконання зварювальних робіт повинно здійснюватися відповідно до встановлених технологічних карт, що передбачають безпечні методи роботи та використання відповідного обладнання.

4.2.2 Нормативні вимоги до виробничого приміщення

- ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 [15]: Встановлює вимоги до мікроклімату, вентиляції та освітлення виробничих приміщень.

- **Вимоги:** Виробничі приміщення повинні бути обладнані ефективною системою вентиляції для видалення шкідливих газів та диму. Освітлення має відповідати нормативним показникам для забезпечення комфортних умов праці.

4.2.3 Нормативні вимоги до обладнання

- ДСТУ EN ISO 12100:2014 [22]: Загальні принципи проектування, оцінки та зниження ризиків на виробництві.

- ДСТУ EN 60204-1:2015 [23]: Вимоги до електрообладнання виробничих машин.

- **Вимоги:** Зварювальне обладнання повинно мати відповідні захисні пристрої, заземлення та регулярний технічний огляд для запобігання аварійним ситуаціям.

4.2.4 Нормативні вимоги до організації робочих місць

- ДСТУ ISO 31000:2018 [24]: Встановлює вимоги до організації робочих місць зварювальників.

- **Вимоги:** Робочі місця повинні бути обладнані відповідними столами, витяжними системами та захисними екранами для зменшення впливу шкідливих факторів.

4.2.5. Нормативні вимоги до персоналу

- ДСТУ ISO 45001:2019 [25]: Система управління охороною здоров'я та безпекою праці.

- **Вимоги:** Персонал повинен проходити регулярне навчання та інструктаж з питань охорони праці, мати необхідну кваліфікацію та допуски для виконання зварювальних робіт.

4.2.6 Нормативні вимоги до засобів індивідуального захисту

- ДСТУ EN 136:2003 [26]: Вимоги до засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) працівників.

- **Вимоги:** Працівники повинні використовувати спеціальний одяг, зварювальні маски, рукавички, захисні окуляри та інші ЗІЗ відповідно до виду виконуваних робіт.

-

4.2.7 Методи контролю виконання вимог безпеки праці

- ДСТУ 7239:2011 [27]: Оцінка ризиків та методи контролю виконання вимог безпеки праці.
- Вимоги: На підприємстві повинна бути впроваджена система контролю за дотриманням вимог безпеки праці, включаючи регулярні перевірки, моніторинг стану робочих місць та технічного стану обладнання.

Дотримання вищезазначених нормативних вимог є запорукою безпеки та ефективності виробничого процесу, що дозволяє знизити ризики виникнення нещасних випадків та забезпечити здорові умови праці для персоналу.

4.3 Інженерні рішення щодо попередження травматизму і професіональних захворювань

Для забезпечення безпеки працівників при складанні та зварюванні торцевої стінки піввагона необхідно впровадити конкретні інженерні рішення, спрямовані на попередження травматизму і професіональних захворювань. Розглянемо основні заходи та засоби колективного і індивідуального захисту, їхні характеристики, а також екологічні заходи для захисту навколишнього середовища.

4.3.1 Технологічні заходи

- Вибір технології зварювання та споріднених процесів:
 - Використання технологій, що забезпечують мінімальний рівень шкідливих виділень та випромінювань.
 - Приклад: Використання автоматизованих зварювальних роботів для зниження впливу шкідливих факторів на працівників.
- Вибір зварювального обладнання:
 - Відповідно до ДСТУ EN ISO 12100:2014 [22], обирається обладнання з підвищеними параметрами безпеки.
 - Приклад: Використання обладнання з автоматичним відключенням у разі перевищення допустимих параметрів.
- Вибір зварювальних матеріалів:

- Матеріали, які мінімізують виділення шкідливих речовин.
- Приклад: Використання зварювальних дротів з низьким вмістом шкідливих елементів.
- Вибір режимів зварювання:
 - Оптимальні режими для зниження рівня утворення диму та аерозолів.
 - Приклад: Використання імпульсного режиму зварювання для зниження рівня виділень.

4.3.2 Конструкторські заходи

- Зміна конструкції обладнання з метою поліпшення умов праці:
 - Конструктивні зміни для зниження впливу шкідливих факторів.
 - Приклад: Оснащення зварювальних постів витяжними системами.
- Розробка оснастки, що покращує умови праці:
 - Оснастка для зменшення важкості та напруженості праці.
 - Приклад: Використання маніпуляторів для переміщення важких деталей.

