

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі
«Горцева стінка напіввагона моделі 12-791»**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МПС-41
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Кильошик Р.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Підгурський М.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дячун А.Є.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі "Торцева стінка напіввагона моделі 12-791"» складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 56 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 6 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, конструкторська та безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Для висвітлення питань, які розглядаються у кваліфікаційній роботі, розрахунково-пояснювальна записка містить 20 рисунків, 10 таблиць, 13 додаток. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 20 першоджерел.

Робота описує техпроцес конструювання та зварювання торцевої стінки піввагону. Внаслідок аналітичного дослідження сформульовано методи складання і зварювання складових елементів, обрано оптимальну технологію та оптимальні параметри зварювання. Визначено необхідність використання технологічних пристроїв та розраховано їх елементи, запропоновано обладнання для реалізації операцій зварювання. Розглянуто засоби контролю якості, які застосовуються на кожному етапі в процесі виробництва, а також заходи забезпечення БЖД та охорони праці.

Ключові слова: ЗВАРЮВАННЯ В ЗАХИСНИХ ГАЗАХ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПІВВАГОН, НАПІВАВТОМАТ, КОНДУКТОР.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис конструкції виробу	7
1.2 Характеристика матеріалу виробу	9
1.3 Технічні умови на виготовлення виробу	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	17
2.1 Обґрунтування способу зварювання	17
2.3 Вибір методу контролю якості виробу.....	31
2.4 Опис запропонованого технологічного процесу	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	39
3.1 Опис зварювальних пристосувань.....	39
3.2 Розрахунок елементів кондуктора для складання каркасу	43
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Управління безпекою життєдіяльності в Україні	46
4.2 Забезпечення пожежної безпеки та профілактичні заходи запобігання пожежі	50
ВИСНОВКИ.....	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	54
ДОДАТКИ.....	56

ВСТУП

Зварювання має широке застосування у створенні різних конструкцій, що сприяє зменшенню використання металу, скороченню часу робіт та зниженню трудових витрат у виробництві. Традиційне створення зварних конструкцій використовує технологічні рішення, адаптовані з виготовлення інших типів конструкцій. Ці методи адаптуються та розширюються в залежності від специфіки виготовлених елементів і умов їхнього виробництва [1].

У сучасних умовах зварювального виробництва пріоритетним завданням є підвищення продуктивності праці та зниження собівартості виробів. Це забезпечує ефективніше використання робочої сили та підвищення конкурентоспроможності продукції на ринку .

Автоматизація та впровадження механічних процесів у галузі зварювання відіграють ключову роль у підвищенні продуктивності праці, поліпшенні якості зварних виробів, а також удосконаленні умов праці.

Основними викликами у виробництві зварних конструкцій є механізація складальних і допоміжних операцій, які складають близько 35% трудовитрат усіх зварювальних і складальних робіт. Ефективність цих процесів можна покращити за допомогою використання автоматизованих складально-зварювальних систем.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції виробу

Залізничні піввагони призначені для перевезення сипких та дрібношматкових вантажів. Конструкція кузова піввагона моделі 12-791 (рис. 1.1) є суцільнометалевою зварною конструкцією зі півциліндричним дном. Кузов не містить розвантажувальних люків, але має закруглені поверхні у місцях з'єднання з бічними та торцевими стінками. Розвантаження вантажів у такого піввагона здійснюється за допомогою вагоперекидання. Характеристики наведені в табл. 1.1.

У даного типу піввагонів стінки з'єднанні з рамою жорстко. [1].



Рис. 1.1 – Піввагон 12-791 [2]

Таблиця 1.1. – Технічні дані піввагона 12-791 [2]

Вантажопідйомність, не більше , т	70,0
Об'єм кузова, м ³	80
Маса тари, не більше, т	23,4
Розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки , кН(тс)	231,5 (23,5)
База вагона, мм	8 650
Довжина вагона по осях автозчеплень , мм	13 920
Габарит по ГОСТ 9238	1 – ВМ
Кількість люків: – завантажувальних – розвантажувальних	12 460 3 070 2 235
Візок	18 – 7055
Конструкційна швидкість , км/год	3 (210)
Міжремонтний пробіг, км	120
Строк служби, років	22

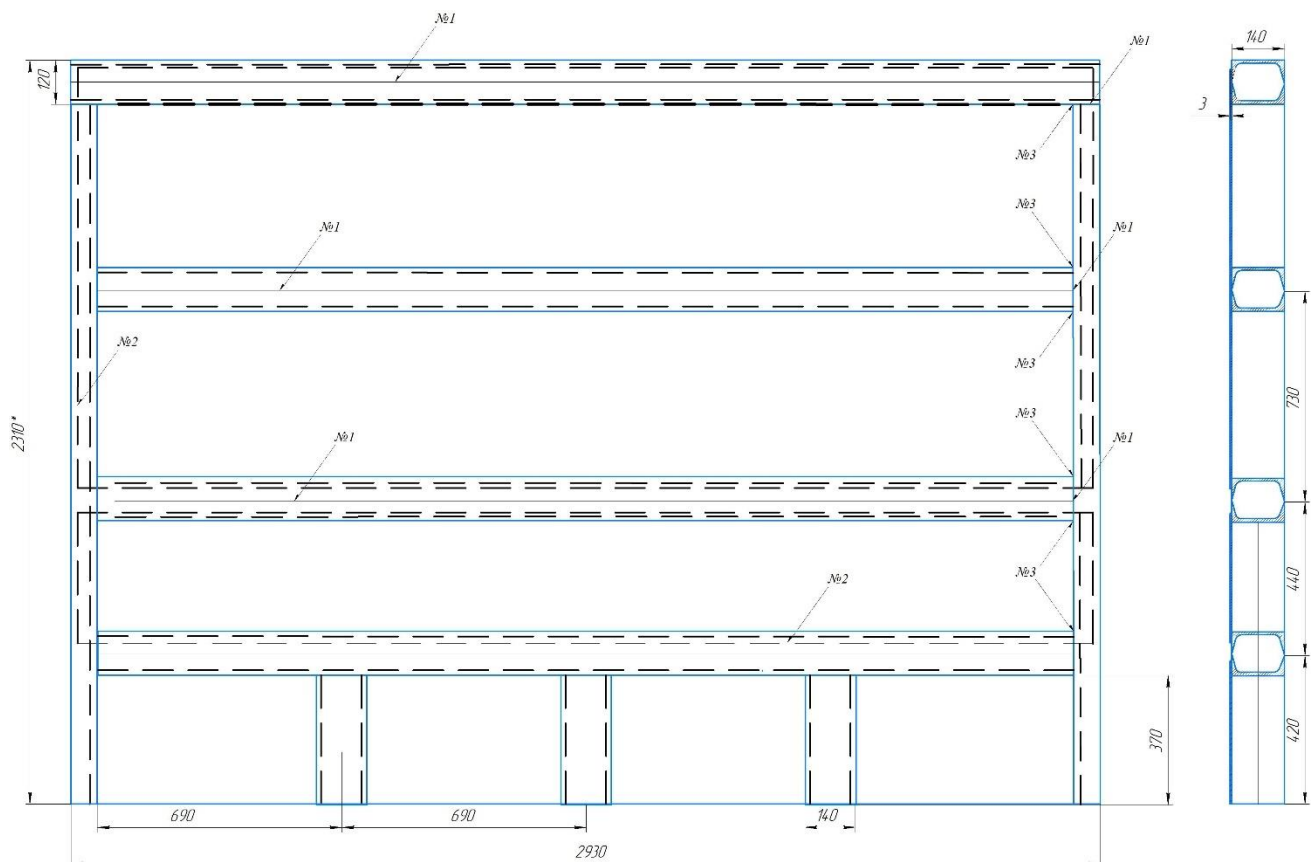


Рис. 1.2 – Конструкція стінки

Торцева стінка має раму-каркас, що дозволяє забезпечити необхідну жорсткість і міцність конструкції. Важливість цієї жорсткості забезпечується стабільністю піввагона при статичних і динамічних навантаженнях. Каркас рами стінки являє собою систему жорстко з'єднаних обв'язок та стійок за допомогою проміжних балок [2].

Процес виготовлення каркасу включає використання профілів, які забезпечують не тільки міцність, але й відносну легкість конструкції, що важливо для збереження економічності перевезення. Використання швелерів №14 різної довжини дозволяє точно формувати рамну конструкцію з необхідними розмірами та властивостями.

Приварювання тонколистової обшивки до каркасу забезпечує захист конструкції та вантажу в середині піввагона. Для обшивки застосовують тонколистовий метал із сталі ВСтЗсп.

Завершення процедури конструювання та зварювання торцевої стінки напіввагону вимагає ретельності та уважності до кожної деталі, включаючи вибір вихідних матеріалів, що забезпечують необхідну тривалість експлуатації. Каркас має довжину 2930 мм та ширину 2310 мм, складаючись з верхньої та нижньої рам та двох колон, між якими знаходяться поперечні балки.

При виробництві каркасу напіввагону використовують наступні валковані профілі: для верхньої рами: 2 швелера №14 довжиною 2930 мм; для бокових колон: 2 швелера №14 довжиною 2190 мм; для поперечних балок: 6 швелерів №14 довжиною 2810 мм [2].

1.2 Характеристика матеріалу виробу

Всі деталі конструкції виготовлені з маловуглецевої сталі марки ВСтЗсп. Хімічний склад приведений в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2. Хімічний склад сталі ВСт3 сп [3-4]

Марка сталі	Вміст елементів, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
				Не більше				
ВСт3сп	0,14-0,22	0,12-0,3	0,4-0,65	0,045	0,05	0,3	0,3	0,3

У таблиці 1.3 наведені механічні властивості сталі ВСт3сп. Ця сталь відноситься до сталей загального призначення.

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі ВСт3сп [3-4]

Марка сталі	Товщина прокату	Межа міцності при розтягуванні в МПа	Мінімальні значення межі плинності, МПа	Відносне подовження в %,
ВСт.3сп	4 - 20	380 - 470	210 - 250	21-27

Ці властивості забезпечують достатню надійність при використанні в конструкціях, що підтримують дії різних механічних навантажень і впливу температури.

Збільшення міцності сталі та складніші умови експлуатації зварних конструкцій спричиняють потребу в більшій кількості параметрів для оцінки зварюваності. Оцінка зварюваності базується не на абсолютних значеннях характеристик шва, а на їх порівнянні з властивостями базового металу. Результати тестів на зварюваність вважаються задовільними, якщо в швах відсутні тріщини і вони відповідають технічним вимогам конструкції [4].

