

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній рівень)

на тему: **Вдосконалення технологічного процесу зварювання
борта тракторного напівприцепа типу 2ПТС-6**

Виконав: студент (ка) 4 курсу, групи МТс

Спеціальності “Прикладна механіка” 131

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Баран В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Підгурський М.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота для здобуття освітнього ступеня бакалавра на тему: «Вдосконалення технологічного процесу зварювання борта тракторного напівприцепа типу 2ПТС-6» складається із чотирьох частин розрахункової пояснювальної записки об'ємом 61 аркушів формату А4 та графічної частини об'ємом 6 аркушів формату А1. Пояснювальна записка містить наступні частини, а саме аналітичну, технологічну, конструкторську а також безпеки життєдіяльності та охорони праці. Мета даної кваліфікаційної роботи бакалавра – підвищення якості складально-зварювальних операцій технології виготовлення рамної конструкції борта тракторного напівприцепа.

Пояснювальна записка містить 13 рисунків, 18 таблиць. При написанні роботи використано 20 літературних джерела.

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра удосконалено складально-зварювальні операції технології виготовлення борта тракторного напівприцепа типу 2ПТС-6. Запропоновано технологічний процес, обґрунтовано спосіб зварювання, розраховано режими зварювальних операцій, рекомендовано техніку виконання зварювання окремих елементів рами, підібрано раціональне зварювальне обладнання та пристосування, розроблено заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Ключові слова: ЗВАРНА КОНСТРУКЦІЯ, МЕХАНІЗОВАНЕ ЗВАРЮВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ СКЛАДАННЯ, СУМІШ $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, ОХОРОНА ПРАЦІ.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Аналітична частина.....	8
1.1 Характеристика конструкції борта тракторного напівприцепа	8
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.....	9
1.3 Технічні умови на виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа	11
1.3.1 Вимоги до матеріалів виробу.....	11
1.3.2 Вимоги до геометричної форми та розмірів виробу	12
1.3.3 Вимоги до складання	13
1.3.4 Вимоги до зварних з'єднань та швів	13
1.3.5 Вимоги до якості зварювання	13
2. Технологічна частина	15
2.1 Схема технологічного процесу	15
2.2 Вибір способів зварювання	18
2.3 Вибір зварювальних матеріалів	22
2.4 Розрахунок режимів зварювання	24
2.5 Вибір основного зварювального обладнання	31
2.6 Вибір зварювальної оснастки	36
3. Конструкторська частина.....	38
3.1 Вибір типу пристосувань, установчих та затискних елементів	38
3.2 Вибір необхідних зусиль затискання.....	40
3.3 . Розрахунок притискних механізмів складально-зварювальної оснастки	40
3.4 Розрахунок механізованого притискача з пневмоприводом	41
3.5 Установка для зварювання рами борта напівприцепа.....	43
3.6 Стенд та устаткування для складально-зварювальних операцій обшивки каркасу.....	45
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.....	48

4.1 Аналіз потенційних шкідливостей на зварювальній на ділянці. Заходи щодо їх зниження	48
4.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою	54
Загальні висновки кваліфікаційної роботи	58
Перелік використаної літератури	59
ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Розроблення інноваційних технологічних процесів металооброблення та зварювання є важливим завданням для переоснащення вітчизняних підприємств. Підвищення продуктивності виробництва, зменшення матеріалоємності, енергетичних затрат, впровадження засобів автоматизації та механізації за умови підвищення якості виробів – невеликий перелік задач, які вирішує дана кваліфікаційна робота бакалавра. У даній роботі розглядається складально-зварювальні операції технології виготовлення важливого вузла сільськогосподарської техніки.

Стінка борта тракторного напівприцепа є частиною корпусу кузова транспортного засобу, складається з жорсткої рамної конструкції та листовими деталями. Як і транспортний засіб даний вузол працює як під статичними навантаженнями так і у складних динамічних силових навантаженнях із значною кількістю циклічних навантажень. В таких умовах вагому роль у визначенні терміну експлуатації відіграють концентратори напружень [20], якими можуть ставати і дефекти зварювання, такі як пори, тріщини, подрізи, відхилення від геометрії, дефекти макро- і мікроструктури, утворення яких залежить від якості технологічного процесу зварювання і складання [5].

Технологічний процес виготовлення виробу визначається правильною послідовністю операцій, раціональним підбором пристосувань та обладнання. Розрахунок режимів зварювання для створення стійкого процесу горіння електричної дуги, аналіз створення захисної атмосфери у зоні зварювання, керування процесом формоутворення та кристалізації є важливими елементами для розроблення інноваційних операцій технології даного виробу.

В кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес складання і зварювання елементів конструкції, обґрунтовано вибір способу зварювання, розраховані параметри режимів зварювання та подані рекомендації щодо технік окремих операцій, запропоновано безпекові заходи.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

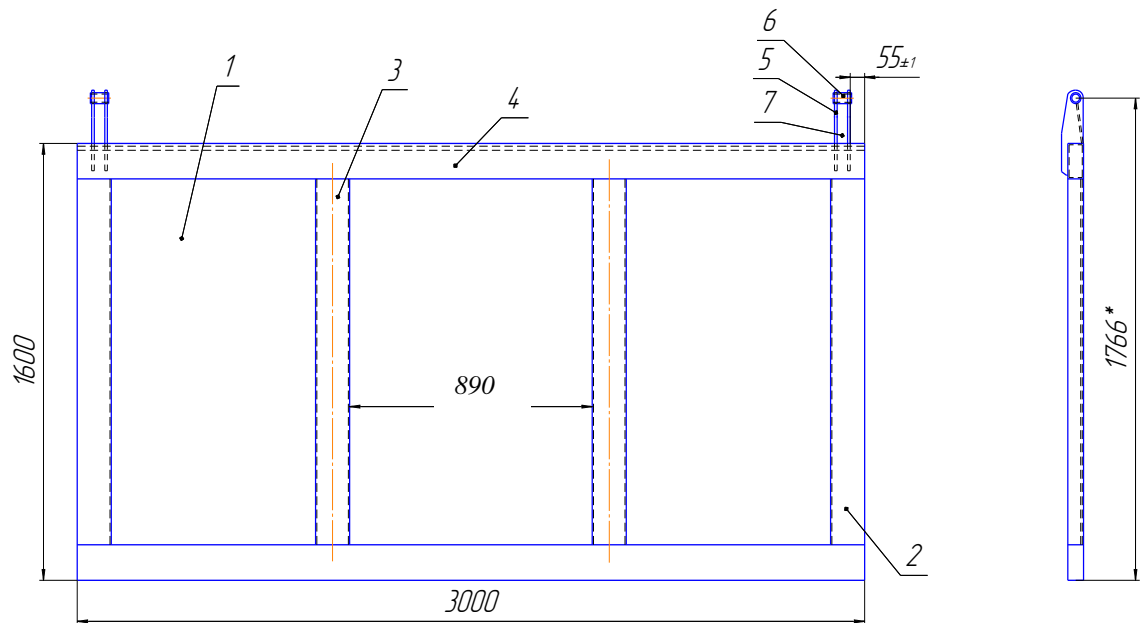
1.1 Характеристика конструкції борта тракторного напівприцепа

Стінка борта тракторного напівприцепа (рисунок 1.1) відноситься до елементів корпусних конструкцій сільськогосподарської техніки. Плоскі листові деталі борта тракторного напівприцепа з'єднуються у просторову конструкцію із достатньою міцністю та жорсткістю.

Стінка борта тракторного напівприцепа повинна витримувати навантаження, які виникають під час її транспортування, а також навантажувальних і розвантажувальних робіт статичного та динамічного характеру. Конструкції причепів в процесі експлуатації піддаються циклічним навантаженням великої та малої амплітуди до 10^7 - 10^8 циклів різної інтенсивності та частоти. Тому строк служби такої техніки визначається історією навантажень. Втомна довговічність елементів причепів визначається як правило конструктивними особливостями корпусів такої техніки [20].

Стінка борта тракторного напівприцепа складається з наступних деталей: рами та обшивки. Рама зварювати із трубчастого профілю обв'язки та проміжних стійок (рисунок 1.1). Перед зварюванням усього виробу проводять складально-зварювальні операції каркасу рами. Далі до рами приварюють панелі - листові деталі обшивки. Для виготовлення борта використовують листову сталь ВСт3сп (3,0 мм). Виріб має наступні габаритні розміри: довжина 3000 мм, ширина 1600 мм.

Критичними місцями даної конструкції є зварні з'єднання. В процесі зварювання утворюються залишкові термічні напруження, які зменшують втомну міцність окремих елементів конструкції. Також зварювальні дефекти та місцеві концентратори напружень, зміни мікроструктури металу зварного з'єднання стають причинами зменшення міцності та як наслідок строку експлуатації даного транспорту в цілому [5, 20].



1 – панель заднього борта; 2 – стійка крайня, 3 – стійка середня;
4 – обв'язка; 5 – петля; 6 – втулка; 7 – пластина

Рисунок 1.1 - Стінка борта тракторного напівприцепа

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для зварного виробу стінки борта тракторного напівприцепа відповідно ДСТУ 2651:2005 можемо обрати з групи сталей призначених для зварних конструкцій, які можуть працювати в умовах знакоперемінних динамічних навантажень сталь марки ВСтЗсп. Це вуглецева конструкційна марка сталі з гарантованими механічними властивостями загального призначення та звичайної якості.

Згідно ДСТУ 2651:2005 хімічний склад для сталі ВСтЗсп за плавочним аналізом у ковшовій пробі приведений у таблиці 1.1. Дана сталь є спокійною, тобто добре розкисленою, вона тривалий час перебувала при високій температурі плавлення, що дозволило максимально виділитися газам та шлаку, а також утворити щільну дрібнозернисту однорідну структуру. Це дозволяє використовувати дану сталь як конструкційну, стійку до ударних навантажень, за доброї зварюваності.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі ВСтЗсп, % (ГОСТ 380 – 71) [4]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	N
			Не більше					
0,14- 0,22	0,40- 0,65	0,05- 0,15	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,01

У стані поставки хімічний склад для сталі може відрізнятися від ковшових проб по вуглецю +0,03, -0,02. У вихідному стані мікроструктура сталі ферит та перліт. Для забезпечення появи дрібнозернистого аустеніту в структурі після зварювання рекомендують проводити покращення структури через відпуск при 650 °С.

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі ВСтЗсп [4]

ДСТУ	Стан поставки	Переріз, мм	σ _{0,2}	σ _B	δ ₅ , (δ ₄), %
			МПа		
			не менше		
2834-94	Листи гарячекатані	2,0 - 3,9	—	370-480	22
	Листи холоднокатані	2,0 - 3,9	—	370-480	24

Конструкційна сталь ВСтЗсп - це сталь яка зварюється без обмежень, тобто є добре зварювана. Проте при товщині більше 36 мм рекомендують проводити підігрівання перед зварюванням та термообробкою готового виробу.

Основними причинами зменшення міцнісних властивостей зварних з'єднань для даної сталі ВСтЗсп є наявність дефектів та концентраторів напружень. Найбільший ризик дефектів та сторонніх включень при зварюванні маловуглецевих сталей знаходиться на початку та в кінці зварного шва. Тому при проектуванні зварні шви розміщують так, щоб їх початок та кінець та прихватки знаходились в області з низькими напруженнями. У випадку довгих

поздовжніх швів, зварювання слід проводити від середини до краю, щоб мінімізувати появу внутрішніх напружень. При цьому слід недопускати проміжків в корені шва. Механічні властивості усього ЗЗ повинні відповідати властивостям основного металу за відхиленнями відповідно до вимог.

1.3 Технічні умови на виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа

Стінка борта тракторного напівприцепа – зварна конструкція, що експлуатується в умовах динамічних навантажень.