4.3.3 Спеціальні колективні (санітарно-технічні) заходи і засоби безпеки

- Вибір системи вентиляції:
 - Встановлення ефективних вентиляційних систем.
 - Приклад: Використання витяжної вентиляції з локальним відсмоктуванням.
- Захист від випромінювань оптичного діапазону:
 - Використання захисних екранів та фільтрів.
 - Приклад: Щитки та маски зварювальників з світлофільтрами відповідно до ДСТУ EN 169-2001 [28].
- Захист від електромагнітних полів:
 - Екранування обладнання для зниження рівня електромагнітного випромінювання.
 - Приклад: Встановлення захисних кожухів на зварювальне обладнання.

- Захист від шуму:
 - Використання шумозахисних засобів.
 - Приклад: Звукоізоляція приміщень та використання захисних навушників.

- Захист від рухомих елементів обладнання:
 - Встановлення захисних огорож та блокувальних систем.
 - Приклад: Захисні екрани та блокувальні пристрої на верстатах.
- Захист від ураження електричним струмом:
 - Використання ізольованих інструментів та обладнання.
- Приклад: Дотримання норм електробезпеки згідно з ДСТУ ІЕС 61340- 4-1:2016 [29]

- Захист від інших ШНВФ:
 - Впровадження комплексних заходів для мінімізації шкідливих впливів.
 - Приклад: Регулярний моніторинг робочого середовища.

4.3.4 Організаційно-планувальні заходи

- Обґрунтування плану ділянки (цеху) щодо охорони праці:
 - Раціональне розташування робочих місць для зниження шкідливих факторів.
 - Приклад: Зонування приміщень для мінімізації взаємного впливу процесів.
- Організація робочого місця у відповідності до вимог охорони праці:
 - Створення комфортних умов праці з урахуванням ергономіки.
 - Приклад: Оснащення робочих місць зручними меблями та інструментами.

4.3.5 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

- Призначення, технічні характеристики та ефективність захисту:
 - Використання ЗІЗ у випадках, коли колективні засоби не забезпечують належного захисту.

- Приклад: Захисні костюми, рукавички, маски зварювальників з світлофільтрами різних класів згідно з ДСТУ EN 169-200 [28].

4.3.6 Екологічні заходи

- Захист повітря від викидів шкідливих речовин:
 - Використання фільтрів та систем очищення повітря.
 - Приклад: Встановлення промислових фільтрів для видалення диму.
- Захист води від можливих забруднень:
 - Очищення води, що використовується в технологічних процесах.
 - Приклад: Системи фільтрації та рециклінгу технологічної води.
- Захист ґрунту від відходів:
 - Утилізація відходів виробництва.
 - Приклад: Сортивання та переробка залишків зварювальних матеріалів.

Висновок

Застосування сучасних зварювальних та споріднених технологій з урахуванням вимог охорони праці дозволяє значно знизити ризики травматизму та професійних захворювань, підвищити безпеку та комфортність робочих місць, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

4.4 Аналіз речовин і матеріалів за вимогами пожежовибухонебезпеки

4.4.1 Аналіз речовин і матеріалів

При складанні та зварюванні торцевої стінки піввагона використовуються різноманітні речовини та матеріали, які можуть становити небезпеку у випадку пожежі або вибуху. Основні з них включають:

- Зварювальні матеріали:
 - Електроди та зварювальний дріт: Вони містять метали та сполуки, які можуть бути легко займистими.
 - Захисні гази (аргон, кисень): Хоча самі гази не горять, але сприяють горінню інших матеріалів.

- **Металеві конструкції та деталі:**
 - Метали, зокрема сталь, не є горючими, але при зварюванні можуть утворювати іскри та розжарені частинки, що становлять пожежну небезпеку.
- **Мастила та змащувальні матеріали:**
 - Можуть бути займистими і створюють небезпеку у випадку їх розливу.
- **Інші допоміжні матеріали:**
 - Ганчір'я, папір та інші матеріали, які можуть бути легкозаймистими.

4.4.2 Можливі джерела запалювання

- **Зварювальна дуга:** Основне джерело високих температур та іскор.
- **Електричні інструменти та обладнання:** Можуть викликати короткі замикання та перегрівання.
 - **Розжарені частинки металу:** Утворюються під час зварювання та різання металу.
 - **Необережне поводження з відкритим вогнем:** Куріння, використання відкритих ламп тощо.