Через велику кількість показників, які впливають на зварюваність, не існує універсальної методики її визначення. Методи залежать від експлуатаційного призначення конструкції та властивостей основного металу.

Зазвичай, високий вміст вуглецю та легування сталі негативно впливають на зварюваність. Вплив кожного легуючого елемента можна порівнювати з впливом вуглецю. Тому з метою визначення такого впливу

проводять попереднє оцінювання зварюваності [4]:

$$C_e = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr+V+Mo}{10} \quad (1.1)$$

$$C_e = 0.12 + \frac{0.5}{20} + \frac{0.5}{15} + \frac{1.02}{10} = 0.28\%$$

Якщо вуглецевий еквівалентний рівень становить менше 0,45%, то вважається, що така сталь має велику схильність утворювати холодні тріщини після впливу термічного циклу зварювання. Цей показник показує на хорошу зварюваність матеріалу, особливо при зварюванні в складних умовах.

Стосовно чутливість до утворення гарячих тріщин (HCS), то це залежить від певних факторів, включаючи температуру рідини матеріалу, вміст легуючих елементів, а також швидкість охолодження після термічного впливу процесу зварювання. Гарячі тріщини забезпечують через високу стійкість до пластичної деформації в області твердіння зварного шва під високою температурою.

Для точної оцінки можна використати детальний аналіз хіміскладу сталі, температурних режимів зварювання, а також провести відповідні тести на зварюваність, що дозволяє ідентифікувати деякі ризики утворення тріщин і відповідно скоригувати технологію зварювання [4].

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

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

Оскільки індекс чутливості (HCS) менший за 4, то гарячі тріщини фактично не виникають. Сталі групи Ст класифікується як добре зварювальні.

1.3 Технічні умови на виготовлення виробу

У процесі виробництва продукції важливо дотримуватися точності габаритів компонентів конструкції відповідно до вимог, вказаних у технічних кресленнях, а також слідувати всім розрахунковим та обраним параметрам зварювання. Режим зварювання повинні гарантувати відповідність якості зварних швів стандартам, встановленим ДСТУ. [5]

Матеріал для зварної конструкції, для залізничного транспорту, повинен відповідати вимогам стосовно хімічного складу та механічних характеристик. Компоненти слід виготовляти з матеріалів, що відрізняються високою здатністю до зварювання та стабільними коефіцієнтами термічного розширення, різниця між якими не повинна бути більшою за 10%. Матеріал із якого виготовляються елементи піввагона повинні відповідати ДСТУ, із врахуванням того, щоб вміст шкідливих елементів не перевищував 0,035%. Будь-які додаткові компоненти матеріалів, що не включені до стандартних чи технічних умов, повинні бути ясно визначені у технічних документах.

Лакофарбове покриття повинно відповідати VII класу відповідно до ДСТУ ISO 12944, і належати до VI групи експлуатаційних умов. Поверхні, призначені для нанесення декоративного покриття, мають бути вільні від залишків зварювання, і ці вимоги мають бути вказані у проектній документації.

Підготовка та фарбування конструкції відбуваються тільки після того, як виріб буде схвалено за результатами якісного контролю ВТК. У конструкціях із зварних елементів важливо уникати змін у перерізах, наявності гострих кутів та інших дизайнерських особливостей, які можуть викликати локалізацію напружень або неоднорідність у розподілі навантажень. Зварні шви повинні виконуватися у відповідності з діючими технічними та нормативними документами галузі.

Вимоги до з'єднань даної зварної конструкції визначені ДСТУ . Вимоги до розмірів з'єднуваних елементів мають забезпечити:

а) монтаж деталей без необхідності їх подальшого узгодження на місці установки;

б) підтримку зазорів у місцях з'єднань компонентів;

в) формування точних кінцевих розмірів та відповідність технічним вимогам до зварного шва чи конструкції, враховуючи деформації, спричинені зварюванням.

Ключові розміри та компоненти продукту повинні строго дотримуватись вимог креслень.

Дефекти, що залишились, мають бути видалені або інтегровані в основний шов під час наступних зварювальних процесів, відповідно до технічної документації.

Типологія з'єднань визначається розміщенням компонентів відносно один одного. При зварюванні стінок використовуються типові з'єднання: стикові, кутові та напусткові.

Зварні шви повинні бути доступними для контролю протягом усіх стадій виробництва та використання, відповідно до вимог стандартів та технічних специфікацій. При зварюванні методом плавлення застосовують спеціальну обробку кромки, щоб забезпечити достатню глибину проплавлення [6].

Під час виготовлення стінок допускаються лише ті дефекти в зварних з'єднаннях, які не перевищують ліміти, встановлені стандартами. Загальна довжина дефектних ділянок не має становити більше ніж 15% від усієї довжини шва в конструкції. виправлення кожного окремого дефекту допускається не більше ніж двічі на одному й тому ж місці.

Оцінюючи якість продукту, зосереджуйтеся на серйозності окремих помилок, їхній кількості, визначенні відходів та оцінці вже виправлених недоліків. Коригування помилок не завжди сприяє покращенню функцій

продукту та супроводжується додатковими фінансовими витратами. Регулювання допустимого рівня дефектів, які не вимагають виправлення, здійснюється нормативною та технічною документацією, що використовується у шкіряній індустрії.

Вибраний процес зварювання повинен гарантувати механічні характеристики зварених швів, які відповідають стандартам, описаним у відповідних технічних та нормативних документах.

Контроль якості процесу зварювання охоплює наступні аспекти:

- ✓ Перевірка кваліфікації зварювального персоналу;
- ✓ Оцінка стану збирально-зварювального, термообробного та інспекційного обладнання;
- ✓ Контроль вихідних та витратних матеріалів;
- ✓ Моніторинг дотримання технологічних вимог в процесі зварювання;
- ✓ Неруйнівне та руйнівне дефектування якості швів;
- ✓ Контроль за процесами усунення виявлених дефектів;
- ✓ Аналіз причин появи дефектів та оцінка ефективності вжитих заходів для їх виправлення;
- ✓ Здійснення періодичних перевірок зварювального обладнання на точність і надійність роботи.

Методи контролю, які використовуються конструкторською організацією, визначаються відповідно до технічних норм і стандартів та фіксуються у технічних документах. Перед початком зварювання проводиться перевірка відповідності металу у зварюваних компонентах, якість підготовки кромки, а також дотримання параметрів зварювального процесу та термообробки.

Основні техніки неруйнівного контролю включають радіографічний, вимірювальний, ультразвуковий та рентгенівський контроль.

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу

Виробничий процес створення заготовок ініціюється з вибору металу відповідно до заданих розмірів, конфігурації поперечного перерізу та класу сталі та охоплює такі дії:

- а) вирівнювання;
- б) нанесення міток;
- в) обрізання;
- г) гнуття;
- д) очищення перед зварюванням.

Після завершення початкових етапів обробки заготовок, наступні етапи технологічного процесу включають:

1. Транспортування компонентів до місця складання;
2. Розміщення деталей на монтажному стенді;
3. Зафіксування деталей струбцинами для тимчасового утримання;
4. Виконання тимчасового кріплення деталей;
5. Зняття струбцин після тимчасового кріплення;
6. Зварювання компонентів в одне ціле;
7. Демонтаж сконструйованої рами зі складального стенду;
8. Поворот компонента для доступу з іншого боку;
9. Зварювання інших швів;
10. Очищення зон зварювання від зварювальних бризок;
11. Візуальний контроль (ВК) якості зварних швів;
12. Транспортування до зони складання бічної стінки;
13. Очищення зварювальних місць від будь-яких забруднень;
14. Розміщення металевих листів на маніпулятор для подальшої обробки;
15. Установка рами на листи та їх фіксація струбцинами;
16. Зварювання листів до рами по периметру;
17. Поворот деталі за допомогою кран-балки для зварювання з протилежного боку;

18. Очищення виробу від металевих крапель;
19. Виконання остаточного ВК з'єднань і розмірів виробу;
20. Переміщення завершеної бічної стінки ворота до цеху готової продукції.

Ці етапи гарантують, що кожен аспект виробу відповідає високим стандартам якості та технічним вимогам, що сприяє надійності та довговічності кінцевого продукту.

Рама стінки виготовляється на автоматизованій дільниці з використанням спеціального стенду. Після монтажу та тимчасового закріплення деталей проводиться зварювання. Надалі каркас проходить через серію монтажних та зварювальних робіт на різних станціях. Точне дотримання заданих розмірів каркасу рами забезпечується завдяки використанню системи стопорів, затискачів та пневматичних пресів.

Зварювання каркасу виконується за допомогою напівавтоматичного апарату в атмосфері CO₂. Після завершення зварювання, каркас передають на наступний етап, де відбувається приварювання обшивки. Раму каркасу розміщують на обшивці, після чого проводять монтаж і автоматичне зварювання за допомогою зварювального апарату в середовищі CO₂. Спершу здійснюють зварювання довгих швів, які приєднують обшивку до нижньої та верхньої частин рами, а потім зварюють поперечні шви, з'єднуючи обшивку з проміжними стійками.

Оптимізація поточного технологічного процесу включають:

- механізацію та автоматизацію складально-зварювальних процесів;
- поліпшення конструкції затискачів;
- введення в експлуатацію продуктивнішого та сучаснішого обладнання.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування способу зварювання

У процесі виробництва стінки використовуються стандартні з'єднання (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Типи з'єднань

Типи зварних з'єднань	Кількість зварних з'єднань одного типу	Тип швів, катет
Стикові з'єднання	24	С17 -УП
З'єднання внакладку	8	Н1 – УП – К5
Таврові з'єднання	40	Т1 – УП – К6

При зварюванні методом плавлення для забезпечення адекватної глибини проплавлення важливо виконати спеціальну підготовку. Залежно від товщини з'єднувальних товщин, стандарти зварювальних способів вказують типи та розміри конструктивних елементів з'єднань.

У зв'язку з запропонованими видами зварних з'єднань та товщинами елементів, слід обґрунтувати вибір способу зварювання. Серед поширених способів зварювання при виробництві зварних конструкцій зустрічаються: ручне дугове зварювання (РД), механізоване та автоматизоване зварювання в CO_2 та його сумішах (ВП), зварювання плавким електродом в захисних газах (ІП), автоматичне зварювання під флюсом (Ф), електрошлакове зварювання (Ш), газове зварювання (Г), аргонодугове зварювання (ІН) та зварювання за допомогою плазмової дуги (П).