Серед основних технічних вимог при виготовленні зварного виробу є конструктивне виконання виробу, дотримання розмірів деталей зварних вузлів в межах граничних допусків, дотримання зовнішньої форми конструкції згідно креслень, використання вказаних матеріалів виробу.

Серед технологічних вимог відзначають придатність конструкції до виготовлення, подальшої експлуатації, необхідного ремонту з найменшими затратами та необхідними показниками якості. Режимми зварювальних робіт повинні забезпечувати для обраного способу зварювання якість зварних з'єднань для кожного типу зварного з'єднання, враховуючи товщину деталей та матеріали.

1.3.1 Вимоги до матеріалів виробу

Обираючи матеріал для виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа необхідно врахувати не лише характер та тривалість навантаження, але інтенсивність, частоту, історію навантажень при різних видах експлуатації даного виробу у умовах тривалих статичних навантажень чи короткочасних динамічних навантажень.

З метою забезпечення оптимального відношення міцності матеріалу та жорсткості конструкції необхідно враховувати міцнісні властивості, такі

границя текучості, втомна міцність, ударна в'язкість та твердість, а також доступність стандартного сортаменту та вартість матеріалу.

Для даної конструкції вибираємо матеріал з 1 групи сталей для виготовлення зварних виробів, які експлуатуються у умовах динамічної зміни навантажень, вібрації при температурі більше 45 градусів за Цельсієм. Це дозволяє вибрати конструкційну вуглецеву сталь загального призначення ВСт3сп, ВСт3пс, ВСт3Гсп. Враховуючи проведення зварювальних робіт, приймаємо марку ВСт3сп.

Оскільки вказані в літературі вмісти хімічних елементів можуть бути змінені після обробкою, необхідно проводити вхідний контроль, особливо на вміст вуглецю, сірки та фосфору, які є визначальними при утворенні характерних саме зварювальних дефектів виготовлення.

Для виготовлення стінки борта використовується стандартний холоднокатаний листовий прокат із товщиною 3,0 мм.

Отже, сталь марки ВСт3сп застосована для даного виробу є маловуглецевою конструкційною сталлю звичайної якості. Дана марка сталі застосовується для різних (і несучих, і не несучих) елементів зварних конструкцій, що працюють при змінних навантаженнях при температурах від -40 ° С. Листовий прокат постачається в листах та рулонах шириною до 2300 мм.

1.3.2 Вимоги до геометричної форми та розмірів виробу

У зварних конструкціях місцеві концентратори напружень є причинами зменшення міцності її окремих елементів. Тому в даному зварному виробі такими концентраторами є зміна перерізу, гострі кути, місця концентрації напружень кріплення стінки. Зварні з'єднання виконуються за діючою нормативною документацією, а саме ДСТУ 2099-92 (ГОСТ 30021-93), ДСТУ EN 1708-2:2015.

Призначення граничних допусків необхідне для складання деталей з допуском для зазору в стиках, так щоб не підганяти їх на місці, а також з врахуванням усіх термічних зварювальних деформацій.

1.3.3 Вимоги до складання

Перед складанням на зварних деталях проводиться утворення кромки, відповідно до вимог та типу зварного з'єднання. Також усі поверхні зварного шва ретельно очищаються від поверхневих плівок, іржі, фарб, мастила з використанням залізних щіток та необхідних розчинників. Для точок прихоплення використовують лише матеріали, що відповідають основному матеріалу. Прихватки слід розмішувати в областях з невеликим навантаженням і при можливості не використовувати для поздовжніх елементів. Після зварювання прихватки видаляють [3].

1.3.4 Вимоги до зварних з'єднань та швів

Для складально-зварювальних операцій стінки борта тракторного напівприцепа застосовуються стикові, кутові, напусткові зварні з'єднання. Відповідно до типу ЗЗ виставляються зазори.

При цьому усі елементи зварювання повинні мати можливість легко доступу для контролю та вимірювання у ході усіх технологічних операцій. Співвідношення товщин ЗЗ допускається відхиленням до тридцяти відсотків товщини частини з меншою товщиною. При цьому конструкція повинна проектуватись з плавним перетоком від товстішої до тоншої частини.

1.3.5 Вимоги до якості зварювання

При виготовленні стінки борта тракторного напівприцепа дефекти з'єднань при зварюванні металів павленням не повинні перевищувати норми встановлені ДСТУ 3491-96. При виявленні зварних дефектів, загальна довжина дефектних зварних швів не повинна бути більшою 15% загальної

довжини зварного шва. Виправлення дефектів несе на собі додаткові економічні затрати.

Операції оцінювання якості зварювання включають різні види від контролю зварників, перевірки пристроїв, вхідного контролю матеріалів, так і проведення проб присадних металів та випробування зразків зварних з'єднань. Необхідні операції контролю якості зазначаються у документації на виріб.

Під час проведення контролю старатись використовувати неруйнівні методи контролю: візуальний огляд, ультразвукова діагностика, вимірювання твердості, вимірювання залишкової намагніченості, які дозволяють дешево та надійно перевірити відповідність властивостей матеріалів до вимог нормативної документації.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Схема технологічного процесу

Для виготовлення заготовки стінки борта тракторного напівприцепа використовують виготовляють листовий прокат та квадратні фасонні профілі.

Технологічний процес виготовлення заготовок із заданої марки сталі ВСтЗсп включає операції: правлення, розмічання, згинання та зачистку.

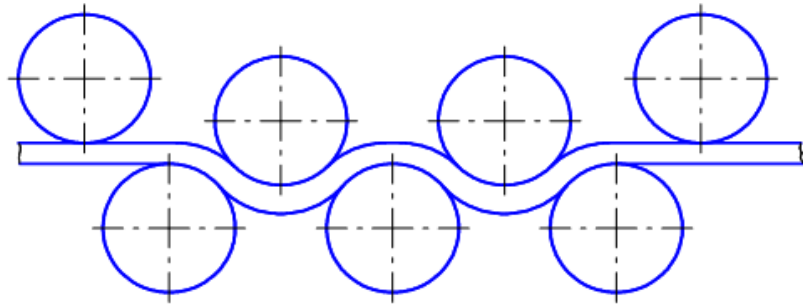
Спочатку шляхом багатократного пропускання листового прокату в холодному стані через листопривальну машину створюють місцеве пластичне деформування листів. Валки у машині розміщені у шаховому порядку, рис. 2.1а. Нерухомі валки розміщені на нижній станині, а привідні на верхній частині. При зміні товщини прокату верхню частину машини підіймають з допомогою приводу. Фасонні профілі правлять на роликівих машинах, рис. 2.1 б.

Розмітка дрібних деталей проводиться на розмічальній плиті намічувальними шаблонами і є в цілому трудомісткою операцією, яку можна замінити використання верстатів з ЧПК.

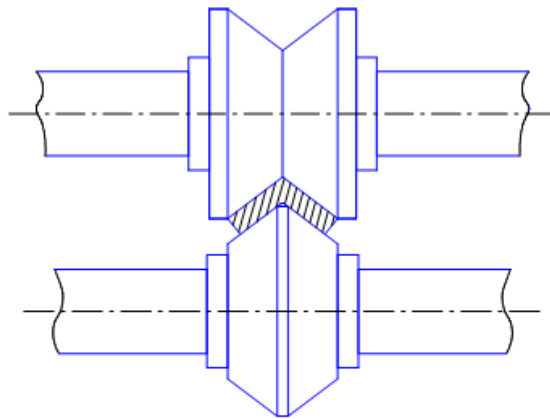
Вирізання необхідних деталей з листового прокату здійснюють на гільйотинних ножицях. Схема даного процесу різання показана на рисунку 2.2.

Згинання листових заготовок проводять на пресах листозгинальних пресах в холодному стані.

Очистка готових деталей проводиться механічними та хімічними способами на дробоструменевих верстатах. Механізована ручна зачистка проводиться для зварних кромek та зварних швів, а аткож для опоряджувальних робіт.



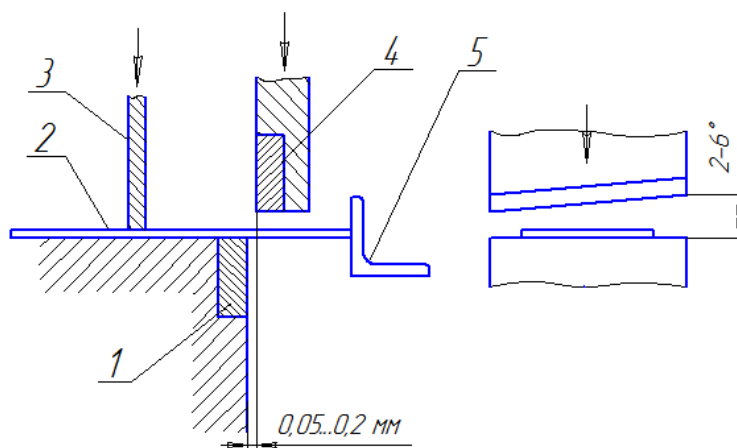
а)



б)

а – правлення листового прокату; б – правлення профільного прокату

Рисунок 2.1 – Схеми правлення прокату [6]



1 – нижній ніж; 2 – лист металу; 3 – притискач; 4 – верхній ніж; 5 – упор

Рисунок 2.2 – Схема різання листового прокату на гільйотинних ножицях [6]

У технологічному процесі виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа можемо виділити наступні операції:

- 1) переміщення деталей на дільницю складання;
- 2) встановлення деталей на складальному стенді;
- 3) притиснення деталей одна до одної за допомогою струбцин;
- 4) виконання прихоплення деталей одна до одної;
- 5) зняття притискних струбцин;
- 6) виконання зварювання деталей одна до одної кутовими та стиковими швами, утворюючи раму каркасу стінки борта тракторного напівприцепа;
- 7) зняти каркас з складального стенду;
- 8) перевернути деталь;
- 9) проварити стикові та кутові шви, що залишились;
- 10) зачистити зони зварювання від бризок;
- 11) виконати ВК зварних з'єднань;
- 12) перемістити деталі для складання стінки борта тракторного напівприцепа;
- 13) очистити деталі в місцях зварювання від іржі, мастила та інших забруднень;
- 14) покласти листи на маніпулятор;
- 15) покласти каркас на листи та притиснути струбцинами;
- 16) приварити листи до каркасу по контуру;
- 17) перевернути деталь за допомогою кран — балки;
- 18) приварити листи до каркасу з протилежного боку;
- 19) зачистити виріб від крапель металу;
- 20) виконати ВК зварних з'єднань та розмірів виробу;
- 21) перемістити готову стінку борта в цех готової продукції.

Профільний квадратний прокат при виготовленні рами борта розміщуємо симетрично та закріплюємо прихватками. Для цього застосовуються кондуктори для складання або стенди з притискачами за усією довжиною профілю.

З метою вивільнення від непродуктивної ручної праці застосовуємо елементи механізації пневмоприжими та фіксатори на механізованій зварювальній дільниці. Стенд для складання каркасу стінки борта тракторного напівприцепа має поворотну раму на якій розміщені упори, пневмопритискачі та фіксатори. На основі стенда закріплені гідродомкрати, які здійснюють поворот стенда на 180^0 .

На складеному прихваченнями каркасі проводяться подальші зварювальні операції. При цьому стенд повертається у необхідне положення для зварювання. Зварювання каркасу стінки борта проводять напівавтоматом в середовищі $\text{CO}_2 + \text{O}_2$.

Для приварювання листів обшивки, каркас знімають із його складального стенду. Каркас кладуть на листову заготовку, прихвачують і притискають пневмопритискачами. Пневмопритискачі захищені від самостійного розтискання. Далі стенд повертається на позиції напівавтоматичного зварювання, проводиться зварювання поздовжніх швів, а далі зварювання обшивки до обв'язок каркасу, і на кінець зварювання обшивок та проміжних стійок.