4.4.3 Категорія пожежовибухонебезпеки приміщення

- **Категорія приміщення:** Визначається за ДСТУ-Н CEN/TS 54- 14:2004 [30]. Приміщення для зварювальних робіт відноситься до категорії В – помірна вибухопожежна небезпека.

4.4.4 Клас зони пожежовибухонебезпеки

- **Клас зони:** Згідно з ПУЕ (Правила улаштування електроустановок), зони зварювальних робіт можуть бути класифіковані як зони класу 21 (запилені зони з наявністю горючого пилу).

4.4.5 Клас можливої пожежі

- **Клас пожежі:** Клас В – горіння твердих речовин, які плавляться, та клас С – горіння газів.

4.4.6 Можливі причини пожеж

- Короткі замикання та перегрівання електричного обладнання.
- Іскри та розжарені частинки металу при зварюванні.
- Порушення правил зберігання горючих матеріалів.
- Необережне поводження з відкритим вогнем.

4.4.7 Заходи пожежної профілактики

- Встановлення системи витяжної вентиляції: Для видалення зварювального диму та газів.
- Регулярний технічний огляд електрообладнання: З метою виявлення та усунення несправностей.
- Організація робочих місць: З урахуванням пожежної безпеки, зберігання горючих матеріалів на безпечній відстані від джерел запалювання.
- Навчання персоналу: Правилам пожежної безпеки та діям у разі пожежі.

4.4.8. Номенклатура і кількісний склад первинних засобів гасіння пожежі

- Вогнегасники: Порошкові (мінімум 2 шт. на кожне робоче місце), вуглекислотні (мінімум 1 шт. на кожні 20 м²).
- Пожежні ковдри: Для гасіння невеликих осередків пожежі.
- Системи пожежогасіння: Встановлення автоматичних систем пожежогасіння, таких як спринклери.

4.4.9. Вимоги до систем евакуації

- Маркування евакуаційних виходів: Чіткі вказівники до найближчих евакуаційних виходів.
- Евакуаційні плани: Вивішені на видимих місцях, регулярні навчання з евакуації.

- Шляхи евакуації: Повинні бути вільними від перешкод та легкодоступними.

4.4.10. Пожежний зв'язок і сигналізація

- Пожежна сигналізація: Встановлення систем автоматичної пожежної сигналізації у всіх приміщеннях.
- Пожежний зв'язок: Наявність прямих ліній зв'язку з місцевою пожежною частиною.
- Тривожні кнопки: Розташовані у легкодоступних місцях для швидкого виклику допомоги у разі пожежі.

Висновок

Застосування цих заходів і виконання вимог нормативних документів дозволяє значно знизити ризики виникнення пожежі та вибухів, забезпечити безпеку працівників і зберегти виробничі потужності.

5 ЕКОНОМІКА

Автоматизована система моніторингу якості зварювальних швів є передовим технологічним рішенням, що забезпечує високий рівень контролю та точності під час зварювальних робіт. Вона використовує різноманітні датчики та камери, які в режимі реального часу аналізують параметри зварювального процесу, такі як температура, швидкість, глибина проникнення зварювального матеріалу та інші критичні фактори. Ця система здатна виявляти будь-які відхилення від заданих стандартів якості, забезпечуючи своєчасне виявлення дефектів, що можуть виникнути під час зварювання. Завдяки інтеграції з програмним забезпеченням для аналізу даних, система може автоматично регулювати зварювальні параметри для підтримання оптимальної якості швів, що значно зменшує ймовірність виникнення браку та підвищує ефективність виробництва.

Крім того, автоматизована система моніторингу якості зварювальних швів дозволяє зберігати та аналізувати всі дані зварювального процесу, що забезпечує детальний звіт про кожен зварювальний шов. Це особливо корисно для відстеження та документування історії зварювальних робіт, що є важливим для дотримання стандартів якості та вимог безпеки. Використання таких систем значно підвищує продуктивність, зменшує витрати на контроль якості та забезпечує високу надійність і довговічність зварних конструкцій. Інтеграція автоматизованого моніторингу у виробничий процес сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства, оскільки дозволяє забезпечити високі стандарти якості продукції та задовольнити вимоги навіть найвибагливіших клієнтів.