Давайте розглянемо кілька методів:

РДЗ: цей спосіб є відносно непродуктивним. Коефіцієнт наплавлення, який вимірює продуктивність, складає $\alpha_n=7-14$ г/А•год, порівняно з $\alpha_n=14-20$ г/А•год для зварювання під флюсом та $\alpha_n=12-24$ г/А•год при зварюванні в середовищі CO_2 . При РД зварюванні використовують присадні дроти

діаметром 1...10 мм та електроди діаметром від 3 до 6 мм при струмах від 200 до 350 А та щільності струму 10 - 18 А/мм². [7]

Зварювання під флюсом є методом з високою продуктивністю. Його реалізують при використанні електродів діаметром від 2 до 6 мм на струмах від 200 до 1200 А та щільності струму 35-125 А/мм². Підвищення швидкості плавлення за допомогою збільшення діаметру присадних дротів і струму не завжди є вигідним, оскільки це може порушити баланс між розплавленим основним та електродним металами, що негативно впливає на формування шва, спричиняє прогари на тонких металевих листах та ускладнює зварювання у вертикальному чи стельовому положенні. Ручне зварювання вважається трудомістким методом, оскільки процес супроводжується формуванням шлаку в розплавленій ванні, що ускладнює досягнення однорідної глибини провару по всій довжині шва та ідеального формування шва.

З цих причин ручне зварювання завжди вимагає виконання кваліфікованими працівниками. Через нерівномірну глибину проплавлення, кутові шви, зроблені цим способом, часто мають більші катети порівняно з автоматичними зварюваннями. Незважаючи на велику адаптивність, гнучкість та відносно невеликі інвестиційні витрати, ручне зварювання обмазаними електродами має недоліки, які при великих обсягах використання можуть негативно впливати на ефективність виробництва конструкцій.

Ручне зварювання знаходить своє застосування в ідеальних умовах, таких як складання металевих конструкцій після виробництва на заводі, виконання робіт на місцях установки конструкцій, а також при монтажі арматури. Він є незамінним для зварювання в труднодоступних місцях, при децентралізованому ремонті різноманітних виробів, та при виготовленні унікальних конструкцій з малими обсягами зварювання. Він також використовується у малих та середніх серіях виробництва конструкцій у

заводських умовах, коли обсяг виробництва є недостатнім для ефективного застосування більш продуктивних технік зварювання.

Автоматизоване зварювання за допомогою суцільного та порошкового дроту у захисному газовому середовищі. Ці підходи до процесу зварювання поступово замінюють традиційне РДЗ. Такі методи зварювання, як в середовищі газу, спрямовані на покращення формування швів та підвищення продуктивності. Зварювання дротом суцільного перерізу зазвичай проводиться у газових сумішах $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ або $\text{CO}_2 + \text{Ar} + \text{O}_2$. В окремих випадках порошкове зварювання здійснюється без додавання вуглекислого газу, застосовуючи дроти з власним захисним покриттям. [7]

Автоматизоване зварювання в газах має високу щільність енергії дуги, що забезпечує інтенсивне проплавлення кромки металу та зменшення області структурних змін, що веде до мінімізації деформації конструкції.

Також, сюди можна віднести неперервність процесу зварювання і потребу в заповненні кратерів, тим самим підвищуючи ефективність роботи та зменшуючи споживання зварювального дроту. В свою чергу цей спосіб виключає відсутність шлаку на поверхні розплавленої ванни, що поліпшує формування зварного шва, особливо при використанні суцільного дроту.

Проте автоматизовані способи зварювання також мають свої недоліки. Основна проблема полягає в недостатньому захисті розплавленої ванни та зони дуги від атмосферного повітря. Додатково, такі методи виявляються менш гнучкими через з'єднання зварювального пальника з системою подачі дроту, що обмежує доступність до важкодоступних місць в зварювальних конструкціях.

Зварювання суцільним дротом у захисних газах виконується за допомогою дротів діаметром від 1,2 до 1,6 мм на зворотній полярності. Умови зварювання виключно в атмосфері вуглекислого газу призводять до втрат дроту на розбризкування у межах 10 - 12%, що знижує загальну продуктивність методу, погіршує формування швів та вимагає додаткових

витрат на очищення готових виробів та зварювального устаткування від бризок. [7-8]

Автоматичне зварювання дротом застосовується у газових сумішах $Ar + (10 - 20 \%) CO_2$ або $75 \% Ar + 20 \% CO_2 + 5 \% O_2$, що допомагає знизити втрати дроту на розбризкування до 2,5 - 5,0 %. Для мінімізації розбризкування використовують такі методи, як застосування джерел живлення з певними динамічними характеристиками, зварювання при оптимальних швидкостях, забезпечення стабільної довжини дуги шляхом регулювання напруги джерела живлення, регулювання швидкості подачі дроту та довжини виступу електрода, очищення дроту від іржі, його прогрівання при температурі 200 - 250 °C на протязі 2 годин, а також використання імпульсної дуги для зварювання.

При зварюванні швів площею понад 20—30 мм² часто застосовується механізоване зварювання під флюсом. Цей метод вимагає певних навичок, адже через наявність покривної гірки флюсу, важко контролювати процес формування шва, на відміну від зварювання в газах [7-8].

З технічної точки зору, ефективність та трудомісткість механізованих методів зварювання значно перевищують ручне зварювання. Такі механізовані способи є більш доцільними для використання в умовах промислового виробництва зварних конструкцій та у машинобудуванні для виготовлення стандартних виробів великими серіями. Ручне зварювання залишається важливим лише для робіт у труднодоступних місцях або під час роботи зі спеціалізованими сталями.

У промислових умовах, зварювання суцільним дротом в захисних газах є ключовим для створення конструкцій з тонколистових матеріалів. Механізоване зварювання під флюсом використовується для ефективного з'єднання швів з перетином понад 20 - 30 мм² в один прохід.

Серед автоматичних методів зварювання, особливо популярне застосування довготривалого зварювання суцільним дротом як під флюсом,

так і в захисних газах, а також електрошлакове зварювання. Ці техніки забезпечують високу продуктивність і якість зварних швів, що робить їх відмінним варіантом для серійного виробництва зварних конструкцій.

У напівавтоматичних методах зварювання автоматизовано такі процеси, як подача зварювального дроту в зону дії, його переміщення вздовж шва, а також подача захисного газу чи флюсу (в залежності від обраного методу). У повністю автоматичних системах усі супутні процеси зварювання виконуються автоматично після активації обладнання оператором.

Для виготовлення зварних конструкцій необхідне обладнання з різним ступенем механізації та автоматизації, що виправдано варіативністю ефективності кожного типу обладнання в певних умовах, з урахуванням конструктивних особливостей виробів, їх серійності та вимог до якості.

Автоматичні методи зварювання з використанням плавкого електрода є більш ефективними порівняно з ручним зварюванням за допомогою покритих електродів чи механізованим зварюванням за допомогою суцільного та порошкового дроту. Ці техніки забезпечують вищу якість зварних швів завдяки можливості використання підвищених налаштувань зварювання, особливо збільшення зварювального струму. Якість з'єднань стабілізується за рахунок автоматизації процесів плавлення та формування швів. [7]

Враховуючи конструктивні особливості конструкції стінки піввагона та протяжність швів і їх розташування найбільш ефективним є зварювання в газах.

Зважаючи на те, що вантажні напівавагони виробляються в умовах масового виробництва на лініях з інтегрованою механізацією та автоматизацією, використовуючи передові способи зварювання. Для забезпечення якісного виконання зварювальних операцій та якості конструкції стінки необхідно обґрунтовано підібрати зварювальний дріт та

захисний газ. З цією метою необхідно врахувати технічні вимоги до зварювальних матеріалів, які охоплюють:

- Забезпечення надійності зварювального процесу.
- Забезпечення ефективності робочого процесу.
- Висока якість формування зварних швів.
- Легкість видалення шлакових відкладень зі шва.
- Захист зони дуги та розплавленого металу від впливу азоту, кисню, та інших газів.

З врахуванням вище сказаного для з'єднання елементів стінки застосовуємо дріт СВ-08Г2С, детальний хімічний склад якого вказаний у таблиці 2.2..

Таблиця 2.2 – Хімічний склад дроту Св – 08Г2С [9]

<i>C, %</i>	<i>Mn, %</i>	<i>Si, %</i>	<i>Cr, %</i>	<i>Ni, не > %</i>	<i>S, не > %</i>	<i>P, не > %</i>
0,05 – 0,11	1,8 – 2,1	0,70 – 0,95	0,2	0,25	0,025	0,03

Зварювальний дріт СВ-08Г2С використовується для автоматизованого та механізованого зварювання у захисних газах, що можливо у всіх просторових орієнтаціях. Цей дріт є легованим кремнієм та марганцем, що сприяє зниженню окислення зварювальної ванни та покращує її десоксидацію. Кремній та марганець мають вищу афінність до кисню, ніж залізо, що покращує якість шва.

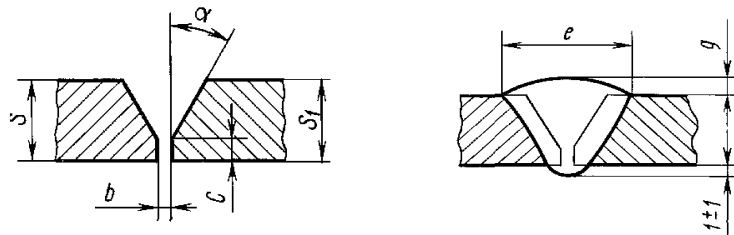
Для досягнення високої якості зварних швів рекомендується використовувати вуглекислий газ високої чистоти. Вимоги до зварювання передбачають застосування чистого вуглекислого газу, зокрема харчового класу, з додатковою сушкою для оптимального захисту зварних швів від атмосферних впливів. Склад вуглекислого газу, використаного для зварювання, подано у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Склад вуглекислого газу [10]

Технічний	Зварювальний		Харчовий	Технічний
	1 сорт	2 сорт		
Склад CO ₂ (%) по об'єму не менш	99,5	99,0	98,5	98
Склад CO ₂ (%) по об'єму не більш	-	-	-	0,05
Місткість води в балоні (%) по вазі не більш	-	-	0,10	0,10
Місткість водневих парів в газі при 760 мм рт. ст. и +20° С, г/м ³ , не більш	0,178	-	Не перевіряється	

З метою забезпечення необхідної міцності конструкції стінки піввагона, а саме її зварних швів, проведемо розрахунок режимів для виконання кожного типу шва (табл. 2.1). Розрахунок проводимо згідно літератури [11].