2.2 Вибір способу зварювання

З метою вибору способу зварювання враховують ряд чинників, а саме зварюваний матеріал, його товщину, вимоги до якості зварного шва, технічні та економічні вимоги до усього зварного з'єднання, ступінь автоматизації та механізації виробництва, об'єм випуску виробів, вимоги щодо безпеки робіт, наявне обладнання.

Найбільш поширені дугові способи зварювання плавким електродом, які мають високу універсальність і простоту виконання. Насамперед, це зварювання покритим електродом, напівавтоматичні та автоматичні способи зварювання дротом суцільного перерізу в середовищі CO_2 або його сумішах, під флюсом, порошковим дротом. Найбільш широко застосовується дугове зварювання суцільним дротом під флюсом та захисних газах.

Автоматичні способи зварювання плавким електродом більш продуктивні, ніж зварювання покритим електродом і напівавтоматичні способи зварювання суцільним дротом. Висока продуктивність автоматичних дугових способів досягається можливістю їх виконання на більш підвищених режимах зварювання, в першу чергу зварювального струму. При їх використанні зварні з'єднання мають високу якість. Забезпечення стабільності якості з'єднань при автоматичному зварюванні досягається за рахунок автоматичного виконання плавлення та формування зварного з'єднання. Порівняно невисокий рівень застосування автоматичного зварювання пояснюється багатьма обставинами, до основних із яких можна віднести наступні: недостатню універсальність цих способів і технологічність створюваних конструкцій; неможливість виконання швів у важкодоступних місцях, складності зварювання криволінійних швів, які розташовані в різних просторових положеннях; необхідність створення спеціалізованих робочих місць для проведення автоматичних способів зварювання й оснастки їх відповідним допоміжним обладнанням; відносно високі додаткові витрати на це обладнання.

Так, як необхідно виконувати шви у різних просторових положеннях, де через конструкцію виробу затруднене утримування флюсу, дугове зварювання під шаром флюсу є не раціональним. Крім того, подача флюсу в зону зварювання може викликати значні технічні складності і значні витрати флюсу.

Напівавтоматичне зварювання під флюсом виробів підвищеної точності складно виконувати, через необхідність точного позиціонування електроду вздовж зварюваного стика.

Зварювання порошковим дротом дозволяє точно подавати електрод у зону зварювання та проводити спостереження за процесом. Додатковою перевагою є можливість відкоригувати хімічний склад осердя порошкового зварювального дроту. Проте мала жорсткість скрутки з порошковим наповнювачем приводить до обмеження зусиль стискання електроду в подаючому механізмі. Також до недоліків зварювання порошковим дротом відносять складність використання дротів діаметром більше 2,5 мм та використання як правило даної технології в нижньому положенні.

При виготовленні зварних конструкцій рамного типу перевагу віддають напівавтоматичному та автоматичному зварюванню в захисних газах.

Найбільш широко зварювання проводиться у середовищі CO_2 для покращення формування шва, збільшення продуктивності та зменшення розбризкування електроду. Додавання кисню у суміш з CO_2 приводить до екзотермічних реакцій з киснем значної інтенсивності, що дає більш високу температуру в реакційній зоні, забезпечує вигорання водню, зменшує вибухи перемичок, розсіювання крапель та покращує якість шва в цілому. При напівавтоматичному зварюванні можна виконувати безперервні шви, виконання яких при звичайному зварюванні покритим електродом неможливе через необхідність заміни електродів.

Застосування приведеного способу зменшує можливість зупинки, тому не потрібно додатково заварювати кратери, що в цілому збільшує продуктивність процесу та зменшити втрати зварювального дроту. У процесі зварювання з більш високою концентрацією енергії збільшується глибина проплавлення, зменшується ширина зони термічного впливу та зменшується деформування конструкції.

Для прихоплення при виготовленні стінки борта тракторного напівприцепа будемо застосовувати спосіб електродугового напіваавтоматичного зварювання, а для зварювання каркасу та обшивки – автоматичне зварювання плавким електродом в середовищі суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$. Даний спосіб зварювання обираємо тому, що в випадку зварювання рамної конструкції він є найбільш раціональним і має ряд переваг перед іншими способами зварювання. До переваг даного способу зварювання можна віднести:

а) менше розбризкування електродного металу порівняно із способом напіваавтоматичного дугового зварювання в середовищі вуглекисного газу;

б) висока ступінь концентрації тепла дуги, що забезпечує в свою чергу мінімальну зону структурних змін і відносно невеликі деформації зварної конструкції;

в) висока продуктивність процесу за рахунок механізації подачі електродного дроту;

г) високоефективний захист розплавленого металу зварювальної ванни.

Широке використання напіваавтоматичного зварювання у середовищі захисних газів взамін ручного зварювання покритими електродами обумовлене більшою продуктивністю, кращими умовами праці і меншими вимогами до кваліфікації робітників.

Перед напіваавтоматичним зварюванням під флюсом його переваги полягають у можливості візуального спостереження за розташуванням електрода, відсутності операцій по утриманню і видаленню флюсу і можливості виконання швів у всіх просторових положеннях.

Саме наявність цих переваг способу напіваавтоматичного електродугового зварювання в суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ робить його найбільш раціональним.

2.3 Вибір зварювальних матеріалів

Зварювальними або присадними називають матеріали, які забезпечують можливість протікання зварювальних процесів та отримання якісного зварного з'єднання основного металу [7].

До зварювальних матеріалів відносять зварювальний дріт, порошковий дріт, присаджувальний пруток, різні флюси, захисні (активні та інертні) гази.

Вказані матеріали повинні забезпечити потрібні геометричні розміри і властивості зварного шва; добрі технологічні умови ведення процесу зварювання; високу продуктивність та економічність процесу; необхідні санітарно-гігієнічні умови праці при їх виробництві та зварюванні.

Це досягається тим, що зварювальні матеріали приймають участь:

- в захисті розплавленого металу в зоні протікання металургійних процесів, а в деяких випадках і нагрітого твердого металу від шкідливої дії атмосферного повітря (насичення його газами атмосфери) протягом всього процесу зварювання;
- в процесі розплавлення, перенесення в електричній дузі, кристалізації;
- в очищенні металу шва від водню;
- в регулюванні хімічного складу металу шва шляхом легування і розкислення;
- в рафінуванні металу шва;
- у модифікуванні первинної структури шва.

Для зварювання стінки борта тракторного напівприцепа основними зварювальними матеріалами являються – зварювальний дріт та захисні гази (вуглекислий газ та кисень).

Найбільш часто при зварюванні в якості присадного металу використовують зварювальний дріт, отриманий гарячим прокатуванням, або волочінням після гарячого прокатування.

Зварювальний дріт повинен мати чисту, вільну від іржі, масла і інших забруднень поверхню. Наявність іржі та забруднень на поверхні дроту

призводить до руйнування контакту між струмопровідним мундштуком та дротом, і до зниження стійкості металу шва проти пор.

При механізованих способах зварювання плавленням використовується дріт у вигляді неперервного плавкого електрода. Частка електродного металу в утворенні шва залежить від режиму зварювання і її можна відрегулювати лише певних межах.

Стальний зварювальний дріт, призначений для зварювання регламентується ГОСТ 2246-70, де він класифікується по групах і марках сталі.

Вибір зварювального дроту перш за все залежить від марки металу, який зварюють (ВСт3сп). Бажано, щоб хімічний склад зварювального дроту був таким же, як і метал виробу.

Вуглецеві сталі схильні до пористості і основною причиною являється реакція взаємодії вуглецю з киснем, яка призводить до утворення чадного газу. Для подавлення реакції окислення вуглецю під час кристалізації металу шва повинні бути розкислювачі (Mn і Si) у достатній кількості. Тому, для попередження пористості при зварюванні у вуглекислому газі потрібно використовувати дріт з підвищеним вмістом Mn і Si- Св-08Г2С.

Отже, для зварювання сталі ВСт3сп обираємо зварювальний електродний дріт Св-08Г2С, таблиця 2.1.

Активні захисні гази, крім захисту зварювальної ванни, у процесі зварюванні можуть також і взаємодіяти з металом зварного шва [7].

Таблиця 2.1 – Хімічний склад зварювального дроту Св – 08Г2С, % за ГОСТ 2246-70 [1]

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

При виготовленні даного виробу застосовуємо газову суміш CO_2 - O_2 . Вуглекисний газ при цьому найкраще використовувати вищого сорту без шкідливих домішок.

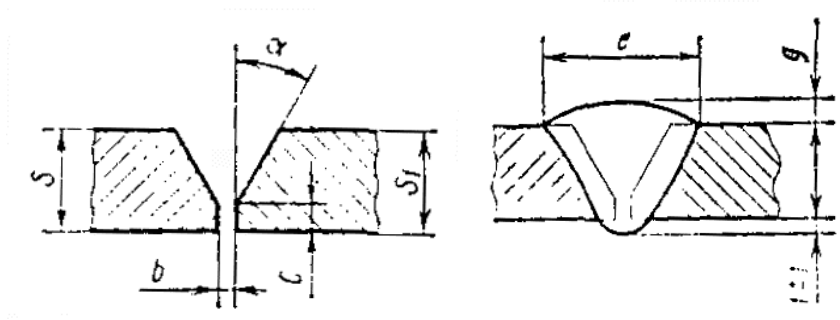
У суміші CO_2 – 20% O_2 високий окислювальний потенціал, вища температура зварювальної ванни, більша кількість шлаку, глибше проплавлення, якісне формоутворення, зменшене розбризкування, менша пористість. Для даної технології застосовується змішування розхідних газів на пості, через регулювання витрат газів окремими редукторами з вимірюванням витрат ротаметром РС-3.

2.4 Розрахунок параметрів режиму зварювання

До параметрів режиму зварювання при використанні середовища захисних газів відносять:

- глибину провару h ;
- діаметр електродного дроту $d_{\text{д}}$;
- катет шва $K_{\text{ш}}$;
- зварювальний струм $I_{\text{зв}}$;
- зварювальна напруга $U_{\text{зв}}$;
- виліт електродного дроту $L_{\text{ел.др.}}$;
- швидкість подачі зварювального дроту $V_{\text{под.пр}}$;
- швидкість зварювання $V_{\text{зв.}}$;
- витрати захисного газу $q_{\text{з.г.}}$;

Для зварювання каркасу стінки борта приймаємо стандартне стикове з'єднання С2 за ГОСТ 14771 – 76, товщиною 4 мм (рисунок 2.3).



$$s = s1 = 4 \text{ мм}; b = 1 \pm 1 \text{ мм}; e \leq 12 \text{ мм}; c = 2 + 1 \text{ мм};$$

$$g = 1,5 \pm 0,5 \text{ мм}; g1 = 1,5 \pm 1,0 \text{ мм}; \alpha = 20 \text{ град.}$$

Рисунок 2.3 – Конструктивні розміри шва N2

Розраховуємо режими зварювання для стикового з'єднання.

1. Встановлюємо необхідну глибину провару $H = 4$ мм, необхідну для проплавлення металу прямокутної труби.

2. Розраховуємо силу зварювального струму, що забезпечує задану глибину проплавлення

$$I_{cs} = \frac{H}{Kh} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де H – необхідна глибина провару, мм;

Kh – коефіцієнт пропорційності, величина якого залежить від умов зварювання.

Коефіцієнт Kh вибираємо з таблиці в залежності від діаметра зварювального дроту і захисного середовища.

$$Kh = 1,75.$$

$$\text{Тоді } I_{cs} = \frac{4}{1,75} \cdot 100 = 229 \text{ (А)}$$

Приймаємо зварювальний струм 230 А.