5.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

Опис ідеї стартап-проекту наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка автоматизованої системи, що використовує машинне навчання та комп'ютерний зір для контролю якості зварювальних швів.	1. Промислове зварювання в машинобудуванні	1. Підвищення якості продукції: Автоматизована система дозволяє виявляти та усувати дефекти зварювальних швів у режимі реального часу.
	2. Зварювальні роботи у будівництві	2. Зниження витрат на контроль якості: Система зменшує потребу у ручному контролі та залученні кваліфікованих фахівців для перевірки швів.
	3. Виробництво труб та резервуарів	3. Підвищення безпеки: Система гарантує вищий рівень контролю якості, що зменшує ризик аварій через дефекти зварювальних швів.
	4. Авіаційна та космічна промисловість	4. Швидкість виконання: Автоматизований моніторинг дозволяє прискорити процес зварювання без втрати якості.
	5. Виробництво електроніки та точних механізмів	5. Покращення репутації: Високоякісні зварювальні шви підвищують довіру клієнтів та кінцевих споживачів до продукції.

Чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників.

Автоматизована система моніторингу якості зварювальних швів відрізняється від існуючих аналогів та замінників за кількома ключовими аспектами:

- Інтелектуальний аналіз: Використання машинного навчання та комп'ютерного зору дозволяє системі самостійно вивчати та адаптуватися до різних типів зварювальних швів, забезпечуючи високий рівень точності та надійності.
- Реальний час: Система забезпечує моніторинг і аналіз зварювальних швів в режимі реального часу, що дозволяє швидко виявляти та усувати дефекти, не зупиняючи виробничий процес.
- Автоматизація: Зменшення потреби у ручному контролі, що значно скорочує витрати на залучення висококваліфікованих фахівців та мінімізує людський фактор у процесі контролю якості.
- Широкий спектр застосування: Система може бути адаптована до різних видів зварювання і галузей, від машинобудування до виробництва електроніки, що робить її універсальним інструментом.
- Інтеграція з іншими системами: Легка інтеграція з існуючими виробничими лініями та програмним забезпеченням для управління виробництвом, що підвищує загальну ефективність і зручність використання.

5.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

Для оцінки техніко-економічних переваг автоматизованої системи моніторингу якості зварювальних швів, визначимо перелік ключових техніко-економічних властивостей та характеристик, а також проведемо порівняльний аналіз з існуючими аналогами та замінниками на ринку.

Перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї

1. Точність контролю якості
2. Час реакції системи
3. Автоматизація процесу - Повна автоматизація
4. Інтеграція з існуючими системами
5. Масштабованість
6. Вартість впровадження - Середня вартість впровадження
7. Вартість експлуатації - Низька вартість експлуатації
8. Навчання персоналу - Мінімальне навчання персоналу
9. Екологічність - Висока екологічність (низький вплив на навколишнє середовище, мінімальне енергоспоживання)

Перелік конкретних конкурентів:

- 1 Конкурент 1: ТОВ "УльтраКонтроль"
Традиційні системи ультразвукового контролю
Адреса: м. Київ, вул. Індустріальна, 5
Вебсайт: ultrakontrol.ua
- 2 Конкурент 2: ФОП "Оптичний Контроль"
Ручний контроль якості з використанням оптичних приладів
Адреса: м. Харків, вул. Наукова, 12
Вебсайт: opticontrol.com.ua
- 3 Конкурент 3: ТОВ "РентгенМонітор"
Системи контролю якості з використанням рентгенівських технологій
Адреса: м. Дніпро, просп. Гагаріна, 21
Вебсайт: rentgenmonitor.com

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Порівняльний аналіз техніко-економічних показників

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	Мій проект	Конкурент 1 (ТОВ "Ультраконтроль")	Конкурент 2 (ФОП "Оптичний Контроль")	Конкурент 3 (ТОВ "Рентген Монітор")	W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
1	Точність контролю якості	Висока	Середня	Низька	Висока			S
2	Час реакції системи	Миттєвий	Швидкий	Повільний	Середній			S
3	Автоматизація процесу	Повна	Часткова	Відсутня	Часткова			S
4	Інтеграція з існуючими системами	Легка	Важка	Неможлива	Середня			S
5	Масштабованість	Висока	Середня	Низька	Середня			S
6	Вартість впровадження	Середня	Висока	Низька	Висока		N	
7	Вартість експлуатації	Низька	Середня	Висока	Висока			S
8	Навчання персоналу	Мінімальне	Середнє	Середнє	Високе			S
9	Екологічність	Висока	Висока	Середня	Середня		N	

Висновок.

