

**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: Вдосконалення технологічного процесу виготовлення  
вузлів тракторного навантажувача

---

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

---

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	<u>Допик В.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	<u>Сенчишин В.С.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	<u>Ткаченко І.Г.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	<u>Окіпний І.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

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

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.  
(прізвище та ініціали)

(підпис)

« »

20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Допику Віктору Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу виготовлення вузлів тракторного навантажувача

Керівник роботи Сенчишин Віктор Степанович, старший викладач кафедри МТ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» Січня 2021 року № 4/7-37

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина; 2. Технологічна частина; 3. Конструкторська частина;

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1) Технологічний процес виготовлення виробу 1 аркуш А1; 2) Пристрій для складання та зварювання основи вил 2 аркуша А1; 3) Пристрій для складання та прихоплення зуба вил 2 аркуші А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Допик В.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Сенчишин В.С.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота для здобуття освітнього рівня бакалавр на тему: «Вдосконалення технологічного процесу виготовлення вузлів тракторного навантажувача» складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 51 аркуш формату А4 і графічної частини об'ємом 5 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, технологічна, конструкторська, безпека життєдіяльності та основи охорони праці.

В даній кваліфікаційній роботі розроблено: технологію напівавтоматичного зварювання тракторного навантажувача; розраховано параметри режиму зварювання; запропоновано раціональне обладнання і пристосування; проведено нормування витрат зварювальних матеріалів; запропоновано заходи з охорони праці.

**Ключові слова:** НАПІВАВТОМАТИЧНЕ ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ І КИСНЮ, НАПІВАВТОМАТ, УСТАТКУВАННЯ, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ДРІТ, ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	6
1.1 Опис конструкції зварного виробу	6
1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу	7
1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.	8
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу та постановка задач на проектування.	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	14
2.1 Обґрунтування способу зварювання	14
2.2 Вибір і обґрунтування основного зварювального устаткування.	21
2.3 Вибір методу контролю якості виробу	24
2.4 Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення зварного виробу	26
2.5 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії	30
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1 Вибір та розрахунок елементів основного чи додаткового зварювального устаткування	32
3.2 Розрахунок зварних з'єднань на міцність.	38
3.3 Розрахунок кондуктора	39
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	42
4.1 Оцінка спроектованого технологічного процесу з охорони праці	42
4.2 Протипожежні заходи які передбачені в спроектованому технологічному процесі	43
4.3 Створення оптимальних умов освітленості на робочому місці	46
ВИСНОВКИ	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	50
ДОДАТКИ	51

## ВСТУП

Зварювання представляє собою прогресивний метод отримання роз'ємних з'єднань в промисловості, в будівництві. В зв'язку з цим зварювальні технології та виробництво постійно розвивається та вдосконалюється. Зварювальне виробництво застосовується практично в усіх галузях народного господарства. Воно завжди оснащується передовими технологіями та технікою. Зварювальне виробництво займає перше місце в світі за рівнем автоматизації технологічних процесів та за об'ємом виконаних робіт. Для виконання зварювального процесу найчастіше використовуються концентровані джерела енергії великої потужності, завдяки ним у матеріалах, що утворюються складні фізико-хімічні процеси.

Враховуючи значну кількість способів зварювання, суть яких полягає в використанні різноманітних фізичних явищ, зварювальний процес є досить складним процесом. Зварюванню піддаються практично усі метали, пластмаси, скло, кераміки. Проводити зварювальний процес можна в зовсім різних умовах – на землі, під водою, в космосі і т.д. Товщини зварних виробів та деталей варіюються від декількох грамів до декількох тисяч тонн.

Отже зварювання є зазвичай єдиним та найефективнішим способом для нероз'ємного з'єднання деталей, матеріалів та отримання заготовок, які по своїй формі максимально наближені до оптимальної геометрії готової деталі або конструкції.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції зварного виробу

Виробом є вузли тракторного навантажувача, а саме вила (рисунок 1.1 і 1.2), які широко використовуються в сільському господарстві. Принципи роботи їх полягає в завантаженні соломи, сіна, силоса, складання тюків, органічних добрив в народному господарстві.

Вилочний навантажувач став вже просто незамінним помічником на складі. Адже це обладнання характеризується багатофункціональністю і високою продуктивністю, що має повністю задовольнити сучасного споживача.

Завдяки своїй компактності і багатофункціональності, вилочний навантажувач можна використовувати в різних умовах і на різних майданчиках: від вузьких проходів до масштабних територій. Продаж вилочних навантажувачів передбачає не тільки вибір серед різних марок цього обладнання, а й можливість підібрати навантажувач з тим видом шин, які максимально підійдуть саме для тієї поверхні, на якій він повинен використовуватися.