3. Розраховуємо діаметр електродного дроту.

$$d_s = 1,13 \sqrt{\frac{I_{cs}}{j}}, \quad (2.4)$$

де j – допустима густина струму ($j = 160 \text{ А/мм}^2$).

$$d_e = 1,13 \sqrt{\frac{229}{160}} = 1,35 \text{ (мм)}$$

Приймаємо діаметр дроту 1,4 мм.

4. Для визначення швидкості зварювання для стикових з'єднань можна використати наступну формулу:

$$V_{ce} = \frac{A}{I_{ce}}, \quad (2.5)$$

де A – вибираємо від діаметру електродного дроту

$$A = (5 \div 8) 10^3 \text{ А} \cdot \text{м/год}$$

$$V_{ce} = \frac{6 \cdot 10^3}{230} = 26,2 \text{ м/год} = 0,73 \text{ см/с}$$

5. Для прийнятого діаметра електродного дроту і сили струму визначаємо оптимальну напругу на дузі

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{d_{\text{э}}^{0,5}} \cdot I_{ce} \pm 1 \text{ (В)} \quad (2.6)$$

$$U_d = 20 + \frac{50 \cdot 10^{-3}}{1,4^{0,5}} \cdot 230 \pm 1 = 30 \text{ (В)}$$

6. Визначаємо погонну енергію

$$q_n = \frac{0,24 \cdot I_{ce} \cdot U_d \cdot \eta}{V_{ce}} = \frac{0,24 \cdot 230 \cdot 30 \cdot 0,8}{0,73} = 1815 \text{ (Дж/с)}$$

7. Визначаємо коефіцієнт форми провару

$$\psi_{np} = k'(19 - 0,01 I_{ce}) \frac{d_{\text{э}} \cdot U_d}{I_{ce}}, \quad (2.7)$$

де k' – коефіцієнт, величина якого залежить від роду струму і його полярності.

$$k' = 0,367 \cdot j^{0,1925} = 0,367 \cdot 160^{0,1925} = 0,97$$

$$\psi_{np} = 0,97(19 - 0,01 \cdot 230) \frac{1,4 \cdot 30}{230} = 2,96$$

8. Обчислюємо реальну глибину провару

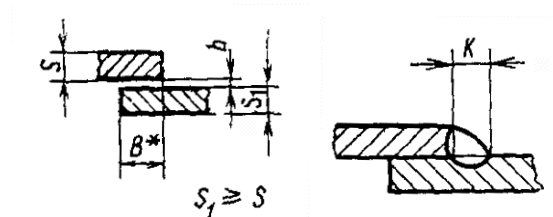
$$H = 0,0165 \sqrt{\frac{q_n}{\psi_{np}}} = 0,0165 \sqrt{\frac{1815}{2,96}} = 0,4 \text{ (см)}$$

Обчислена глибина провару забезпечує повне проплавлення основного металу.

9. Обчислюємо площу провару

$$F_{np} = \frac{\pi \cdot \psi \cdot H^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,96 \cdot 0,4^2}{4} = 0,37 \text{ (см}^2\text{)}$$

Розрахунок режиму зварювання листів обшивки товщиною 3,0 мм приведений нижче. Розглядається напускове з'єднання Н1 ГОСТ 14771 – 76 (рисунок 2.4)



$$S = 3 \text{ мм}; S1 = 6 \text{ мм}; b = 0 + 1,0 \text{ мм}, K = 2,0 \text{ мм}$$

Рисунок 2.4 – Напускове з'єднання Н1 за ГОСТ 14771 – 76

Проводимо розрахунок параметрів режиму зварювання для катета 2 мм. Визначаємо площу поперечного перерізу для шва без випуклості за формулою:

$$F_H = K^2/2, [1] \quad (2.8)$$

де K – катет шва, мм.

$$F_H = 2^2/2 = 2 \text{ мм}^2.$$

Висота наплавленого металу:

$$h_H = \sqrt{F_H}, [1] \quad (2.9)$$

$$h_H = \sqrt{2} \approx 1,4 \text{ мм}.$$

Ширину шва визначаємо за формулою:

$$e = \sqrt{2K^2}, (2.10)$$

$$e = \sqrt{2 \times 2^2} \approx 2,8 \text{ мм}.$$

Визначаємо загальну висоту шва:

$$H=e/\psi_{np}, [1] \quad (2.11)$$

ψ_{np} – коефіцієнт форми проплавлення; $\psi_{np} = (0,8 \div 4)$.

Приймаємо $\psi_{np}=0,8$ [8];

$$H = 2,8/0,8 = 3,5 \text{ мм.}$$

Глибина проплавлення основного металу :

$$h_0=H-h_H, [1] \quad (2.12)$$

$$h_0=3,5-1,4=2,1 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину сили струму зварювання:

$$I_{зв} = (h_0/K_n) \times 100, [1] \quad (2.13)$$

де K_n – коефіцієнт пропорційності, що залежить від умов зварювання ,

$K_n=1,75$, тоді :

$$I_{зв}=2,1/1,75 \times 100=120 \text{ А .}$$

Приймаємо силу струму 120 А.

Визначаємо діаметр електродного дроту:

$$d_{el}=1,13 \sqrt{\frac{I_{зв}}{j}}, [8] \quad (2.14)$$

де j – густина струму, А/мм²; приймаємо $j=120$ А/мм² [8].

$$d_{el}=1,13 \sqrt{\frac{120}{120}}=1,13 \text{ мм ;}$$

Приймаємо діаметр електрода = 1,2 мм.

Напругу на дузі визначаємо за формулою :

$$U_d=20+\frac{50 \times 10^{-3}}{d_{el}^{0.5}} I_{зв}^{+1}, [8] \quad (2.15)$$

$$U_d=20+\frac{50 \times 10^{-3}}{1,2^{0.5}} 120^{+1} =26 \text{ В.}$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту :

$$V_{n.e.}=\frac{4\lambda_H I_{зв}}{\pi d_{el}^2 j}, [1] \quad (2.16)$$

де j – густина металу електродного дроту ($j = 7800 \text{ кг/м}^3$);

λ_n – коефіцієнт наплавлення металу, кг/А×год.

При зварюванні на постійному струмі зворотної полярності:

$$\lambda_n = 11,6 \pm 0,4 \text{ г/А×год, [1].}$$

Приймаємо $\lambda_n = 12 \times 10^{-3}$ кг/А×год.

$$V_{п. е.} = \frac{4 \times 12 \times 10^{-3} \times 120}{3,14 \times 0,0012^2 \times 7800} \approx 163,3 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{п. е.} = 165$ м/год.

Швидкість зварювання :

$$V_{зв} = \frac{\lambda_n I_{зв}}{F_n \times j}, [1] \quad (2.17)$$

$$V_{зв} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 120}{2 \times 10^{-6} \times 7800} \approx 92,3 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{зв} = 92$ м/год.

При виготовленні стінки борта тракторного напівприцепа використовуємо також таврові зварні шви з катетом 4 мм (рисунок 2.5).

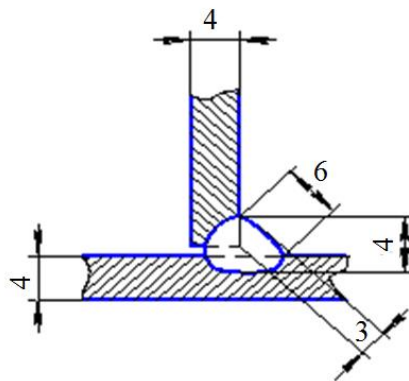


Рисунок 2.5 – Таврове зварне з'єднання Т1 за ГОСТ 14771 – 76

Визначаємо площу поперечного перерізу наплавленого металу для катета 4 мм за формулою (2.8) :

$$F_n = 4^2 / 2 = 8 \text{ мм}^2.$$

Висоту наплавленого металу визначаємо за формулою (2.9):

$$h_n = \sqrt{8} \approx 2,83 \text{ мм.}$$

Ширину шва визначаємо за формулою (2.10):

$$e = \sqrt{2 \times 4^2} \approx 5,6 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальну висоту шва за формулою (2.11):

ψ_{np} – коефіцієнт форми проплавлення; $\psi_{np} = (0,8 \div 4)$.

Приймаємо $\psi_{np} = 0,8$ [8];

$$H = 5,6 / 0,8 = 7 \text{ мм.}$$

Глибину проплавлення основного металу визначаємо за формулою (2.12):

$$h_0 = 7 - 2,83 = 4,17 \text{ мм.}$$

Визначаємо величину сили струму зварювання за формулою (2.13):

$$I_{зв} = 4,17 / 1,75 \times 100 \approx 238,3 \text{ А.}$$

Приймаємо силу струму 240 А.

Визначаємо діаметр електродного дроту за формулою (2.14):

$$d_{el} = 1,13 \sqrt{\frac{240}{120}} = 1,59 \text{ мм};$$

Приймаємо діаметр електрода = 1,6 мм.

Напругу на дузі визначаємо за формулою (2.15):

$$U_d = 20 + \frac{50 \times 10^3}{1,6^{0,5}} 240^{-1} = 30 \text{ В.}$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою (2.16):

$$V_{n.e.} = \frac{4 \times 12 \times 10^{-3} \times 240}{3,14 \times 0,0016^2 \times 7800} \approx 183,7 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{п. е.} = 185 \text{ м/год.}$

Швидкість зварювання визначаємо за формулою (2.17):

$$V_{зв} = \frac{12 \times 10^{-3} \times 240}{8 \times 10^{-6} \times 7800} \approx 46,2 \text{ м/год.}$$

Приймаємо $V_{зв} = 46 \text{ м/год.}$

Розрахункові параметри режиму напівавтоматичного дугового зварювання в суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$ зведені в таблицю 2.2.

Усі режими зварювання необхідні для виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа подано в таблиці 2.2.

2.5 Вибір основного зварювального обладнання

Основне зварювальне обладнання для технологічного процесу зварювання стінки борта тракторного напівприцепа вибираємо універсальне, що дозволить використовувати його і для іншої номенклатури подібних виробів. Для даної технології зварювання в захисних газах, устаткування крім пристроїв для перетворення та подачі енергії у зону зварювання, але і допоміжні пристрої для зберігання, підготовки газів та забезпечення газового захисту розплавленого металу шва та зони тремічного впливу від дії повітря.

Таблиця 2.2 – Режими зварювання стінки борта тракторного напівприцепа

Номер шва	Сила струму $I_{зв}, A$	Напруга на дузі U_d, B	Діаметр дроту $d_e, мм$	Швидкість зварювання $V_{зв}, м/год$	Швидкість подачі дроту $V_{п.д.}, м/год$
N1	240	30	1,6	46	185
N2	230	30	1,4	24	210
N3	120	26	1,2	92	165

При напівавтоматичному зварюванні механізована тільки операція подачі електродного дроту, а переміщення дуги вздовж зварювального шва здійснюється вручну [7].

Високі експлуатаційні властивості сучасних зварювальних напівавтоматів досягаються за рахунок застосування тонкого електродного

дроту, який подається в зварювальну ванну по гнучкому направляючому рукаві, що дозволяє розмістити відносно важкі механізми для подачі дроту на значній віддалі від зони зварювання, де розташований тільки робочий орган – зварювальний пальник.

В склад поста напівавтоматичного зварювання в середовищі суміші CO_2 і O_2 входять: зварювальне обладнання, механічне, технологічне обладнання і інструмент.

Для проведення технологічного процесу джерело живлення повинно забезпечити потрібні силу струму, напругу на дузі, з потрібною ВАХ, динамічними властивостями та мінімальним коефіцієнтом розбризкування.

Зварювальні операції здійснюють постійним струмом на зворотній полярності, оскільки це дозволяє збільшити глибину проплавлення та зменшити розбризкування [1].