Автоматизована система моніторингу якості зварювальних швів має значні техніко-економічні переваги у порівнянні з традиційними методами контролю якості. Вона забезпечує високу точність і миттєвий час реакції, повну автоматизацію процесу, легку інтеграцію з існуючими системами та високу масштабованість. Незважаючи на середню вартість впровадження, низькі експлуатаційні витрати і мінімальне навчання персоналу роблять її економічно вигідною у довгостроковій перспективі. Висока екологічність системи також додає додаткову цінність, зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

5.3 Технологічний аудит ідеї проекту

Ідея проекту: Автоматизована система моніторингу якості зварювальних швів (АСМЯЗШ)

Мета аудиту: Оцінити технологічну здійсненність реалізації проекту з впровадження АСМЯЗШ, враховуючи доступність та наявність необхідних технологій.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту [31]

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Автоматизована система моніторингу якості зварювальних швів	Візуальні датчики (камери)	Наявні	Доступні
2		Ультразвукові датчики	Наявні	Доступні
3		Інфрачервоні датчики	Наявні	Доступні
4		Лазерні датчики	Наявні	Доступні
5		Акустичні датчики	Наявні	Доступні
6		Обчислювальний блок (сервери, комп'ютери)	Наявні	Доступні
7		Програмне забезпечення для аналізу даних та машинного навчання	Наявні	Необхідно доопрацювати
8		Комунікаційні модулі	Наявні	Доступні

Обрана технологія реалізації ідеї проекту:

- Для реалізації АСМЯЗШ необхідно використовувати наступні технології:
- Візуальні датчики (камери) для візуального контролю зварювального шва.
- Ультразвукові датчики для виявлення внутрішніх дефектів.

- Інфрачервоні датчики для вимірювання температури та виявлення термічних дефектів.
- Лазерні датчики для вимірювання геометричних параметрів шва.
- Акустичні датчики для аналізу звуку під час зварювання.
- Обчислювальні блоки (сервери, комп'ютери) для обробки даних.
- Програмне забезпечення для аналізу даних з використанням алгоритмів машинного навчання (існує потреба у доопрацюванні).
- Комунікаційні модулі для забезпечення передачі даних між компонентами системи.

Висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту:

Так, проект є технологічно здійсненним.

Технологічний шлях реалізації:

- 1 Вибір та інтеграція наявних датчиків:
 - Використання вже доступних на ринку датчиків (візуальних, ультразвукових, інфрачервоних, лазерних, акустичних).
- 2 Обчислювальні потужності:
 - Використання сучасних серверів та комп'ютерів для обробки великої кількості даних у режимі реального часу.
- 3 Розробка та адаптація програмного забезпечення:
 - Доопрацювання існуючого програмного забезпечення або розробка нового для інтеграції різних типів датчиків та аналізу даних з використанням алгоритмів машинного навчання.
- 4 Забезпечення комунікацій:
 - Інтеграція наявних комунікаційних модулів для забезпечення надійної передачі даних між компонентами системи.

Таким чином, всі необхідні технології для реалізації проекту доступні або можуть бути доопрацьовані. Це дозволяє здійснити успішну реалізацію проекту автоматизованої системи моніторингу якості зварювальних швів.

5.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Потенційні клієнти та їх характеристики наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – 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	Підвищення якості та надійності зварювальних швів	Великі промислові підприємства (автомобілебудування, суднобудування, аерокосмічна промисловість)	Високі стандарти якості та технічні регламенти Необхідність автоматизації процесів Високі обсяги виробництва Значні інвестиції у нові технології	Висока точність контролю Сумісність з існуючими системами Низькі витрати на впровадження Простота інтеграції
2	Зниження витрат на контроль якості	Середні та малі підприємства (металообробка, будівництво, ремонтні майстерні)	Чутливість до вартості Обмежені ресурси на навчання персоналу Потреба у швидкому розгортанні системи Необхідність економічної ефективності	Низька вартість впровадження та експлуатації Простота використання Мінімальне навчання персоналу Надійність та довговічність
3	Відповідність екологічним стандартам	Екологічно свідомі компанії, державні підприємства, енергетичні компанії	Дотримання екологічних стандартів Підвищена увага до екологічних аспектів - Схильність до інноваційних рішень - Потреба у сертифікації продукту	Висока екологічність Сертифікація за екологічними стандартами Докладні технічні інструкції Гарантія безпеки для довкілля
4	Забезпечення безпеки працівників та обладнання	Підприємства з підвищеними вимогами до безпеки (нафтогазова галузь, хімічна промисловість)	Високі стандарти безпеки Потреба у зменшенні ризиків Регулярні перевірки та аудит безпеки Використання новітніх технологій для мінімізації небезпек	Висока точність та надійність контролю Сумісність з системами безпеки Документація для відповідності нормативам Підтримка та сервіс від постачальника