Розрахунок режимів для з'єднання С17 (рис. 2.1).



$$s = s_1 = 8\text{мм}; b = 1 \pm 1\text{мм}; e \leq 12\text{мм}; c = 2 + 1\text{мм};$$

$$g = 1,5 \pm 0,5\text{мм}; g_1 = 1,5 \pm 1,0\text{мм}; \alpha = 20\text{град.}$$

Рис 2.1 – Конструктивні особливості шва типу С17

Глибина проплавлення, мм:

$$h_p = S - 0,5 b = 8 - 0,5 * 2 = 8 - 1 = 7 \text{ мм} \quad (2.1)$$

Діаметр дроту:

$$d_e = \sqrt[4]{(h_p)} \pm 0,05 h_p = \sqrt[4]{7} \pm 0,05 \cdot 7 = 1,6 \pm 0,35 = 1,9 \text{ мм.} \quad (2.2)$$

Приймаєм 2 мм.

Сила струму:

$$I_{зв} = (140 \times d_d^{1,5} \pm 35) = 140 \times 2^{1,5} \pm 35 = 430 \text{ А} \quad (2.3)$$

Напруга зварювання:

$$U_{3\phi} = 0,05I_{3\phi} = 0,05 \times 430 = 21,5 \text{ В} \quad (2.4)$$

Швидкість подачі дроту

$$V_{n.d}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{3\phi}}{d_0^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{3\phi}^2}{d_0^3} = 1,9 \frac{430}{2^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{430^2}{2^3} = 262 \text{ м/год} \quad (2.5)$$

Швидкість зварювання:

$$V_{3\phi} = \frac{105}{0,7 \cdot h_p} = \frac{105}{0,7 \cdot 7} = 21,4 \text{ м/год} \quad (2.6)$$

Коефіцієнт провару:

$$\Psi_{np} = k' (19 - 0,01 \cdot I_{3\phi}) \frac{d_n \cdot U_{3\phi}}{I_{3\phi}} = 0,92 (19 - 0,01 \cdot 430) \frac{2 \cdot 21,5}{430} = 1,35 \quad (2.7)$$

$$k' = 0,92.$$

Коефіцієнт розплавлення:

$$\alpha_p^{\pm} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{3\phi}}{d_0} = 11,7 + 0,0156 \frac{430}{2} = 15,05 \text{ г/Агод} \quad (2.8)$$

Ширина шва:

$$e = \Psi_{np} \cdot h = 1,6 \times 7 = 11,2 \text{ мм} \quad (2.9)$$

Площа наплавленого металу :

$$F_{HM} = \frac{V_{n.d} \pi d_0^2 (1 - \Psi_p)}{4V_{3\phi}} = \frac{262 \cdot 3,14 \cdot 2^2 \cdot 0,9}{4 \cdot 21,4} = 34,5 \text{ мм}^2 \quad (2.10)$$

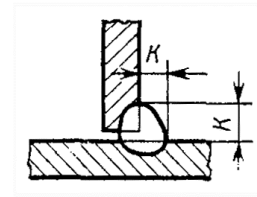
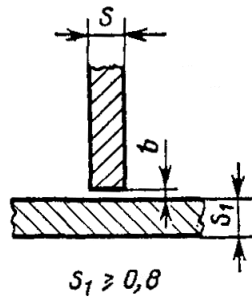
Опуклість шва:

$$g = \frac{F_H}{0,73e} = \frac{34,5}{0,7 \cdot 11,2} = 4,4 \text{ мм} \quad (2.11)$$

Коефіцієнт форми валика:

$$\Psi_e = \frac{e}{g} = 2,6 \quad (2.12)$$

При монтажі каркасу проводиться з'єднання балочних заготовок каркаса зі стійками на другому робочому місці тавровим з'єднанням (рис. 2.2). Тому, проведемо розрахунок режимів на яких потрібно його реалізувати [11].



$$S = 8 \text{ мм}; S1 = 10 \text{ мм}; b = 0 + 1,5 \text{ мм}, \quad K = 6,0 \text{ мм}$$

Рис. 2.2 - Конструкція шва Т1

Глибину провару h :

$$h = K - 0,5b$$

де K – катет зварного шва, $K = 5 - 6$ мм.

$$h = 6 - 0,5 \cdot 2 = 5 \text{ мм.}$$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{\text{д}} = \sqrt[4]{h_p} \pm 0,05h_p = \sqrt[4]{5} \pm 0,05 \cdot 5 = 1,65 \pm 0,35 = 1,6 \text{ мм}$$

Сила струму:

$$I_{\text{зв}} = (140 \times d_{\text{д}}^{1,5} \pm 35) = 140 \times 1,6^{1,5} \pm 35 = 300 \text{ А}$$

Напруга зварювання:

$$U_{\text{зв}} = 15 + 0,05I_{\text{зв}} = 15 + 0,05 \times 300 = 30 \text{ В}$$

Швидкість подачі дроту:

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

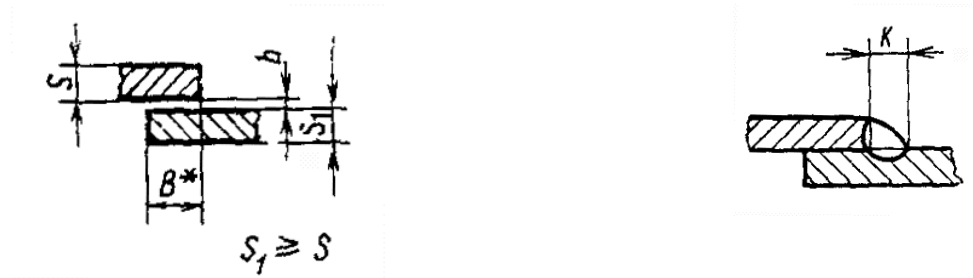
Швидкість зварювання:

$$V_{\text{зв}} = \frac{105}{0,7 \cdot h_p} = \frac{105}{0,7 \cdot 7} = 21,5 \text{ м/год}$$

Витрата CO₂:

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

Приварювання листів обшивки здійснюємо з'єднаннями Н1(рис.2.3) на приведених нижче режимах.



$$S = 3 \text{ мм}; S1 = 8 \text{ мм}; b = 0 + 1,0 \text{ мм}, \quad k = 5,0 \text{ мм}$$

Рис. 2.3 – З'єднання Н1

Розрахунок проводимо за вище згаданою методикою.

$$h = k - 0,5 \cdot b = 5 \text{ мм.}$$

Приймаємо $d.д = 1,2 \text{ мм.}$

$$I_{зв} = 125 \cdot d.д_{1,5} \pm 35 = 125 \cdot 1,21,5 \pm 35 = 164 \pm 35 = 130 - 200 \text{ А};$$

Приймаємо $I_{зв} = 160 \text{ А.}$

$$U_{36}^H = 15 + 0,05 I_{36} = 15 + 0,05 \cdot 160 = 23 \text{ В}$$

$$V_{n.д}^{\pm} = 1,9 \frac{I_{36}}{d_0^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{I_{36}^2}{d_0^3} = 1,9 \frac{160}{1,2^2} + 2,5 \times 10^{-3} \frac{160^2}{1,2^3} = 248,0 \frac{\text{М}}{\text{год}}$$

$$V_{зв.} = 21 - 0,175h = 21 - 0,175 \cdot 5 = 20,1 \text{ м/год.}$$

$$\Psi_{np} = k'(19 - 0,01 \cdot I_{36}) \frac{d_n \cdot U_{36}}{I_{36}} = 0,92(19 - 0,01 \cdot 160) \frac{1,2 \cdot 23}{160} = 2,76$$

Приймаємо $k'=0,92;$

$$h = 0,0165 \sqrt{\frac{g_n}{\Psi_{np}}} = 0,0165 \sqrt{\frac{1186}{2,76}} = 0,34 \text{ см} = 3,4 \text{ мм}$$

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

Приймаємо $\eta_u = 0.75$;

$$\alpha_p^{\pm} = 11,7 + 0,0156 \frac{I_{зв}}{d_{\phi}} = 11,7 + 0,0156 \frac{160}{1,2} = 13,78 \text{ г/Агод}$$

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

Приймаєм $\Psi_p = 0.01 \div 0,1$

Приймаєм $L_{ел. др.} = 10 \text{ дел. др.} = 12 \text{ мм.}$

$$q_{з.г} = 3,5 + 0,03 \cdot I_{зв} = 3,5 + 0,03 \cdot 160 = 8,3 \text{ л\хв}$$

Рекомендовані режими зварювання конструкції стінки піввагона, приведено в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Режими зварювання

Тип з'єднання	Сила струму $I_{зв}, \text{А}$	Напруга на дузі $U_{д}, \text{В}$	Діаметр дроту $d_e, \text{мм}$	Швидкість зварювання $V_{зв}, \text{м/год}$	Швидкість подачі дроту $V_{п. д.}, \text{м/год}$
С17	430	21,5	2,0	21,4	262
Т1	300	30	1,6	21,5	277
Н1	160	23	1,2	20,1	248

2.2 Вибір зварювального устаткування

Запропонований метод зварювання для торцевої стінки потребує використання джерела постійного струму. Такі джерела забезпечують високу стабільність процесу, що є критичним для досягнення якісних показників при

виготовленні конструкції [12]. Для здійснення зварювання також застосовується автомат і напівавтомат.

Складання та зварювання рами каркаса проводиться на складальному стенді з використанням стаціонарної колони із вмонтованим напівавтоматом ПДГ-508М (рис. 2.4, табл. 2.5) є раціональним рішенням. Таке розташування зварювального обладнання дозволяє зварнику з легкістю переміщатися навколо виробу, що не тільки завершує маневреність виконання процесу, але й покращує умови праці робітника. Це сприяє забезпеченню якості виконаних швів та ефективності виробничого процесу [13].

Ця конфігурація обладнання є ідеальною при виконання процесу в стаціонарних умовах, де потрібна точність і повторюваність зварювальних операцій. Для автоматичного зварювання каркасу стінки та приварювання обшивки застосовуємо автомат А-1406 (див. рис. 2.5, табл.2.6).

За результатами розрахованих режимів зварювання максимальне значення струму становить 430А, тому застосовуємо випрямляч КІГ-601 (рис. 2.6, табл. 2.7).