Використання великої сили струму при зростаючій статичній ВАХ дуги приводить до необхідності застосування і відповідного джерела живлення з зростаючою чи жорсткою статичною ВАХ для забезпечення явища саморегулювання зварювальної дуги. Тому, для механізованого зварювання обираємо модель напівавтомату ПДГ-304-1 та джерело живлення ВДГ-301.

Таблиця 2.3 – Технічна характеристика випрямляча ВДГ- 301 [9]

Технічна характеристика	Показник
Напруга мережі живлення, В	380
Номінальний зварювальний струм, А (при ТВ,%)	300(60)
Діапазон регулювання струму, А	50...320
Напруга холостого ходу, В	16...30
Вторинна напруга, В	-
Потужність, кВт	-
Габарити, мм	960×697×775
Маса, кг	210

Випрямляч ВДГ–301 з жорсткою зовнішньою характеристикою, який забезпечує плавне регулювання вихідної напруги мережі. Цей випрямляч складається з трансформатора із нормальним магнітним розсіюванням і трьохфазного дроселя насичення. Робочі обмотки дроселя включені в випрямний блок. Регулювання вихідної напруги ступінчасте – плавне. Випрямляч має дистанційне керування. Використання випрямлячів більшої потужності з аналогічною зовнішньою характеристикою буде економічно не ефективно через великі енерговитрати.

Перед перетворювачами зварювальні випрямлячі мають ряд переваг:

- а) більш високий коефіцієнт корисної дії і менші втрати на холостому ходу;
- б) безшумні;
- в) кращі динамічні властивості;
- г) менша маса, більша надійність і простота обслуговування при експлуатації.

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика зварювального напівавтомата ПДГ–304-1 [9]

Технічна характеристика	Показник
Номінальний зварювальний струм, А	315
Діаметр електродного дроту, мм	0,8 ... 2,0
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	100-960
Габарити, мм	380×330×100
Маса подавального пристрою, кг	5
Джерело струму	ВДГ-301

Для виконання зварювання вибираємо напівавтомат ПДГ– 304-1. Технічна характеристика напівавтомата наведена в таблиці 2.4.

Пальники зварювальних автоматів здійснюють формування та спрямування захисного газу в зону зварювання і є уніфікованими.

Напівавтомати для механізованого зварювання плавким електродом серії ПДГ комплектують уніфікованими пальниками типу ГДПГ. Для зварювання на струмі до 300 А електродним дротом діаметром 1,6 мм вибираємо пальник типу ГДПГ – 302.

Технічна характеристика зварювального пальника типу ГДПГ – 302 наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічна характеристика зварювального пальника типу ГДПГ – 302 [9]

Технічна характеристика	Показник
Номінальний зварювальний струм, А	315
Спосіб захисту	Газовий захист
Діаметр електродного дроту, мм	1,6–2,0
Довжина рукава, м	2,0
Маса, кг	0,7

З метою покращення доступу до складального стенду, зручності в роботі зварника, доцільним та раціональним буде застосування стаціонарної колони П-302 для розміщення напівавтомату та електродного дроту над складеним виробом. Технічні характеристики колони П-302 приведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічна характеристика колони моделі П-302 [9]

Технічна характеристика	Показник
Найбільший радіус зони обслуговування, мм	5000
Найбільший виліт стріли, мм	2800
Висота верхнього кінця падаючого шланга, мм	170-2670
Найбільший кут нахилу колони, град	45
Сумарний кут повороту стріли, град	45
Швидкість підйому стріли, м/с	0,01
Частота струму, Гц	50
Напруга, В	380
Габаритні розміри, мм	3060*530*2788
Вага, кг	627

Для процесу механізованого зварювання у захисному газі обрано напівавтомат ПДГ-304-1. Для автоматичного зварювання на стенді обшивки та каркасу обрано зварювальний автомат тракторного типу АДПГ – 500.

Автомат АДПГ-500 використовують для електродугового зварювання (постійний стурм) вуглецевих сталей для товщин більших 1 мм товщиною $S \geq 1$ мм. Дане устаткування складається із зварювального трактора, блоку управління та зварювального джерела, випрямляча ВДУ-504 з жорсткою зовнішньою ВАХ. Також для підготовки захисного газу автомат комплектуємо осушувачем газу та підігрівачем газу ПЕ-01.

Таблиця 2.7 – Технічна характеристика автомата АДПГ – 500 [9]

Технічна характеристика	Показник
Напруга мережі живлення, В	380
Сила номінального зварювального струму при ПР = 60%, А	
Межі регулювання сили зварювального струму, А	500
Діаметр електродного дроту, мм	60 – 500
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	0,8 – 2,0
Швидкість зварювання, м/ч	150 – 720
Витрата захисного газу, л/хв.	15 – 70
Габаритні розміри, мм	10 – 25
Маса, кг	570x265x425

Важливою умовою підвищення якості зварювання є безперервність подання захисного газу в зону зварювання. Проте при тривалій інтенсивній роботі з значними витратами газової суміші чи вуглекисного газу при різкій зміні тиску вуглекисний газ охолоджується. В результаті на клапані регулятора подачі газу утворюються кристали льоду, оскільки у вуглекисному газі також присутня невелика кількість вологи. Тому надходження захисного газу може відбуватися з перепадами і погіршувати якість зварного шва. Наявність підігрівача вуглекисного газу чи готової суміші дозволяє підвищити

продуктивність зварювання та якість процесу. Підігрівач дозволяє підвищити стійкість дуги, стабілізує подачу газу до зони зварювання, зменшує витрати захисних газів, покращує умови праці зварника. Для живлення підігрівача використовується змінна напруга 36 В від блоку керування.

Осушувач газу дозволяє ввібрати залишки вологи у балоні (до 500 мл). Слід зауважити, що вологопоглинач (силікагель, мідний купорос, алюмогель) необхідно прокалити при 200-300 0С перед завантаженням у копус осушувача.

Конструктивні особливості зварювального трактора та блоку керування наведені у паспорті пристроїв. Відмітимо лише деякі їх особливості. На каретці трактора встановлений також механізм для поперечного переміщення зварювальної головки до 40 мм на сторону. Механізована подача електродного дроту здійснюється на двох ступенях: 2,5...6 м/хв і 6...12 м/хв. Зусилля для притискання зварювального дроту роликом можна відрегулювати спеціальним гвинтом. Для подання дроту в патрубок, прижимний ролик відводиться через поворот важеля і дріт проштовхується до його появи в наконечнику. У зварювальній головці струмопідвід зроблений окремою трубкою в яку вкручений змінний наконечник. Передбачена можливість зварювання кутових швів.

2.6 Вибір зварювальної оснастки

Для виготовлення рами стінки борта тракторного напівприцепа застосовується спеціалізована складально-зварювальна оснастка, що дозволяє зварювати цілу групу подібних виробів у серійному виробництві з високою точністю та продуктивністю. Складальний стенд є механізованою складальною одиницею, що оснащена установочними та затискними елементами.

Серед установочних елементів на складальному стенді використовуються упори та кутники, а серед затискних притискачі та фіксатори. Даний стенд складається з поворотної рами, закріпленої на обертачі. Механізація процесу складання рами також забезпечується пневмопритискачами.

Для зручності проведення зварювальних робіт зварювальний напівавтомат АДГ-304-1 розташовується над складальним стендом з виробом та закріплюється на стандартній стаціонарній колоні П-302. Універсальна колона застосована щоб розмістити зварювальний напівавтомат на стендом з виробом.

Зварювання листової обшивки з каркасом автоматизоване та проводиться на окремому спеціальному складально-зварювальному стенді. Обшивку до каркасу складають на спеціальному стенді з допомогою складального порталу 8, який пересувається рейковими направляючими 6, фіксується призми і щупами 3 та пневмофіксаторами 4. Раму 1 притискають до обшивки 2 пневмпротискачами 5, далі накладають прихватки, пневмпривід виключають та повторюють операцію над новим виробом. Зварювання проводиться автоматом АДПГ-500. Обертання установки зварювання рами та обшивки здійснюється універсальним механізмом М 11070А.

Отже, для виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа запропоновано механізована складально-зварювальне оснастка, що спрощує процес складання та зварювання виробу, знижує трудоемність процесу, запобігає деформації в процесі зварювання, скорочує долю важкої та малопродуктивної праці, створює зручні та безпечні умови праці для робітників.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір типу пристосувань, установчих та затискних елементів

З метою зменшення трудомісткості операцій зварювання, підвищення якості виробів, покращення умов та безпеки праці на виробництві застосовують складально-зварювальне устаткування.

В залежності від призначення устаткування, що використовують на операціях складання, його можна розділити на дві групи: складальне та складально-зварювальне. У першому випадку після складання детаей проводиться лише прихоплення зварними точками. На складальному і зварювальному устаткуванні проводиться повне чи часткове зварювання, а також проведення допоміжних операцій попереднього, супутнього чи кінцевого термооброблення. На вибір конструкції устаткування впливають форма та розміри виробу, тип виробництва та програма випуску, наявність зварювального устаткування.

У технічному обґрунтуванні проводять аналіз часу на виконання операцій, можливість застосування механізації та автоматизації процесів, трудомісткість, раціональність, вимоги до охорони праці, розміри виробничих площ, кількість робітників. економію енергії та матеріалів.

Враховуючи наведені особливості технології виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа, необхідно використовувати складально-зварювальне обладнання. Це дозволить покращити якість виробу, оскільки зварювання відбувається безпосередньо після складання, і дана зварна конструкція не зазнає додаткових переустановок і транспортування.

При виготовленні стінки борта тракторного напівприцепа потрібно використовувати стенд для складання і зварювання, спеціальну установку автоматичного зварювання листів з каркасом, кондуктор, кантувач.

Точність елементів складально-зварювальних пристосувань повинна дозволяти витримувати точність встановлення усіх деталей у зварюваний

вузол під час складальних операцій та самого процесу зварювання. Тому допуски лінійних розмірів таких пристосувань беруть 0,5-0,75 від допусків на лінійні розміри зварюваних деталей. Опорні поверхні, фіксуючі, затискні та розтискні елементи повинні надійно фіксувати та закріплювати зварювані деталі з дотриманням вимог точності зварного вузла.

Кантувач в залежності від габаритів конструкції дозволяє встановлювати виріб у необхідне положення для зварювального устаткування, використовуючи осьове обертання виробу.

Для головної базової поверхні обираємо поверхню з найбільшими габаритними розмірами, а за направляючу поверхню беремо ту, що є найдовшою [13]. Як бази для встановлення застосуємо призматичні опори у виді трьох перпендикулярних площин, щоб забезпечити притискання поверхонь виробу до не менше шістьох опорних точок у трьох різних площинах. Послідовність складання та затискання даної рами визначається технологічним процесом, особливістю якого є створення у процесі виготовлення конструкції нових площин для базування послідовних приєднаних деталей рами.

Для установки базових поверхонь використовують вищезгаданий принцип шістьох точок на упори складального пристосування. Такі упори-фіксатори, крім забезпечення зручності та необхідної точності позиціонування, повинні мати достатню міцність та зносостійкість [14]. Також для забезпечення додаткової стійкості конструкції доцільно буде ввести і додаткові опори, оскільки деталь у початкових операціях може бути деформована через ще недостатню жорсткість усієї рамної конструкції. Для даної конструкції використовуємо постійні упори та фіксатори.

Вибір притискача впливає на можливість механізації технологічного процесу, оскільки крім точного та надійного встановлення деталей, забезпечують зручне та швидке складання деталей у вузол, зняття виробу та безпечні умови праці на ділянці.

Для даної конструкції застосовуємо притискачі та затискачі з механізованим пневмоприводом, що дозволить зменшити час операції складання, вивільнити ручну працю робітника, збільшити притискні зусилля та одночасно провести притискання декількох поверхонь.