5.4.1 Аналіз попиту

	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100 млн грн/рік
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Ліцензійні вимоги, регуляції з боку банків
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Високий рівень безпеки даних, відповідність GDPR
6	Середня норма рентабельності в галузі, %	20%

Висновок.

Ринок мобільних додатків для управління фінансами зростає, що створює привабливі умови для входу. Проте існують певні обмеження, такі як ліцензійні вимоги та високі стандарти безпеки даних.

5.4.2 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

1. Підвищення якості та надійності зварювальних швів:

- Цільова аудиторія: Великі промислові підприємства.
- Відмінності у поведінці: Високі стандарти якості, автоматизація, високі обсяги виробництва, інвестиції у нові технології.
- Вимоги до товару: Висока точність, сумісність з існуючими системами, низькі витрати на впровадження, простота інтеграції.

2. Зниження витрат на контроль якості:

- Цільова аудиторія: Середні та малі підприємства.
- Відмінності у поведінці: Чутливість до вартості, обмежені ресурси на навчання, швидке розгортання системи, економічна ефективність.
- Вимоги до товару: Низька вартість впровадження та експлуатації, простота використання, мінімальне навчання, надійність та довговічність.

3. Відповідність екологічним стандартам:

- Цільова аудиторія: Екологічно свідомі компанії, державні підприємства, енергетичні компанії.
- Відмінності у поведінці: Дотримання екологічних стандартів, підвищена увага до екологічних аспектів, схильність до інноваційних рішень, потреба у сертифікації продукту.
- Вимоги до товару: Висока екологічність, сертифікація, докладні технічні інструкції, гарантія безпеки для довкілля.

4. Забезпечення безпеки працівників та обладнання:

- Цільова аудиторія: Підприємства з підвищеними вимогами до безпеки.
- Відмінності у поведінці: Високі стандарти безпеки, потреба у зменшенні ризиків, регулярні перевірки та аудит безпеки, використання новітніх технологій.
- Вимоги до товару: Висока точність та надійність контролю, сумісність з системами безпеки, документація для відповідності нормативам, підтримка та сервіс від постачальника.

5.4.3 Аналіз ринкового середовища

Фактори загроз та можливостей наведені в таблиці 5.5 та 5.6

Таблиця 5.5 – Фактори загроз [31]

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Регуляторні вимоги	Високі вимоги до безпеки та конфіденційності	Інвестувати в юридичну підтримку та відповідність стандартам
2	Конкуренція	Високий рівень конкуренції з боку великих гравців ринку	Розробити унікальні функції, що відрізняють продукт від конкурентів

Таблиця 5.6 – Фактори можливостей [31]

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростання ринку мобільних додатків	Збільшення кількості користувачів смартфонів та мобільних додатків	Активні маркетингові кампанії, розширення функціоналу додатку
2	Партнерство з банками	Інтеграція з банківськими системами для покращення функціоналу	Встановити стратегічні партнерства з банками

5.4.4 SWOT-аналіз проекту

Таблиця 5.7 – SWOT-аналіз проекту [31]

Сильні сторони	Слабкі сторони
Інноваційний підхід до управління фінансами за допомогою ІІІ	Обмежені ресурси на початковому етапі
Простота у використанні та інтуїтивний інтерфейс	Потреба у висококваліфікованих спеціалістах
Високий рівень безпеки та конфіденційності	Залежність від банківських систем
Можливості	Загрози
Зростання ринку мобільних додатків	Висока конкуренція на ринку
Інтеграція з банківськими системами	Зміни у регуляторних вимогах
Створення стратегічних партнерств	Високі вимоги до безпеки даних

5.4.5 Аналіз ризиків проекту

Таблиця 5.8 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту [31]