Рис. 2.4 Напівавтомат ПДГ – 508М [13]

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики напівавтомату ПДГ – 508М [13]

Параметр	Значення
Напруга мережі, В	380
Частота струму мережі, Гц	50
Регулювання струму $I_{зв}$, А	60 – 630
Регулювання напруги $U_{зв}$, В	17 – 46
Кількість роликів	2 або 4
Кількість ступеней $V_{подр}$ шт	27
Діаметр електродного дроту, мм: суцільного порошкового	1,2 – 2,0 2,0 – 3,2*
Регулювання $V_{подр}$ м/год	120 ÷ 1200
Джерело живлення (рекомендоване)	КИГ – 601
Маса, кг.: механізму подачі касети з дротом	24 12
Габаритні розміри, мм.: подаючого пристрою	470 × 363 × 405



Рис. 2.5 – Автомат А – 1406

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика автомата А – 1406 [13]

Параметр	Значення
	з КІГ – 601
Номінальна напруга мережі, В	380
Номінальний зварювальний струм, А при ТВ = 60%	600
Діапазон регулювання зварювального струму, А	60 ... 600
Кількість електродів, шт	1
Діаметр електродного дроту, мм: суцільного порошкового	1,2 ... 5,0 2,0 ... 3,0
Межі плавного регулювання швидкості подачі електродного дроту, $\frac{м}{год}$	17 ... 553
Вертикальне переміщення зварювальної головки: - хід, мм швидкість, $\frac{м}{год}$	500 29,4
Поперечне переміщення зварювальної головки: хід, мм швидкість, $\frac{м}{год}$	±70 ручне
Регулювання кута нахилу електрода (мундштука), град	±30 ручне
Маса, кг	185



Рис. 2.7 – Випрямляч типу КІГ – 601 [13]

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика КІГ [13]

Найменування параметрів	Норма
Номінальна напруга мережі, В	380
Частота струму мережі живлення, Гц	50
Номінальний зварювальний струм, А:	
ПВ 100%	480
ПВ 80%	540
ПВ 60% (цикл зварювання 10 хв)	630
Межі ступеневого регулювання зварювального струму, А	60 – 630
Межі регулювання робочої напруги, В	50 ступенів, 17 – 46
Номінальна споживана потужність, кВА	46
Напруга холостого ходу, В	60
Маса, кг	290
Габаритні розміри, мм	
з колесами	740 × 590 × 952
без коліс	740 × 590 × 836

2.3 Вибір методу контролю якості виробу

Діагностика та контроль якості здійснюється для виявлення вад у металі зварних швів. Обраний метод інспекції має забезпечувати ідентифікацію вад певних розмірів з урахуванням критичності конструкції та надавати дані про характер цих вад. Це критично для встановлення причин їхнього виникнення та розроблення стратегій їх виправлення. Рамні конструкції вагонів підлягають строгим якісним вимогам. Для контролю застосовують наступні методи: візуально-оптичний контроль; радіографічна дефектоскопія; магнітна та електромагнітна дефектоскопія; ультразвукова дефектоскопія.

Візуально-оптичний здійснюється перевіркою швів і є найпростішою формою перевірки. Цей метод дозволяє ідентифікувати дефекти на поверхні

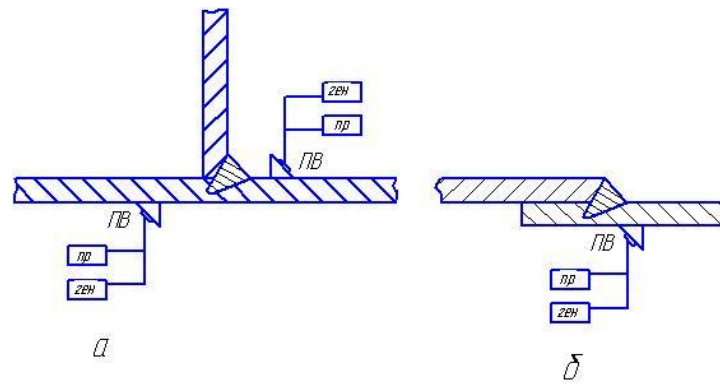
та оцінити геометричні параметри швів. Він також застосовується для моніторингу процесу складання та зварювання. Для покращення результативності необхідне використання спеціального оптичного обладнання та шаблонів. Цей метод допомагає запобігти появі дефектів та знижує потребу в застосуванні інших, більш складних і вартісних методів контролю [14].

Радіографічна дефектоскопія застосовується для аналізу зварних швів з метою виявлення внутрішніх дефектів у металі шва та навколишніх зонах. Цей метод використовує іонізуюче випромінювання для проникнення в структуру металу та ідентифікації вад. Зображення металу шва формується у двох проекціях для точного встановлення локації та розмірів дефектів. Через свою технічну складність цей метод є досить спеціалізованим [14].

Магнітна та електромагнітна дефектоскопія застосовуються для перевірки тонких металевих шарів, особливо у стиках, та у металів з феромагнітними характеристиками. Ультразвукова дефектоскопія відома як один з найбільш розповсюджених методів інспекції. Він базується на використанні механічних хвиль з частотами вище 20 кГц. При проведенні контролю використовуються хвилі з частотою від 0,5 до 20 МГц [14].

Метод базується на проникненні акустичних хвиль у метал шва; коли зустрічають дефект, хвилі відбиваються, що фіксується датчиком. Значні вади утворюють акустичні тіні, а їхні поверхні відбивають хвилі назад. Запис цих сигналів дозволяє ідентифікувати наявність дефектів.

З огляду на технологічні та конструктивні аспекти використовуватимемо візуально-оптичний та ультразвуковий методи. Ультразвуковий застосовуємо методом ехо-імпульсу (рис. 2.8), де ультразвукові хвилі відбиваються від дефектів у матеріалі. Цей метод ефективний для перевірки усіх типів з'єднань. Дефектоскопія проводиться з одного боку шва за допомогою портативного дефектоскопа УД4-76 (рис. 2.9)..



а – схема контролю кутових швів; б – схема контролю напусткових швів;
 ПВ – перетворювач випромінювання; ПР – приймач; Ген — генератор

Рис. 2.8 – Схеми контролю якості зварних швів



Рис. 2.9 – Портативний ультразвуковий дефектоскоп УД4 – 76 [15].

2.4 Опис запропонованого технологічного процесу

Технологічний процес виробництва торцевої стінки напіввагона охоплює декілька етапів: складання рамної конструкції каркаса та приварювання обшивки. Обшивка монтується на каркас з боку нижньої сторони рами та бічних стійок.

Конструкція каркаса стінки має рамову структуру. Вона включає балкові елементи, що сполучаються між собою для забезпечення жорсткості. Загальна розміри рами 2930 мм на 2310 мм. Каркас складений з обв'язок, а також із стійок, між якими монтуються поперечні балки.

Процес створення конструкції охоплює наступні ключові етапи:

- Підготовчі заходи: до них входить вирізання матеріалу, оброблення кромek та інші підготовчі дії, необхідні перед монтажем.
- Монтажно-зварювальні роботи: складання каркаса з використанням зварювання для сполучення елементів. Монтаж вимагає високої точності для забезпечення коректного співвідношення деталей і забезпечення міцності.
- Операції контролю якості: охоплюють інспекцію зварних швів, визначення габаритів та оцінку якості виконаних робіт. Застосовуються методи неруйнівного випробування, такі як ультразвуковий та візуальний контроль.

Забезпечення якості продукції на кожному етапі є важливим для виготовлення міцної та надійної конструкції елементів піввагона, яка відповідає усім встановленим технічним та безпековим нормам. Підготовчі заходи включають вирівнювання, розкрій та очищення металу.

Правлення прокату реалізуємо із застосуванням машини ROUND0 PRH-160/1500 (рис. 2.10), шляхом проходження металу між двома рядами роликів, які обертаються. Під час проходження між вальцями кожна ділянка листа

отримує багаторазовий вигин в протилежні сторони і таким чином виправляється.



Рис. 2.10 – Листоправильна машина ROUND0 PRH – 160/1500 [16].

Операцію очищення реалізують з метою видалення із поверхонь металопрокату засобів консервації, забруднень, іржі, окалини, задирок, грата і шлаку, що погіршують зварювання та викликають дефекти в швах та перешкоджають нанесенню захисних покриттів.

Для реалізації даної технологічної операції застосовують дробеструминний спосіб. Під час дробеструминного способу очищення, дріб вилітає із великою швидкістю на поверхню, що очищається, і, вдаряючись об метал, видаляє наявні на ньому забруднення. Дробеструминеve очищення здійснюється із застосуванням установки SK-9 ÇETİNGİL (рис. 2.11) [16].



Рис. 2.11 - Установка SK-9 ÇETİNGİL[16]

Враховуючи конструктивні особливості елементів із яких виготовляється торцева стінка, то різання проводимо із застосуванням гільйотинних ножиць HATS3212 (рис. 2.12) (для різання листового прокату) та відрізного верстату SPECIAL 700 DI-A МАСС (рис. 2.13) (для різання швелерів).



Рис. 2.12 – Гільйотинні ножиці HATS3212 [16]



Рис. 2.13 – Верстат SPECIAL700DI-АМАСС [16]

Після підготовчих операції виконуються складально-зварювальні. Даний вид технологічних операцій здійснюється на трьох позиціях зварювання:

- 1) балок;
- 2) рами каркаса;
- 3) стінки піввагона.

На першій позиції здійснюють виготовлення балок. Процес їх виготовлення полягає у виконання наступних операцій:

- Подачі заготовок швелерів на ділянку доочищення.
- Переміщення складальних одиниць балок на ділянку складання.
- Встановлення складальних одиниць в складальний пристрій і зафіксувати їх, а також надати зворотній вигин.
- Прихвачування швелерів, починаючи з середини, утворюючи балки.
- Зварювання балок з двох сторін.
- Зачищення швів та ВК.
- Переміщення деталей на друге робоче місце для складання каркаса.

Друга позиція технологічного процесу полягає в:

- Очищенні балки від забруднень.
- Переміщенні балок на ділянку складання.
- Встановленні балок на складальному стенді.
- Виконанні прихвалення балок у місцях розташування швів.
- Проведенні операції зварювання.
- Зачищенні зони зварювання та в ВК з'єднань.
- Переміщенні каркасу стінки на наступне робоче місце.

На третій позиції техпроцесу проводять наступні операції:

- Очищення каркасу та обшивки від забруднень.
- Вкладання листів обшивки на маніпулятор.
- Вкладання каркасу стінки на листи обшивки та фіксуванням їх.
- Приварювання листів до каркасу по контуру.