3.2 Вибір зусиль притискання

З метою забезпечення надійного та якісного контакту клинів та деталей, необхідного зазору (краще без зазорів) між зварюваними кромками деталей, утримування деталей при термічній деформації від можливого зсуву в процесі електроприхваток, складання та наступного зварювання приймають достатні величини зусиль притискання.

Для закріплення зварюваних деталей зусилля кожного необхідного пневмопритискача вибираємо в межах 2..6 кН [13], приймаючи до уваги особливості технологічного процесу складання корпусу рами.

Зусилля притискання приймаємо 6кН, при цьому беремо до уваги масу та габарити стінки борта, масу пристосувань.

3.3 Розрахунок притискних механізмів складально-зварювальної оснастки

У процесі складально-зварювальних операцій конструкції стінки борта тракторного напівприцепа використовуємо механізовані притискачі з пневмоприводом, оскільки зможемо гарантувати необхідне зусилля притискання та скорочення робочого часу на складання конструкції. Проте для обслуговування даного механізму притискання доведеться використовувати більш кваліфіковану робочу силу для регулювання величину притискання та швидкості ходу.

3.4 Розрахунок механізованого притискача з пневмоприводом

Для проведення розрахунку пневмоприводу визначимо силу, що діє на штоці пневмоциліндра. Це дозволить розрахувати конструктивний параметр пневмоциліндра – діаметр.

Для проведення надійного притискання рами обираємо пневмопоривід двосторонньої силової дії з максимальним зусиллям притискання 6000 Н. Принципова схема пневмоприводу приведена на рисунку 3.1.

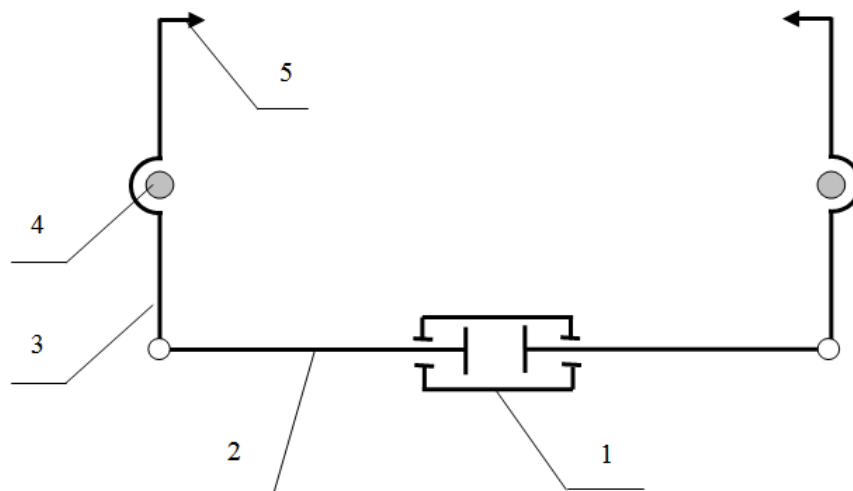


Рисунок 3.1 – Схема пневпропивоуду

Оскільки затискаючий механізм у складі важелів 3 з клинами 5, щоків 2 та пневмоциліндра 1 має симетричну будову, тому розрахунок зусиль можна здійснити лише жля однієї сторони затиску. Основними параметрами пневмоциліндрів є внутрішній діаметр D і хід поршня L . Діаметр D визначається в залежності від необхідного зусилля. Для пневмоциліндра двосторонньої дії зусилля на штоку F_c і діаметр D знаходяться в наступній залежності:

$$P = p \cdot F \cdot \eta = p \frac{\pi D^2}{4} \eta, [14] \quad (4.1)$$

де p -тиск повітря в пневмоциліндрі, МПа ($p = 0,6$ МПа [14]);

F - площа поршня, мм² ;

η -коефіцієнт корисної дії ($\eta=0,8$ [14]).

Зусиллям F_c , що розвивається пневмоциліндром, створюється обертовий момент M_1 . Величина цього моменту рівна і у другій частині важільного механізму, розрахункова схема затискного пристосування зображена на рисунку 3.2.

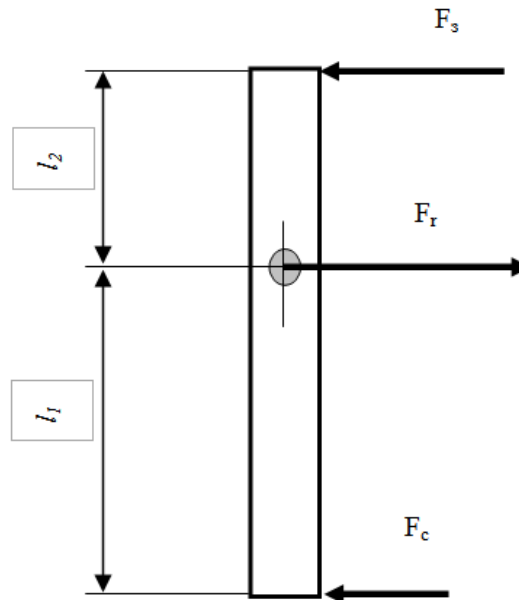


Рисунок 3.2 – Розрахункова схема затискного пристосування

Для визначення необхідного зусилля на штоці F_c , складемо рівняння моментів сил:

$$-F_c \cdot 240 + F_3 \cdot 160 = 0, \quad (4.2)$$

де F_3 -необхідне зусилля притискання деталі, МПа.

З даного рівняння визначаємо необхідне зусилля на штоці поршня:

$$F_c = \frac{F_3 \cdot 160}{240}. \quad (4.3)$$

$$F_c = \frac{6 \cdot 10^3 \cdot 160}{240} = 4000H.$$

З формули (4.1) знаходимо необхідний діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi \cdot p \cdot \eta}}. \quad (4.4)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4000 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,80}} \approx 154 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне розмірне число діаметру пневмоциліндра $D=160$ мм.

3.5 Установка для зварювання рами борта напівприцепа

Складально-зварювальні операції рами стінки борта тракторного напівприцепа здійснюються на спеціалізованому складальному стенді з стаціонарною колоною та обертачем. Використання універсальної колони дозволяє збільшити зону обслуговування та покращує доступ до виробу.

Колона П-302 використовується, як для вертикального, так і для горизонтального переміщення зварювального напівавтомату ПДГ– 304-1 та зварювального дроту. Дана оснастка має вертикальну стійку з гвинтовим електромеханічним приводом для підйому. До стійки кріпиться каретка на якій шарнірно закріплено два плеча стріли. На плечі стріли знаходиться механізм подачі напівавтомату та короб з дротом.

Загальний установки для зварювання рами борта напівприцепа представлено на рисунку 3.3.

Обраний зварювальний горизонтальний обертач М31050 (рисунок 3.4.) призначений для обертання рами навколо горизонтальної осі, а також для повороту та встановлення виробу у зручне положення при напівавтоматичному зварюванні. Обертач М31050 оснащений столом з Т-подібними отворами, приводом з перетворювачем частоти фірми Schneider Electric, пульт керування. Основні характеристики горизонтального обертача приведено в таблиці 3.1. Поворотний стіл має упори та фіксатори та оснащений пневмопритисачами.

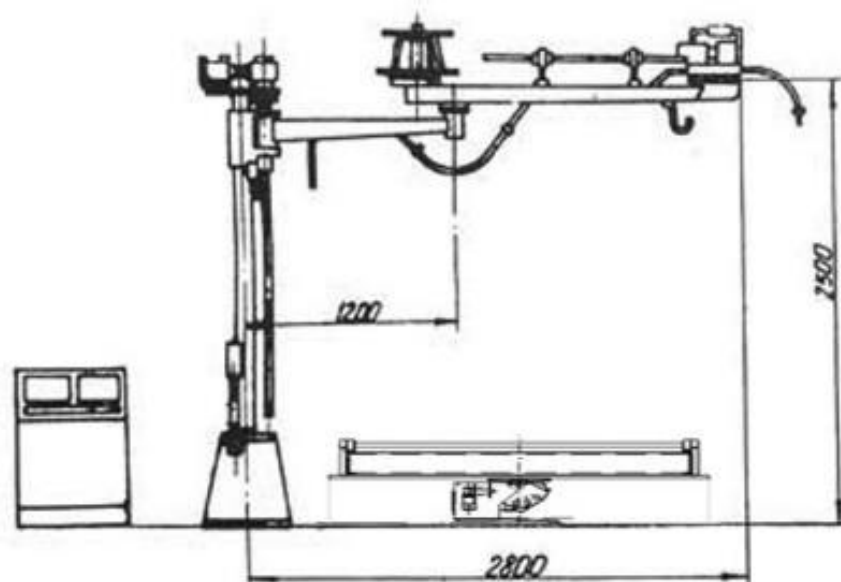


Рисунок 3.3 – Установка для зварювання каркасу рами борта



Рисунок 3.4 - Зварювальний горизонтальний обертач М31050

Таблиця 3.1 - Основні технічні дані та характеристики обертача М 31050

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

3.6 Стенд та устаткування для складально-зварювальних операцій обшивки каркасу

Для проведення складально-зварювальних операцій об'єднання листової обшивки та каркасу рами борта використовується спеціальний автоматизований складально-зварювальний стенд на базі порталу, обертача та зварювального автомату АДПГ-500.

Обертання та встановлення зручного положення листової обшивки та каркасу при складанні та зварюванні відбувається на універсальному обертачі моделі М 11070А, рисунок 3.5. Основні його характеристики приведені в таблиці 3.2.



Рисунок 3.5 – Універсальний зварювальний обертач М 11070А

Таблиця 3.2 - Основні технічні дані та характеристики універсального обертача М 11070А

Найменування параметру	Значення
Кут обертання планшайби, град.	360
Максимальна вантажопідйомність, кг	3500
Частота обертання планшайби у процесі зварювання, об/хв	0,18 – 1,8
Нахил планшайби, град	135
Маса обертача, кг	1610

Спочатку листи обшивки укладають на плиті обертача по упорах та фіксаторах із складальною скобою, далі виконують прихвачування обшивки та каркасу у ненавантажених місцях. Складальний портал фіксується з допомогою фіксаторів 4 у необхідному положенні стану. Каркас й притискається до обшивки 2 пневмоциліндрами 5. Виконуються прихвачування і складальний портал повертають у вихідне положення. Загальний вигляд спеціального стану для складання і зварювання каркасу рами борта з обшивкою показано на рисунку 3.6.

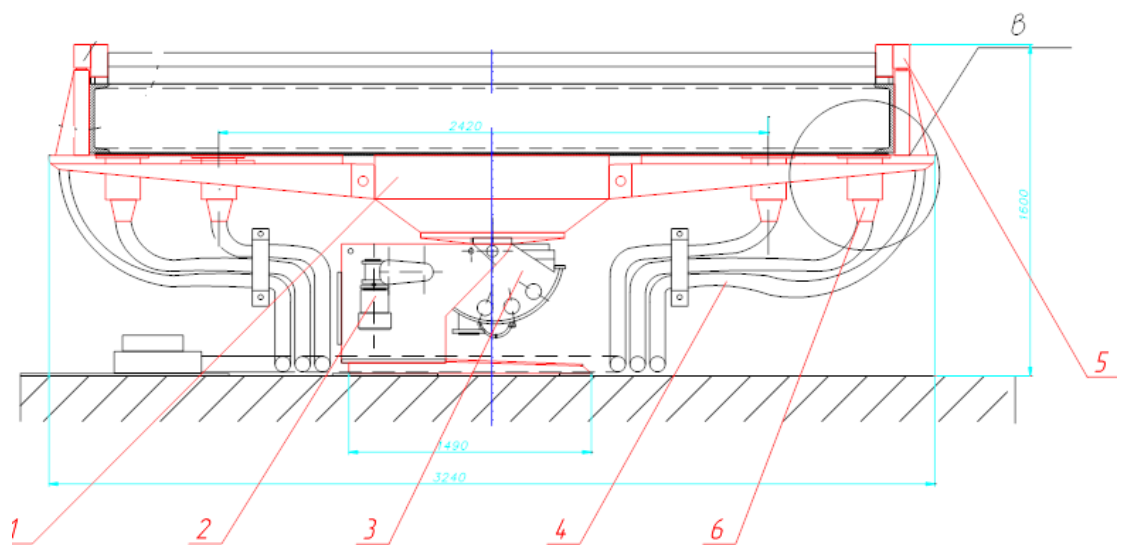


Рисунок 3.6 - Стенд для складання каркасу рами з обшивкою

Установка для зварювання листів та каркасу рами борта має у складі: дві стійки, обертач М11070А, автомат АДПГ-500, блок керування; випрямляч ВДУ-504; систему подачі захисного газу.