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Партнерство з великими промисловими підприємствами: укладання угод з компаніями в автомобілебудуванні, суднобудуванні, аерокосмічній промисловості для тестування та впровадження системи.	Висока	6-12 місяців
2	Залучення інвестицій через венчурні фонди та бізнес-ангелів: проведення презентацій та участь у стартап-конференціях для отримання фінансування.	Середня	3-9 місяців
3	Розробка пілотного проекту для середніх і малих підприємств: створення тестової версії системи для малих виробництв, проведення пілотного впровадження та збір відгуків.	Висока	6-12 місяців
4	Участь у державних програмах та грантах: подача заявок на державні гранти та участь у програмах підтримки інноваційних проектів.	Середня	6-18 місяців
5	Вихід на міжнародний ринок: пошук закордонних партнерів та проведення маркетингових кампаній для виходу на ринки інших країн.	Низька	12-24 місяців
6	Створення власного інженерного центру для розробки та обслуговування: інвестування у створення центру для постійного вдосконалення та підтримки системи.	Низька	12-24 місяців
7	Маркетингова кампанія для підвищення обізнаності: проведення рекламних кампаній, участь у виставках, створення контенту для соціальних мереж та професійних спільнот.	Середня	3-9 місяців

Пояснення:

1. Партнерство з великими промисловими підприємствами:
 - Ймовірність отримання ресурсів: Висока

- Строки реалізації: 6-12 місяців
 - Опис: Укладання угод з великими компаніями для тестування та впровадження системи.
2. Залучення інвестицій через венчурні фонди та бізнес-ангелів:
- Ймовірність отримання ресурсів: Середня
 - Строки реалізації: 3-9 місяців
 - Опис: Проведення презентацій та участь у стартап-конференціях для отримання фінансування.
3. Розробка пілотного проекту для середніх і малих підприємств:
- Ймовірність отримання ресурсів: Висока
 - Строки реалізації: 6-12 місяців
 - Опис: Створення тестової версії системи для малих виробництв, проведення пілотного впровадження та збір відгуків.
4. Участь у державних програмах та грантах:
- Ймовірність отримання ресурсів: Середня
 - Строки реалізації: 6-18 місяців
 - Опис: Подача заявок на державні гранти та участь у програмах підтримки інноваційних проектів.
5. Вихід на міжнародний ринок:
- Ймовірність отримання ресурсів: Низька
 - Строки реалізації: 12-24 місяців
 - Опис: Пошук закордонних партнерів та проведення маркетингових кампаній для виходу на ринки інших країн.
6. Створення власного інженерного центру для розробки та обслуговування:
- Ймовірність отримання ресурсів: Низька
 - Строки реалізації: 12-24 місяців
 - Опис: Інвестування у створення центру для постійного вдосконалення та підтримки системи.
7. Маркетингова кампанія для підвищення обізнаності:

- Ймовірність отримання ресурсів: Середня
- Строки реалізації: 3-9 місяців
- Опис: Проведення рекламних кампаній, участь у виставках, створення контенту для соціальних мереж та професійних спільнот.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологію виготовлення торцевої стінки піввагона, яка складається з технологічного процесу складання і зварювання рами каркаса та технологічного процесу складання та зварювання плоских листових елементів, які з'єднуються в жорстку просторову конструкцію, здатної працювати в умовах вібраційних та динамічних навантажень.

3. Прямолінійність балки забезпечується за рахунок компенсації згинальної деформації від зварного поздовжнього шва шляхом створення попереднього зворотного прогину, що забезпечується складальними пристроями, та фіксацією його встановленням прихваток. Для цього необхідно гідродомкрати підвести до кінців балки та натиснути на верхній пояс в результаті отримується необхідна величина вигину.

4. Розроблена система керування якістю виготовлення елементів конструкції торцевої стінки та призначений контроль якості зварних швів, являються достатніми для створення впевненості в якості зварних з'єднань.

5. В процесі складання та зварювання конструктивних елементів стінки піввагона використовуються пневмо- та гідропритискачі, які забезпечують необхідне зусилля та швидке закріплення та вивільнення вузлів та виробів, які складаються. Вибране технологічне обладнання та оснащення забезпечує реалізацію технологічного процесу складання та зварювання елементів конструкції та всієї конструкції торцевої стінки піввагона з необхідною ефективністю.