- Приварювання обшивки з протилежного боку.
- Зачищення виробу.
- ВК виробу.
- Переміщення готової торцевої стінки на фарбування.

Для реалізації всіх операцій застосовують: кран- балку, стенд складання балок, установку зварювання балок, установку виготовлення каркасу, установку зварювання стінки. Принцип роботи та опис установок приведено у наступному розділі.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис зварювальних пристосувань

В попередньому розділі було представлено послідовність виконання технологічного процесу (ТП) виготовлення стінки та згадано які пристосування для його реалізації застосовуються. Тому розглянемо згадані пристосування у послідовності їх використання згідно ТП.

На першому робочому місці виконується виготовлення балок з яких в подальшому буде виготовлений каркас стінки. Балки виготовляють із швелерів №14. Враховуючи те, що в процесі складання швелерів для виготовлення балки необхідно забезпечити їх симетрію та щільність стику між ними із подальшим закріпленням прихватками. Для цього використані складний кондуктор (рис. 3.1) з відповідним розміщенням баз та притискачів по всій довгій балці.

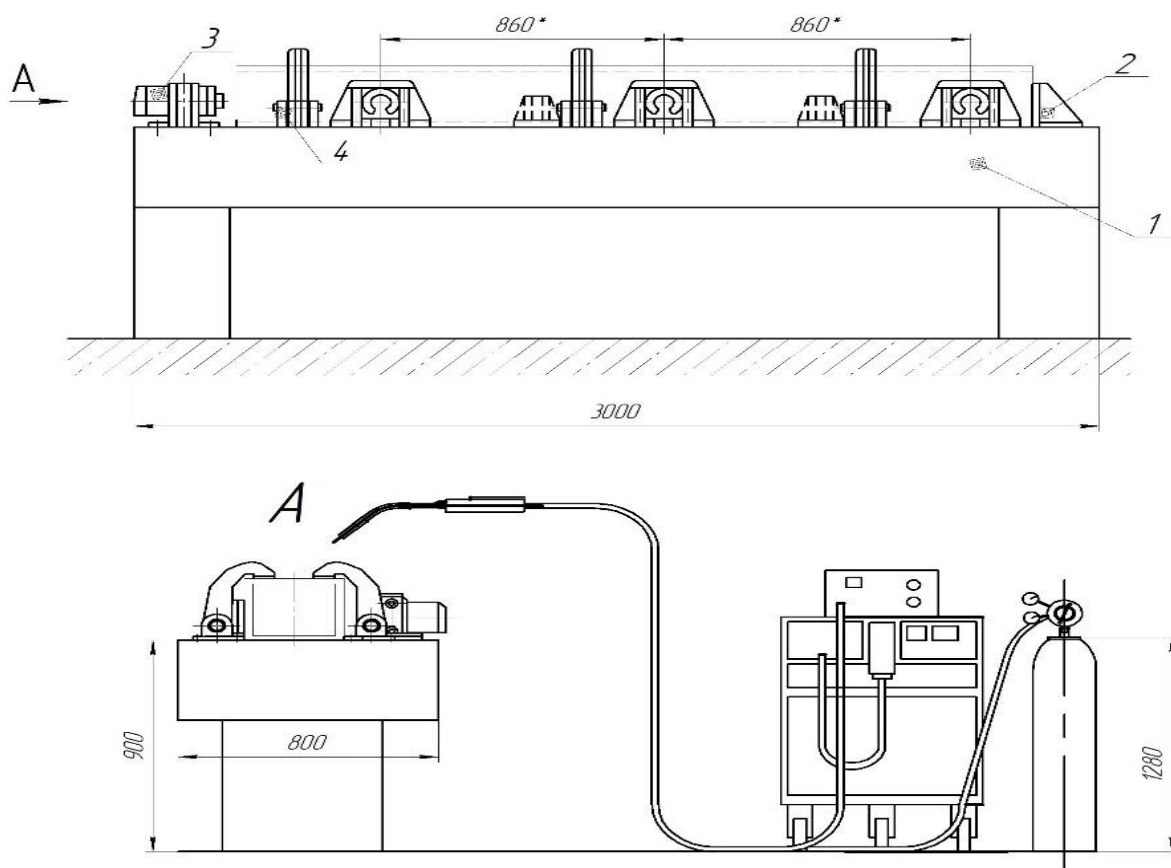


Рис. 3.1 - Кондуктор для складання балок стінки

Кондуктор складається із основи 1, на якій розміщені упори 2 та пневматичні притискачі горизонтальної дії 3 вертикального притиску 4.

Складання балок в кондукторі реалізується наступним чином: спочатку встановлюють швелери відповідної довжини і притискають їх до упору 2 пневмопритискачами горизонтальної дії 3. Одночасно з цим здійснюють притискання швелерів по довжині один до одного. Обов'язковою умовою перед складанням балки є здійснення попереднього прогину заготовок для запобігання деформації вигинання. Після притиску швелерів в горизонтальній площині здійснюють їх притиск до основи кондуктора за допомогою пневмопритискачів 4. Коли елементи балки зафіксовані за допомогою притискачів у необхідному положенні із встановленням необхідних зазорів для стикових швів, проводять прихоплення напівавтоматом. Прихватки по можливості виконують із внутрішньої сторони балки. Після встановлення прихваток звільняють складену балку від притискачів, і переміщують на установку для зварювання балок (рис.3.2), де вона закріплюється та повертається в зручне положення. Прямолиній балки досягається за рахунок створення попереднього прогину перед зварюванням. Такий підхід дозволяє передбачити і відповідно компенсувати можливості вигини, які виявляються через тепловий вплив зварювання. У результаті, коли метал досягає та зменшується в об'ємі після зварювання, прогінена заздалегідь балка вирівнюється, забезпечуючи бажану прямолинійність.

Зварювальна установка в якій здійснюють автоматичне зварювання балок складається із двостійкового кантувача із вмонтованими на ньому бабками закріплення балок, зварювального автомату А-1406, який розміщений на самопересувній зварювальній колоні. Зварювання повздовжніх стиків балок в даній установці здійснюється автоматично.

На другому робочому місці здійснюють виготовлення каркаса із застосуванням спеціалізованої установки (рис. 3.3).