Загальний вигляд установки для зварювання листів обшивки з каркасом рами показано на рисунку 3.7.

На основі 1 закріплені складові вузли установки. На стійках 2 розташовані опори 3 та зварювальна головка автомата 6. Зварювальна головка з автоматизованою подачею дроту на рухомій каретці з приводом

забезпечують зварювальні переміщення та процес зварювання. Як джерело живлення використовується зварювальний випрямляч, моделі ВДУ-504.

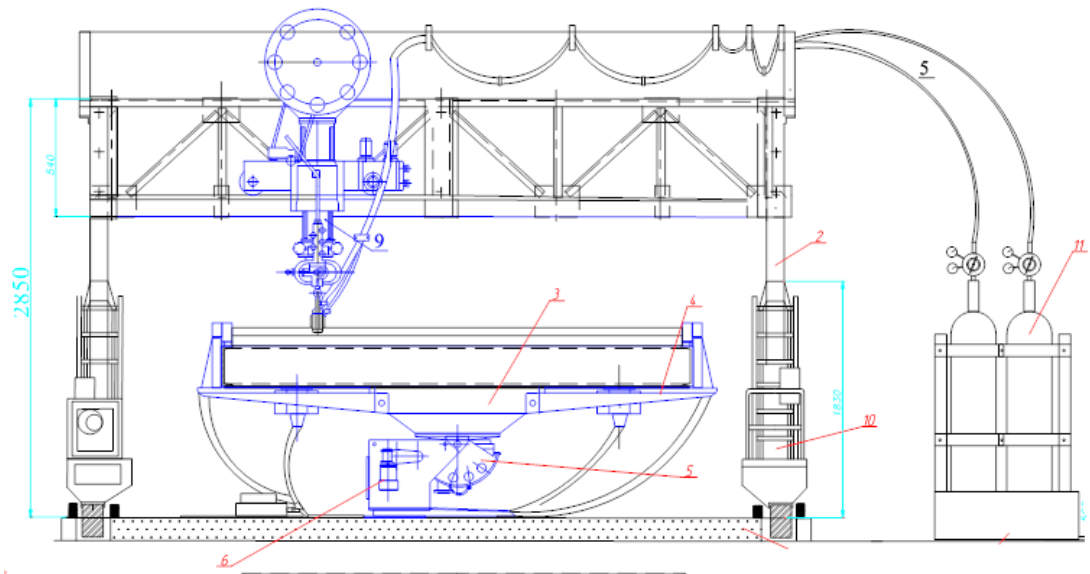


Рисунок 3.7 – Установка для зварювання листів обшивки з каркасом

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційних шкідливостей на зварювальній на дільниці.

Заходи щодо їх зниження.

Безпосередні роботи на території зварювальних дільниць, пов'язані з застосуванням термічних джерел енергії (зварювання, різання), та присутніх при цьому викидів в атмосферу шкідливих речовин (таблиця 4.1), тому допоміжні санітарно-гігієнічні вузли, їдальня, гуртожитки повинні знаходитися за територією зварювальної дільниці на спеціально відведеному місці.

Всі виробничі приміщення повинні використовуватися тільки за призначенням і мати проектну — технічну документацію.

Об'єм виробничого приміщення на кожного працюючого повинен складати не менше 1,5 м³, площа не менше 4,5 м², а висота від підлоги до стелі - не менше 3,2 м. Температура в приміщенні в холодний період року повинна становити від 18 до 21 °С, а в теплий період року - від 22 до 25 °С.

Мікроклімат визначає діючі на організм людини поєднання температури вологості, швидкості руху повітря і інших умов робочої зони. Мікрокліматичні умови поділяють на оптимальні і допустимі. Оптимальні умови характеризуються поєднанням параметрів, які при довгій і систематичній дії на людину забезпечують збереження комфортного і теплового стану організму без напружень його терморегуляторних механізмів (таблиця 4.2).

Допустимі мікрокліматичні умови це таке поєднання параметрів мікроклімату, яке при довготривалій систематичній дії на людину може викликати функціональні зміни в організмі людини, які не виходять за межі допустимих фізіологічних коливань, не супроводжуються відчуття теплового дискомфорту погіршення самопочуття і пониження робото здатності, з наступною швидкою нормалізацією функціонування організму після завершення роботи (таблиця 4.3).

Таблиця 4.1 - Характеристика шкідливих речовин, які використовуються на підприємстві

Найменування речовини або матеріалу	ГДК даної речовини мг/м ³ в робочій зоні		Характер шкідливої дії речовини на організм людини	Перша допомога при отруєнні
Бензин	100	5	Різко виражений атрофічний ринофарингіт; захворювання серцево-судинної системи хронічний бронхіт, бронхіальна астма; Органічне захворювання центральної нервової Системи	Свіже повітря, тепло, 20-30 крапель валеріани
Дизпапиво	300	3	Різко виражений атрофічний ринофарингіт; захворювання серцево-судинної системи хронічний бронхіт, бронхіальна астма; органічне захворювання центральної нервової системи.	Свіже повітря, тепло, 20-30 крапель валеріани
Бітумна мастика	300	3	Різко виражений атрофічний ринофарингіт; захворювання серцево-судинної системи, хронічний бронхіт, бронхіальна астма; органічні захворювання центральної нервової системи.	Свіже повітря, тепло, 20-30 крапель валеріани
Ацетон	300	0.35	Різко виражений атрофічний ринофарингіт, органічні захворювання центральної нервової Системи	Свіже повітря, міцний солодкий чай або кава
Аерозолі	300	0,5	Різко виражений атрофічний ринофарингіт, органічні захворювання центральної нервової Системи	Свіже повітря, міцний солодкий чай або кава

Режим роботи на відкритому повітрі, час організації перерв для нормалізації теплового стану організму, гранична жорсткість погоди, при якій допускається проведення робіт, регламентують відповідні відділи в організації, яка виконує роботи. Характеристика штучної освітленості робочих місць наведена в таблиці 4.4.

Таблиця 4.2 - Номенклатура санітарно-побутових приміщень

№ п/п	Назва приміщення	Найменування побутових пристроїв (обладнання)	Норма площі на одну людину, м2	Кількість працюючих, чол.	Всього площі, м2	Фактична площа побутового приміщення м2	Примітка
1	Гардеробні блоки чоловічі	Шафа подвійна (розмір 50см x 40см), шафа одинарна (розмір 50см x 33 см)	1	90	99	100	Відповідає
2	Кімната відпочинку	Столи, Стільці, телевізор	од	90	18	26	Відповідає
3	Їдальня	Столи, стільці	1,01	90		-	Відповідає
4	Душові	Ріжки	0.7 на 15 чол	90	18	36	Відповідає
5	Умивальники	Крани	0.75 на 20 чол	90	14	16	Відповідає
6	Приміщення сушки	Шафи, лавки	1,1	90	4	4	Відповідає
7	Туалети	Унітази	0.74 на 20 чол	90	4,5	6	Відповідає

Таблиця 4.3 - Значення метеорологічних умов в робочих зонах виробничих зон

Характеристика	Категорія робіт	Період року	Температура °С	Відносна вологість %	Швидкість руху повітрі м/с
Розвантажувальна ділянка	середньої важкості	теплий	22,5	60	0,2-0,5
Зварювальна ділянка	середньої важкості	теплий	22,5	60	0,2-0,5
Монтажна ділянка	середньої важкості	теплий	22,5	60	0,2-0,5

Таблиця 4.4 - Характеристика штучної освітленості робочих місць

Найменування об'єкту	Освітленість, лк			Тип світильників
	Загальне освітлення	Комбіноване освітлення	Аварійне освітлення	
Зварювальна ділянка	10	250	5	СЮ 200
Мехмайстерня	150	200	5	Н4Б - ЗООМ
Зварювальний пост	30		2	ПВЛМ

Для зварювальників, що працюють на відкритому повітрі монтажних площадок нормальні умови забезпечують наступними шляхами: створюють на робочих місцях нормальні умови; встановлення раціональних режимів праці, особливо зимою (перерви для обігріву, скорочений робочий день, припинення роботи при дуже високих дуже низьких температурах, застосування обігрівуючого спецодягу).

Електробезпека рідко забезпечується яким-небудь одним заходом, тому на зварювальних майданчиках застосовують комплекс захисних заходів. Електричні захисні засоби поділяють на дві групи: електричні засоби; засоби індивідуального захисту.

В таблиці 4.5 приведений перелік необхідних засобів індивідуального захисту з вказівкою їх призначення і області застосування.

Для створення комфортних умов праці потрібно врахувати необхідні розробки проектних рішень з промислової естетики, вибрати обробку кольорове оформлення інтер'єрів виробничих приміщень і споруд, інженерне обладнання, засобів управління і автоматизації інженерних комунікацій, частин які рухаються, огорож, підйомно-транспортних засобів, захисних пристроїв.

До небезпечних факторів на зварювальному виробництві відносять: небезпеку електротравматизму, падіння з висоти, опіки під час ізоляційних робіт, отруєння парами шкідливих речовин. В зв'язку з цим для забезпечення безпеки праці передбачені технічні міри захисту від потенційно небезпечних виробничих факторів. Вибрані технічні засоби захисту від виявлення потенційно небезпечних виробничих факторів наведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.5 - Засоби індивідуального захисту працюючих

Шкідливий виробничий фактор	Призначення	Назва	Професія
Механічні травми	Захист від механічних травм	Рукавиці ДУ-3 8-40-632-72	Слюсар, стропувальник
Опіки шкіри	Захист від опіків шкіри	Спецодяг, ГОСТ 12.4.035-78	Зварювальник
Світлове пошкодження	Захист органів зору	Маска з світлофільтром, ГОСТ 12.4.035-78	Зварювальник
Механічні ураження органів зору	Захист органів зору	окуляри захисні. ГОСТ 12,4.013-87	Слюсар
Отруєння шкідливими випарами	Захист органів дихання	Протигази ГОСТ 12.3.038-87	Оператори, електрики, слюсар водії.
Радіаційне опромінення	Захист органів дихання	Захисні свинцеві екрани ГОСТ 12.4.044-56	персонал, що працює з джерелом випромінювання

В нафтовій промисловості використовується обладнання, яке працює під тиском, а саме - трубопроводи. Порушення герметичності може привести до надзвичайно серйозних вибухів, жертв. Аналіз експлуатації таких посудин показує, що розгерметизація відбувається внаслідок експлуатації і технологічних причин. Перші причини виникають внаслідок фізико-хімічних властивостей робочих тіл, що зберігаються в цих посудинах. Другі - технологічні, зв'язані з дефектами при виготовленні, монтажі, транспортуванні і зберіганні цих пристроїв.

Для виготовлення посудин, що працюють під тиском використовують матеріали, які повинні добре зварюватись і мати високі міцнісні і пластичні характеристики. Зварюють елементи посудин тільки в стик. Виготовляють їх із спеціальних сортів сталі в залежності від категорії посудин.