6. Застосування сучасних зварювальних та споріднених технологій з урахуванням комплексу наведеного заходів охорони праці дозволяє значно знизити ризики травматизму та професійних захворювань, підвищити безпеку та комфортність робочих місць, а також зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

7. Представлена технологія може бути використана як на підприємстві, для якого вона призначена, так і в якості джерела інженерних рішень для удосконалення аналогічних виробництв підприємств даної галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 8539:2015. Прокат для будівельних сталевих конструкцій. Загальні технічні умови.
2. ДСТУ 8769:2018. Кутики сталеві гарячекатані нерівнополичні. Сортамент.
3. ДСТУ 3436-96. Швелери сталеві гарячекатані. Сортамент.
4. ДСТУ 2651:2005. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки.
5. ДСТУ 4484:2005. Прокат сортовий і фасонний із сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови.
6. Здатність до зварювання конструкційних матеріалів: Метод. вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни, для студ. спец. 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» / О. А. Сливінський. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 50 с.
7. Чертов І.М. Зварні конструкції: Підручник. –К.: Арістей, 2006. –376с.
8. ДСТУ ISO 4063:2014. Зварювання та споріднені процеси. Перелік й умовні позначки процесів.
9. ДСТУ EN ISO 14341:2014. Матеріали зварювальні. Електродні дроти та наплавлений метал у захисному газі плавким електродом нелегованих і дрібнозернистих сталей. Класифікація.
10. ДСТУ 4817:2007. Діоксид вуглецю газоподібний і скраплений. Технічні умови.
11. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві /2-ге видання, переробл. та доповн.: Навч. Посібник.- К.: Арістей, 2006. – 272 с. ISBN 966-8458-58-3.
12. ДСТУ ISO 6947:2014 Зварювання та споріднені процеси. Робочі положення (ISO 6947:2011, IDT). Поправка
13. ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації щодо підготування зварних з'єднань. Частина 1. Ручне дугове зварювання, зварювання в захисному газі, газове зварювання, TIG - зварювання та променеве зварювання сталей.

14. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.
15. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва
16. ДСТУ EN 60079-10-1:2016. Вибухонебезпечні середовища. Частина 10-1. Класифікація зон. Середовища газові вибухонебезпечні
17. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту
18. ДСТУ Б В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги
19. Охорона праці та цивільний захист / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров, В. В. Зацарний та ін. // За ред. О. Г. Левченка. – К.: Основа, 2019. – 472 с.
20. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки.
21. ДСТУ 2489-94. Контактне зварювання. Вимоги безпеки.
22. ДСТУ EN ISO 12100:2014. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків
23. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги
24. ДСТУ ISO 31000:2018. Менеджмент ризиків. Принципи та настанов
25. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування
26. ДСТУ EN 136:2003. Засоби індивідуального захисту органів дихання. Маски. Вимоги, випробовування, маркування
27. ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація
28. ДСТУ EN 169 2017. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри для зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання

29. ДСТУ ІЕС 61340- 4-1:2016. Електростатика. Частина 4-1. Стандартні методи випробувань для специфічних застосувань. Електричний опір підлогових покриттів і встановлених підлог

30. ДСТУ-Н CEN/TS 54- 14:2004. Системи пожежної сигналізації та оповіщення. Частина 14. Настанови щодо побудови, проектування, монтування, пусконаладжування, введення в експлуатацію, експлуатування та технічного обслуговування

31. Розроблення стартап-проекту. Методичні рекомендації до виконання розділу дипломних проектів для студентів інженерних спеціальностей. Відповідальний редактор Гавриш О.А., д-р техн. наук, проф. Рецензент Головенкін В.П., канд. техн. наук, доц. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 14 с.

ДОДАТКИ

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Ім'я користувача:
Чорний Андрій

Дата перевірки:
19.06.2024 17:35:54 EEST

Дата звіту:
19.06.2024 17:47:05 EEST

ID перевірки:
1016375910

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

ID користувача:
90803

Назва документа: Kofanov_ZSz01_bakalavr_2024

Кількість сторінок: 82 Кількість слів: 15994 Кількість символів: 129248 Розмір файлу: 878.49 KB ID файлу: 1016183919

17.8% Схожість

Найбільша схожість: 7.62% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1000080959)

11.1% Джерела з Інтернету

348

Сторінка 84

14.3% Джерела з Бібліотеки

495

Сторінка 89

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

300