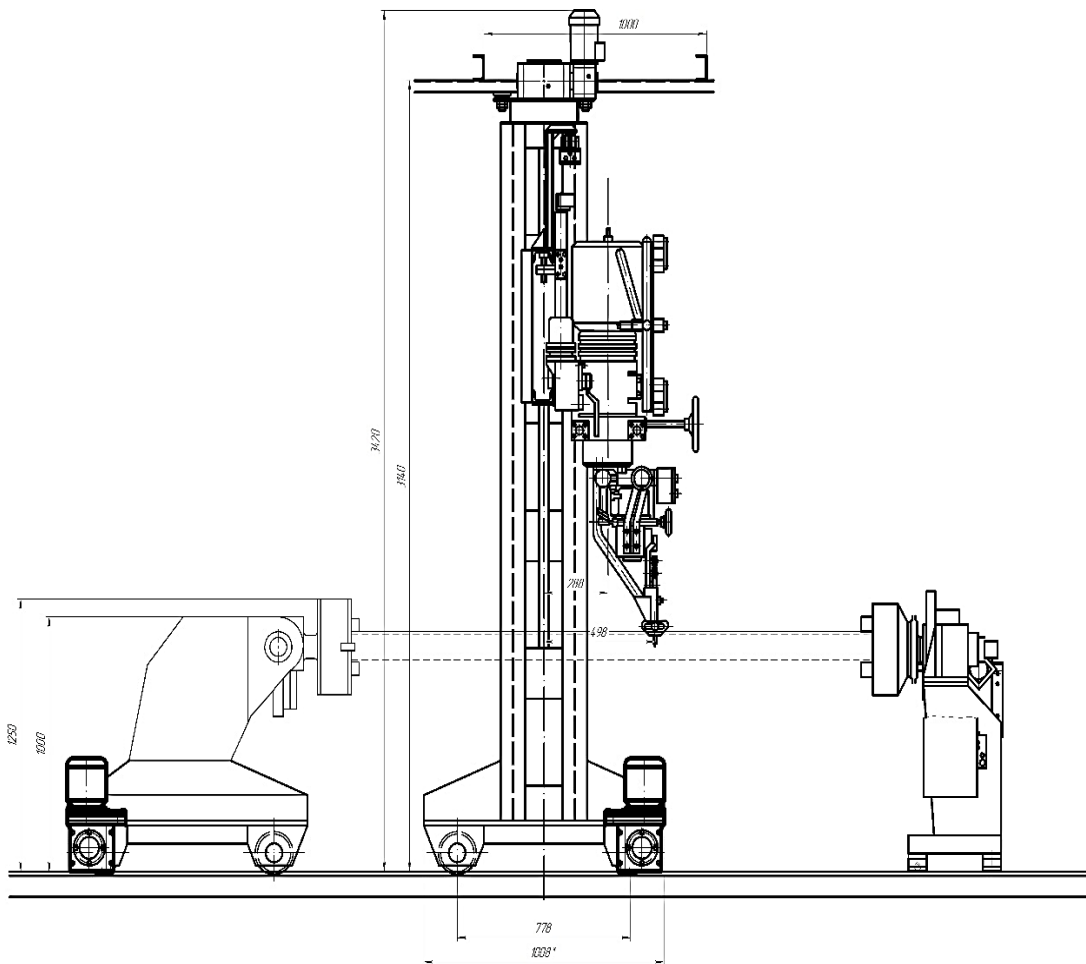


Рис. 3.2 – Установка зварювання балок

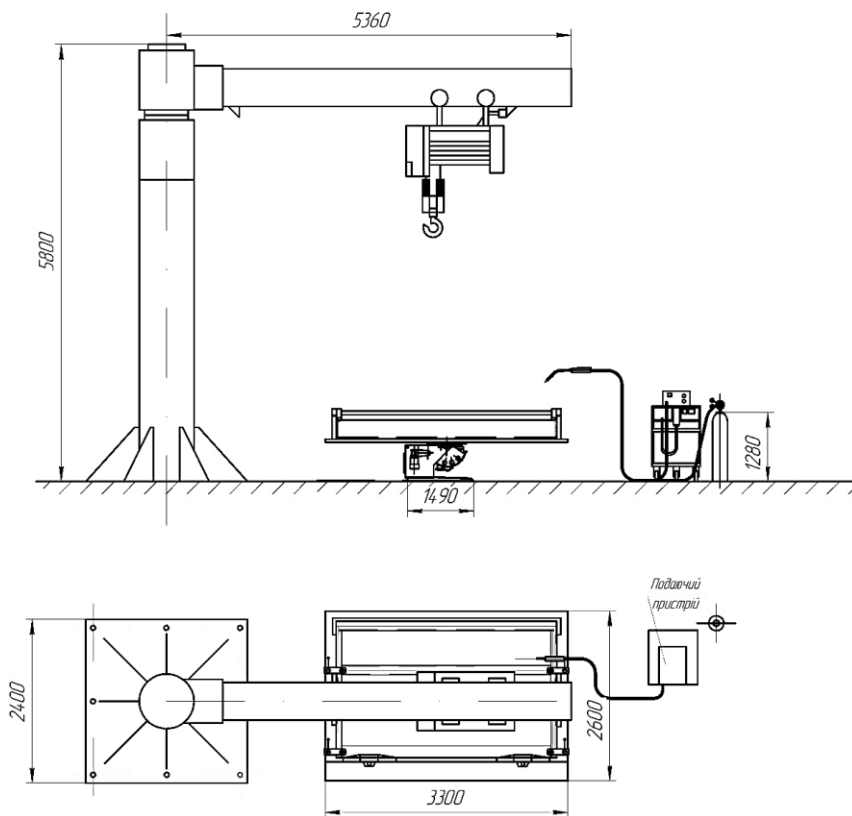


Рис. 3.3 – Установка виготовлення каркасу

Кондуктор-кантувач складається з поворотної рами, яка представляє собою складний кондуктор з пневмопритискачами, упорами та фіксаторами. Поворот кондуктора створений двома гідродомкратами, які шарнірно закріплені на основі. Осі повороту приводяться в дію чотирма гідроциліндрами. Після складання та прихоплення елементів каркасу виконується зварювання. По закінченню зварних операцій кондуктор із закріпленою на ній рамою повертається кантувачем у зручному для зварювання положенні. Передбачену геометричну конструкцію рами каркаса забезпечують систему упорів, фіксаторів та пневмопритискачів. Складальні шви забезпечують два складальники, які обслуговують цю лінію. Переміщення зібраного каркаса з однієї позиції на іншу виконується теліжка з трьома жорстко з'єднаними собою між теліжками, обладнаними пневматичними підйомниками. На інших двох позиціях здійснюють зварювання каркаса напівавтоматами в середовищі CO₂: на другій позиції — у нижньому положенні, на третій — за допомогою двостійкового кантувача. Повністю зварених каркас поступає на третє робоче місце для приварювання обшивки до каркаса.

На останньому робочому місці проводять зварювання каркаса з обшивкою у спеціалізованій автоматичній установці (рис. 3.4).

Складена торцева стінка захоплюється системою затискачів, які працюють від пневмомережі. Конструкція затискачів виключає їх самовільне відкриття. У вихідному положенні важелі кантувача розташовані вертикально. Під час подачі складеної стінки піввагона на кантувач, останній захоплює її та укладає на приймальний стелаж в якому виконується приварювання обшивки до каркаса зварювальним автоматом у середовищі CO₂. На першій позиції проводять зварювання поздовжніх швів. Після проведення зварювання всіх швів на першій позиції, кантувач передає торцеву стінку на другу позицію, тобто повертає її на 180°. На цій позиції

виконують заварювання поперечних швів, які з'єднують обшивку з проміжними балками.

Після цього кантувач повертається на 90° , де відбувається зняття готової стінки за допомогою кран балки.

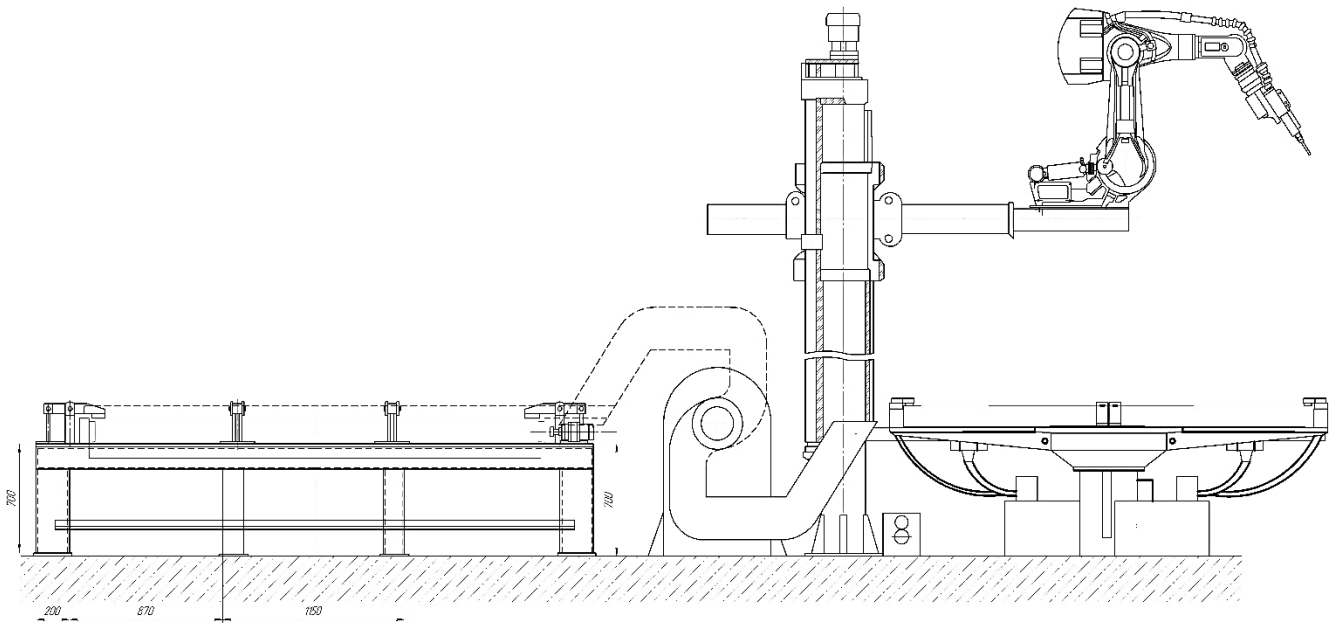


Рис. 3.4 – Установка для зварювання торцевої стінки

3.2 Розрахунок елементів кондуктора для складання каркасу

При складанні та зварюванні рам за допомогою складально-зварювальних пристроїв використовують пневматичні притискні елементи та відкидні пневматичні опори. Для забезпечення належного тиску на елементи рами, проводиться їхній розрахунок згідно з рекомендаціями, вказаними в літературі [18]. Схему розрахунку показано рисунку 3.5.

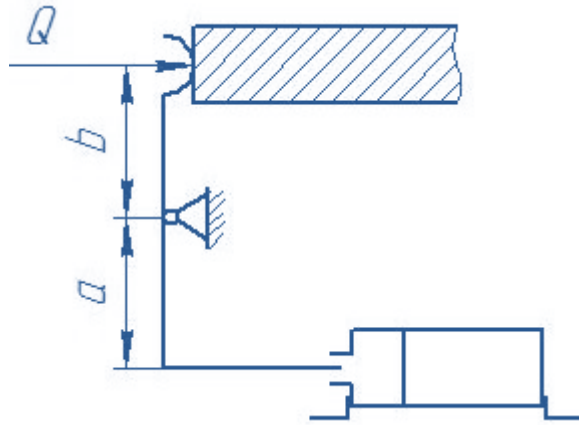


Рис. 3.5 - Розрахункова схема

З урахуванням коефіцієнта запасу міцності визначимо зусилля на штоку:

$$Q = Q_{\text{тр}} \cdot K; \quad (3.1)$$

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 1,5,$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

K_2 – коефіцієнт, що враховує сталість зусилля затискача.

$$Q_{\text{тр}} = m \cdot g \cdot f = 314 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = 628 \text{ Н}; \quad (3.2)$$

$$Q = 628 \cdot 1,5 = 942 \text{ Н.}$$

Зусилля P на штоку

$$P = \frac{Q}{\frac{1}{b} \left(a - \frac{a+b}{b} \cdot f \cdot r \right)}, \quad (3.3)$$

де a, b – плечі важеля: $a = b = 137$ мм;

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя в осях шарнірів;

$r = 10$ мм – радіус осі шарніра.

$$P = \frac{942}{\frac{1}{13,7} \left(13,7 - \frac{13,7 + 13,7}{13,7} \cdot 0,1 \cdot 1 \right)} = 942 \text{ Н.}$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\rho\eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 961}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,8}} = 49 \text{ мм}, \quad (3.4)$$

де $\rho = 0,63$ МПа – тиск стисненого повітря в пневматичній системі.

З конструктивних міркувань приймаємо $D = 50$ мм.

Вибираємо пневмоциліндр 2111 – 50x200.

Для фіксації зазору між кромками та для упору .

Зусилля на штоку з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$Q_{\text{тр}} = m \cdot g \cdot f = 314 \cdot 9,81 \cdot 1,5 = 4710 \text{ Н};$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi\rho\eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4710}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,95}} = 100 \text{ мм}.$$

Приймаємо $D = 100$ мм. Вибираємо пневмоциліндр 2311 – 100x300.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Управління безпекою життєдіяльності в Україні

Управління – це одна з функцій будь-якої організованої системи, що забезпечує збереження її визначеної структури, підтримання режиму діяльності, реалізацію її програм та досягнення цілей.

Метою управління безпекою життєдіяльності (БЖД) є створення таких умов, за яких будь-який вид діяльності в системі "людина - життєве середовище" стає безпечним або ризик виникнення небезпеки зводиться до прийняттого рівня [19].

Система управління безпекою життєдіяльності (СУБЖД) - це сукупність суб'єкта та об'єкта управління, які на підставі комплексу нормативних документів проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність з метою забезпечення здорових, безпечних умов життя та діяльності як суспільства в цілому, так і кожної окремої людини.

Функції СУБЖД включають [19]:

- прогнозування та планування;
- організацію та координацію;
- облік, аналіз та оцінку показників;
- контроль;
- фінансування та стимулювання.

Україна, як суверенна держава, у своїх правових нормах гарантує, стимулює та захищає права і свободи своїх громадян, передбачає профілактичні заходи та покарання за протиправні дії. Згідно з Конституцією України, забезпечення БЖД та захист населення від надзвичайних ситуацій є обов'язком держави.