Не дозволяється для виготовлення елементів посудин, що обігриваються полум'ям використовується сірий чавун при температурі більше 50 °С і ковкий чавун при температурі 650 °С.

Таблиця 4.6 - Вибрані технічні засоби захисту

Небезпечний фактор виробничого середовища	Виробничий захисний пристрій	Технічна характеристика пристрою чи засобів	Місце встановлення
Падіння з висоти	Інвентарна огорожа, плакати	ГОСТ 12.4.059-78	Робоче місце
Небезпека електротравматизму	Заземлення, занулення	ГОСТ 105-74	Робоче місце
Отруєння парами шкідливих речовин	Вентиляція	Витяжна, притомна, місцева вентиляція	Робоче місце
Ураження високим тиском	Встановлення запобіжних і скидних клапанів	СГПЖ4Р-200	
Ураження статичною енергією	Грозозахист	Стержневі блискавки відводи ДНАОГІ 48.0.00- 1.29-97	Площадка зд
Вібрація	Одношарове тверде покриття	Матеріал на основі каучуку ТУ 46-50-509 1-71	Насосний цех
Небезпека від рухомих частин	Захисні ковпаки, накидні Кришки	Залізні чи із сплаву кольорових металів	Муфти, фланці

Пожежна безпека

Забезпечуючи пожежну безпеку слід керуватися нормами технічного проектування, будівельними нормативами, правилами експлуатації установок і іншими нормативними актами виходячи із сфери їх дії, які регламентують вимоги пожежної безпеки.

При виконанні зварювальних робіт обладнання повинно бути заземленим, для чого використовують електрокабель такого ж перерізу, як і основний.

На майданчиках, де встановлене обладнання для зварювання, необхідно дотримуватись наступних заходів пожежної безпеки: повне виключення можливості проникнення рідких і пароподібних нафтопродуктів (таблиця 4.7); очищення території від сміття, горючих предметів; прибирання сухої трави в радіусі 5 м від місця проведення вогневих робіт;

захист листами заліза або азбесту усіх дерев'яних листів і підмостків і попадання іскри.

Таблиця 4.7 – Класифікація виробничих приміщень на вибухо- та пожежонебезпекою

Назва дільниці	Категорія виробничих приміщень за вибухо- та	Клас приміщень за пожежонебезпекою	Характеристика приміщень за ступенем електро безпеки	Категорія вибухонебезпечної суміші	Група вибухонебезпечної суміші	Умовне позначення електро обладнання
Гараж	В	В-Па	клас з підвищеною безпекою	На		
Лаборатор.		В-Па	клас з підвищеною безпекою	На	Ті	
Монтажна площадка		В-Іа	клас з підвищеною безпекою	На	Тз	ПСГ-500

На підприємствах вогневі роботи дозволяється проводити не ближче 20 м і резервуарних парків або резервуарів з нафтопродуктами, що стоять окремо причому під час наповнення (або відкачування) нафтопродуктами вогневі роботи дозволяється проводити не ближче 40 м від цих резервуарів.

Використовування системи пожежогасіння дозволяє ліквідовувати пожежу, дивлячись на наявність закритих зверху ділянок поверхні горіння. Піна здатна обтікати затонулі конструкції і розтікатися по всій поверхні горючої рідини.

4.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою

Захисне заземлення - спеціальне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металічних неструмопровідних частин, які можуть бути під напругою внаслідок замикання на корпус і по інших причинах (індуктивний вплив з'єднаних струмопровідних частин, винос потенціалу, розряд блискавки і т.п.).

Принцип роботи захисного заземлення - пониження до безпечного значення напруги дотику і кроку, обумовлених замиканням на корпус і іншими причинами. Це досягається шляхом зменшення потенціалу заземленого обладнання (за рахунок зменшення опору заземлення), а також шляхом вирівнювання потенціалів основи, на якій стоїть людина, і заземленого обладнання (за рахунок підйому потенціалу основи, на якій стоїть людина, до значення, близького до значення потенціалу заземленого обладнання).

Захисне заземлення застосовується:

- в мережах до 1000 В змінного струму (трифазні трипровідні з ізолюваною нейтраллю, однофазні двохпровідні, ізолювані від землі), а також постійного струму (двохпровідні з ізолюваною середньою точкою обмотки джерела струму);

- в мережі більше 1000 В змінного і постійного струму з будь-яким режимом нейтральної і середньої точок обмоток джерел струму. Захисне заземлення являється найбільш розповсюдженим і в той же час дуже ефективним засобом захисту від ураження струмом при появі напруги на металічних неструмопровідних частинах. Розрахунок захисного заземлення має за мету визначити основні параметри заземлення - число, розміри і розміщення одиничних заземлювачів і заземлюючих провідників, при яких напруга дотику і кроку в період замикання фази на заземлюючий корпус не перевищує допустиме значення.

Найбільші допустимі значення опору заземлення R_3 , встановлені Правилами експлуатації електроустановок, складають для установок з напругою до 1000 В:

- 10 Ом при сумарній потужності генераторів або трансформаторів, які живлять дану мережу, не більше 10 кВ•А;

- 4 Ом у всіх інших установках.

Для заземлення зварювальної установки використовуємо штучне заземлення, виконане у вигляді металічної технологічної конструкції, частково

загли в землю. Заземлювач передбачається виконати з вертикальних стержневих електродів довжиною $l=5$ м, діаметром $d=12$ мм, верхні кінці яких з'єднуються між собою за допомогою горизонтального електрода зі сталльної полоси перерізом 4×40 мм, вкладеної в землю на глибині $t=0,8$ м.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту ρ , в якому передбачається розміщувати заземлювач [17]: $\rho=53$ Ом. Попередньо визначаємо конфігурацію заземлювача, розміщуємо стержні в ряд, на відстані $l=5$ м один від одного. Визначаємо опір розтікання струму з одного заземлювача за формулою [17]:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right), \quad (4.1)$$

де l - довжина електродів, м;

d - діаметр електрода, м.

$$R_1 = \frac{53}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 1}{4 \cdot 0,8 - 1} \right) = 11,9 \text{ Ом}.$$

Визначаємо необхідну кількість заземлювачів:

$$n' = R_1 / (R_U \cdot \eta'_B), \quad (4.2)$$

де η'_B - коефіцієнт використання заземлювачів, $\eta'_B=0,8$.

$$n' = 11,9 / (4 \cdot 0,8) = 3,7, \text{ приймаємо } n=4.$$

Для зв'язку вертикальних електродів застосовуються горизонтальні електроди - сталльна полоса. Довжина горизонтального електрода при розташуванні в ряд:

$$l_1 = a \cdot (n - 1), \quad (4.3)$$

$$l_1 = 5 \cdot (4 - 1) = 15 \text{ м}.$$

Визначаємо опір розтікання струму горизонтального електрода:

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi l_1} \cdot \ln \frac{2l_1^2}{bt}, \quad (4.4)$$

$$R_2 = \frac{53}{2 \cdot 3,14 \cdot 15} \cdot \ln \frac{2 \cdot 15^2}{0,2 \cdot 0,8} = 5,9 \text{ Ом}.$$

Визначаємо опір струму розтікання штучних заземлювачів:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{(R_1 \cdot \eta_2 + R_2 \cdot n \cdot \eta_B)}, \quad (4.5)$$

де η_2 – коефіцієнт використання горизонтального електрода з врахуванням вертикальних електродів, $\eta_2=0,75$.

$$R_3 = \frac{11,9 \cdot 5,9}{(11,9 \cdot 0,75 + 5,9 \cdot 4 \cdot 8)} = 3,14 \text{ Ом}.$$

Розраховане захисне заземлення установки повинне забезпечити безпечну роботу обслуговуючого персоналу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологію виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа, що включає технологічний процес складання і зварювання рами каркасу та технологічного процесу складання і зварювання листових деталей обшивки та рами, що з'єднуються в жорстку просторову конструкцію.

Для зварювання каркасу виробу запропоновано напівавтоматичне зварювання в середовищі суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$, а для зварювання обшивки стінки – автоматичне зварювання зварювальним автоматом АДПГ-500 в середовищі суміші газів $\text{CO}_2 + \text{O}_2$. У відповідності з технологією виготовлення було підібрано раціональне основне зварювальне обладнання та оснастка.

Для виготовлення стінки борта тракторного напівприцепа було спроектовано складально-зварювальне устаткування. Для складально-зварювальних операцій запропоновано застосовано механізований пневмопривід для притискання деталей, що дозволило зменшити робочий час для складальних операцій, а також забезпечити швидке кріплення та знімання зварної конструкції

В приведеній кваліфікаційній роботі бакалавра запропоновані заходи для зменшення впливу шкідливих факторів на здоров'я робітників на зварювальній ділянці, що дозволило підвищити безпеку праці, попередити виробничий травматизм та професійні захворювання.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Думов С.И. Технология электрической сварки плавлением. – Л.:Машиностроение, 1974. – 461 с.
2. Куркин С. А., Николаев Г. А. Сварные конструкции. Технология изготовления, механизация, автоматизация и контроль качества в сварочном производстве: Учеб. для вузов.–М.: Высш. шк., 1991.– 398 с.
3. Фоминых В.П. Оборудование и технология дуговой сварки.–М.: Машиностроение, 1966.-312с.
4. Марочник сталей и сплавов [Текст] / Под ред. Зубченко А.С. –М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
5. Теория сварочных процессов [Текст]/ Под ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
6. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений.- М.:Машиностроение,1983.-277с.
7. Технология электрической сварки металов и сплавов плавлением/ Под ред. Б. Е. Патона. – М.: Машиностроение, 1974.– 768с.
8. Акулов А.И., Бельчук Г.А. Технология и оборудование сварки плавлением. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
9. Александров А. Г. Эксплуатация сварочного оборудования. -Справочник рабочего.-К.:Будівельник,1990.-224с.
10. Юрьев В.Б.Справочное пособие по нормированию материалов и электроэнергии для сварочной техники. – М.: Машиностроение, 1972.- 142 с.
11. Оботуров В. И. Сварка в защитных газах. – М.: Стройиздат, 1989.– 230с.
12. Справочник сварщика / Под ред. В. В. Степанова.–М.: Машиностроение, 1982.– 560с.
- 13.Рыморов Е.В. Новые сварочные приспособления.-Л.:Стройиздат,1988,-125.

14. Гитлевич А.Д., Этингоф Л. А. Механизация и автоматизация сварочного производства сварных конструкций: Атлас. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
15. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві. Навчальний посібник / О.Г. Левченко. – К.: Основа, 2010 – 240с
16. Вайнштейн В. Е. Безпека і охорона праці на підприємствах машинобудування. -К.: Вища школа, 1999.-262с.
17. Охрана труда в машиностроении / Е.Я.Юдин, С.В.Белов, С.К.Баланцев и др. Под ред. Е.Я.Юдина, С.В.Белова. -М.:Машиностроение, 1983.-432с.
18. Губський А.І. Цивільна оборона. -К.: Міністерство освіти, 1995.-216 с.
19. Бедрій Я.І., Боярська В.М., Гриневич Н.В., Джигирей В.С., Єнкало В.М., Конарський Ю.В., Мурін О.С., Сторожук В.М. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. Навчальний посібник для вузів. Львів, 2000.-240 с.
20. Ivan Pidgurskyi, Mykola Stashkiv, Mykola Pidgurskyi, Yurii Rudyak, Yevgen Ripetskyi, Roman Ripetskyi, Valeriy Lazaryuk,, “Prediction of residual durability of structural elements with identical surface cracks taking into account the stage of their coalescence”, *Procedia Structural Integrity*, vol. 36, pp. 190-196, 2022.
<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.023>

ДОДАТКИ