Стаття 3 Конституції України проголошує: "Людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканість і безпека визначаються в Україні найвищою

соціальною цінністю. Права і свободи людини та їх гарантії визначають зміст і спрямованість діяльності держави."

Стаття 16 визначає: "Забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи - катастрофи планетарного масштабу, збереження генофонду Українського народу є обов'язком держави."

Здійснення цих обов'язків покладається на виконавчі органи державної влади та органи місцевого самоврядування, повноваження яких визначено законодавством. У країні визначені центральні органи виконавчої влади, відповідальні за державне управління у певних сферах безпеки життєдіяльності. Діє низка законів, інших нормативно-правових актів та державних програм у сфері профілактики окремих небезпек, створені сприятливі умови для розвитку громадських та наукових організацій, що займаються проблемами безпеки життєдіяльності [19].

Головним органом, відповідальним за забезпечення безпеки життєдіяльності населення України, є Кабінет Міністрів України. Він здійснює:

- загальне керівництво єдиною системою цивільного захисту;
- керівництво цивільною обороною;
- реалізацію державної політики охорони здоров'я;
- призначення та звільнення Державного санітарного лікаря України;
- державне управління в галузі охорони навколишнього природного середовища та охорони праці.

Забезпечення безпеки життєдіяльності населення здійснюється Державною службою надзвичайних ситуацій (ДСНС) України, яка є центральним органом виконавчої влади, відповідальним за реалізацію державної політики в сферах цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, запобігання їх виникненню, ліквідації надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та

техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, профілактики травматизму невинного характеру та гідрометеорологічної діяльності.

З 1 липня 2013 року набрав чинності Кодекс цивільного захисту України, який регулює відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, реагуванням на них, функціонуванням єдиної державної системи цивільного захисту, та визначає повноваження органів державної влади, Ради Міністрів Автономної Республіки Крим, органів місцевого самоврядування, права та обов'язки громадян України, іноземців та осіб без громадянства, підприємств, установ та організацій незалежно від форми власності.

З прийняттям Кодексу скасовується ціла низка спеціальних законів, таких як: Закон України "Про Цивільну оборону України", Закон України "Про пожежну безпеку", Закон України "Про війська Цивільної оборони України", Закон України "Про аварійно-рятувальні служби", Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру", Закон України "Про правові засади цивільного захисту".

Кодекс враховує нормативну базу та вимоги до реформування економіки, суспільного життя, державну політику щодо сприяння підприємництву та спрощення державного регулювання діяльності суб'єктів господарювання з питань цивільного захисту. Встановлюється нове поняття і сутність терміну "цивільний захист", визначається, що цивільний захист є функцією держави. Таким чином, з 1 липня 2013 року в Україні функціонує єдина структура протидії надзвичайним ситуаціям — Єдина державна система цивільного захисту (ЄДСЦЗ).

Зазначено, що цивільний захист є одним з основних пріоритетів діяльності органів влади, адміністрацій підприємств, установ та організацій, які є суб'єктами забезпечення цивільного захисту.

Кодекс визначає, зокрема:

- права та обов'язки громадян, іноземців та інших осіб у сфері цивільного захисту;
- основні норми та положення щодо запобігання надзвичайним ситуаціям та захисту населення і територій;
- порядок відшкодування збитків та надання допомоги постраждалим особам;
- порядок фінансування та матеріального забезпечення заходів цивільного захисту;
- класифікацію надзвичайних ситуацій тощо.

Кодекс також визначає повноваження органів влади, керівників підприємств, установ та організацій з питань цивільного захисту. Конкретизовано питання планування діяльності у сфері цивільного захисту, зокрема, передбачено, що суб'єкти господарювання з чисельністю персоналу до 50 осіб розробляють інструкцію щодо дій персоналу у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій, а не план реагування на надзвичайні ситуації. Цим актом визначаються норми і положення стосовно аварійно-рятувального обслуговування об'єктів господарювання і територій, для яких існує небезпека виникнення надзвичайних ситуацій, аварійно-рятувальними службами цивільного захисту, надання ними платних послуг.

Окремими статтями Кодексу врегульовано:

- повноваження органу влади, що здійснює державний нагляд у сфері техногенної та пожежної безпеки;
- підстави для припинення роботи підприємств, об'єктів, виробництв тощо;
- підстави для видачі приписів, постанов і розпоряджень;
- санкції за порушення вимог законодавства з питань пожежної та техногенної безпеки.

Заходи державного нагляду (контролю) за діяльністю суб'єктів господарювання здійснюються з такою періодичністю:

- з високим ступенем ризику — один раз на рік;
- із середнім ступенем ризику — один раз на три роки;
- з незначним ступенем ризику — один раз на п'ять років.

Розподіл суб'єктів господарювання за ступенем ризику здійснюється територіальними органами Державної інспекції цивільного захисту та техногенної безпеки щороку.

4.2 Забезпечення пожежної безпеки та профілактичні заходи запобігання пожежі

Забезпечення пожежної безпеки на території України, а також регулювання відносин у цій сфері між органами державної влади, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання та громадянами здійснюється відповідно до цього Кодексу, законів та інших нормативно-правових актів [20].

Діяльність з забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною складовою виробничої та іншої діяльності посадових осіб і працівників підприємств, установ та організацій. Ця вимога відображається у трудових договорах (контрактах), статутах та положеннях.

Відповідальність за забезпечення пожежної безпеки суб'єктів господарювання покладається на власників та керівників цих суб'єктів.

Повноваження у сфері пожежної безпеки асоціацій, корпорацій, концернів та інших господарських об'єднань визначаються їхніми статутами або договорами між суб'єктами господарювання, що утворили об'єднання. Для виконання делегованих об'єднанню функцій у його апараті створюється служба пожежної безпеки.

Відповідальність за забезпечення пожежної безпеки під час проектування та забудови населених пунктів, будівництва будівель і споруд

покладається на органи архітектури, замовників, забудовників, проектні та будівельні організації.

До основних профілактичних заходів можна віднести:

- Заміна небезпечних технологічних процесів на менш небезпечні.
- Герметизація трубопроводів.
- Розміщення джерел вогню в окремих приміщеннях (наприклад, зварювання).
- Використання вогнестійких будівель (протипожежні перепони у вигляді брандмауерів).
- Використання спеціальних проходів і проїздів.
- Використання каліброваних запобіжників в електроустановках.
- Правильний вибір і експлуатація систем опалення та вентиляції.
- Своєчасні профілактичні огляди.

Для попередження виникнення пожеж на промислових підприємствах велике значення має дотримання правил пожежної безпеки в системах електроустановок, санітарно-технічного обладнання, опалювально-вентиляційних систем, систем газопостачання.

Для систем електроустановок необхідно правильно розрахувати і експлуатувати ці установки (основні причини пожеж — коротке замикання, перевантаження електромережі). Заходи — використання плавких запобіжників, захисного заземлення, теплових реле.

У системах опалення виробничих і допоміжних приміщень використовувати центральну систему опалення (водяну); обладнання розміщувати не ближче 20 см від труб; в приміщеннях з великим накопиченням пилу не допускається встановлення ребристих труб і радіаторів [20].

У системах газопостачання небезпечними є виробничі печі, де висока температура на поверхні і навколо неї; сушарки, гартувальні ванни тощо.

Загалом для попередження пожеж проводяться такі заходи:

- Організаційні: навчання працівників пожежної безпеки; проведення бесід, лекцій, інструктажів.
- Технічні: дотримання протипожежних норм при проектуванні будівель і споруд, упорядкування електричних мереж і обладнання, систем освітлення, вентиляції, опалення, кондиціонування.
- Експлуатаційні: правильна експлуатація машин, обладнання, транспорту; своєчасні огляди і ремонти установок та апаратів; утримання будівель і територій.
- Заходи режимного характеру: заборона проведення електрозварювальних і інших вогневих робіт у пожежонебезпечних зонах; заборона паління у невстановлених місцях.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено технологічний процес створення торцевої стінки напіввагона моделі 12-791, що включає виготовлення каркасу та зварювання плоских листових компонентів у міцну просторову структуру.

Для забезпечення високого рівня якості та точності виготовлення, використовується спеціалізоване технологічне обладнання і інструменти, що дозволяють втілити удосконалений технологічний процес, забезпечуючи потрібну продуктивність виробництва. Пропоновані інновації сприятимуть підвищенню виробничої продуктивності та якості конструкції, що важливо для досягнення високих стандартів безпеки та надійності напіввагона.

Запропоновані рішення дозволять вдосконалити процеси виробництва та збільшити продуктивність праці.

В роботі також розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці, в контексті впровадження запропонованого процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривов Г.О Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.
2. <https://kvsz.com/index.php/ua/>
3. Палаш В. М. Металознавчі аспекти зварності залізовуглецевих сплавів.: Навчальний посібник. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. - 263 с.
4. http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=993
5. ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних).
6. Напіввагон чотиривісний моделі 12-9745: технічні умови. ТУУ35.2-01124454-032-2004. – К. – 53 с.
7. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. – К.: Основа, 2021. – 400 с.
8. Спеціальні способи зварювання : підручник / І. В. Кривцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б. Є. Патона. – Миколаїв : НУК, 2017.– 346 с.
9. Биковский, О.Г. Довідник зварника: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
10. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. посібник / О.М. Костін – Миколаїв: НУК, 2004. –225 с.
11. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Технологія та устаткування зварювання плавленням» / М.І. Підгурський, Б.П. Татарин, І.Б. Окіпний, В.С. Сенчишин. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 95 с.

12. Александров О.Г. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення: навчальний посібник / О.Г. Александров, Д.А. Антонюк, Капустян О.Є. – Львів: Новий світ – 2000, 2013. – 224 с.
13. <https://kzes.com/en/>
14. Камель Г. І. Контроль якості зварювання. Т. 1. Неруйнівні методи контролю: навчальний посібник / Г. І. Камель, Ю. А. Гасило, П. С. Івченко, Р. Я. Романюк. — Кам'янське : ДДТУ, 2018. — 241 с
15. <https://standart-pribor.com.ua/product/defektoskop-ud4-76-tofd-versiya/>
16. <https://svartech.com.ua/>
17. <https://tvagonm.com.ua/catalog/>
18. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навч. посібник / А.С. Карпенко. - К.: Арістей, 2005. - 268 с.
19. Жидецький В. Ц., Джиги рей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Підручник.- Видавництво 5-те, доповнене. – Л.: Афіша, 2000. -350 с.
20. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник. – К.: Основа, 2010. – 240 с.

ДОДАТКИ