Крім усього сказаного, вилочний навантажувач має такі позитивні якості, як вантажопідйомність, можливість піднімати вантаж на висоту до шести метрів, встановлювати додаткове складське обладнання та багато іншого.

Вила до завантажувача виготовляється з таких елементів:

4 профільні труби 50x40 довжиною 2100 мм та листовому прокату.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд вил до завантажувача

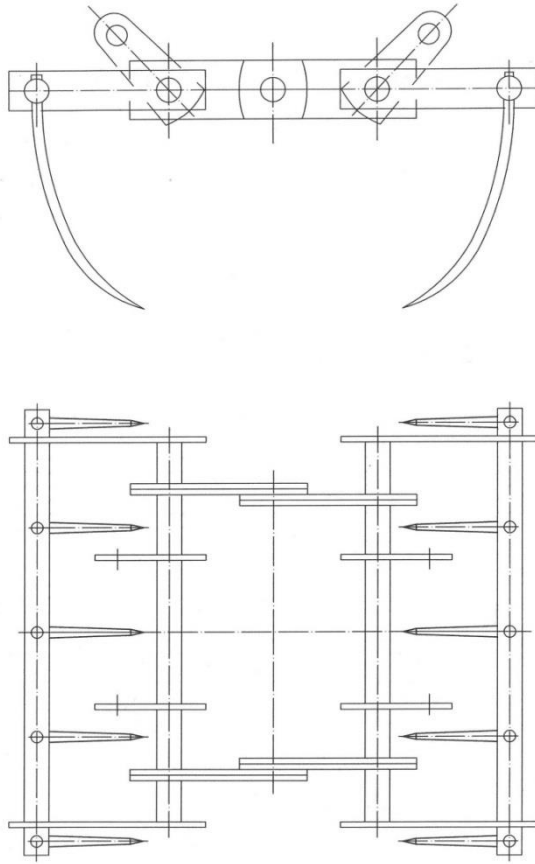


Рисунок 1.2 – Схематичне зображення вил до завантажувача

## 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу.

Вила до навантажувача виготовляються із сталі ВСтЗпс. Це маловуглицева конструкційна сталь звичайної якості. За ступенем розкислення – це напівспокійна сталь і постачається без термічного оброблення, хімічний склад сталі представлено в таблиці 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – хімічний склад сталі ВСтЗпс за ГОСТ 380-71, %

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
		Не більше						
0,14	0,40...0,65	0,17	0,04	0,05	0,30	0,30	0,30	0,08

Механічні властивості матеріалу тісно пов'язані з його хімічними складом. Механічні властивості ВСтЗпс приведені в таблиці 1.2 [1]



Таблиця 1.2-Механічні властивості сталі ВСтЗпс за ГОСТ 380-71,%

ГОСТ	Стан постачання	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$	$\delta_5, \%$
			МПа		
			Не менше		
380-71	Сталь гарячекатана	До 20	245	370...490	26

Так як конструкція працює в умовах складних динамічних навантажень, то при її виготовленні необхідно дотримуватися в умовах міцності і якості зварених з'єднань.

Для виготовлення вил до завантажувача використовуємо сталь ВСтЗпс.

Однією з важливих технологічних характеристик сталей є зварюваність . Зварюваність металу оцінюють за результатами розрахунку еквівалентного вмісту вуглецю  $C_e$  [2]:

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

де: C, Mn, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B - вміст відповідно елемента в сталі, %

Отже:

$$C_e = 0.14 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,17}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,36 \quad \%$$

Так, як в сталі ВСтЗпс еквівалентний вміст вуглецю 0.36%, то її можна віднести до групи добре зварюваних сталей, тобто при зварюванні не потрібно проводити додаткові технологічні операції.

### 1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу.

До основних вимог можна віднести:

- матеріал по хімічному складі і механічних властивостях повинен

задовольняти вимоги державних стандартів і технічних умов.

- якість і характеристика матеріалів повинні підтверджуватися підприємством у відповідних сертифікатах.
- основні вимоги до матеріалів, їх границі застосування, призначення, умови роботи, види випробувань повинні відповідати вимогам ДСТУ щодо цих матеріалів.
- напівфабрикати не повинні мати тріщини та інші дефекти, які понижують експлуатаційну надійність. Дефекти, які виводять напівфабрикати за мінусовий допуск, можна видалити зашліфовкою або вирубкою.
- додаткові вимоги до матеріалів, які передбачені стандартами або технічними умовами, повинні бути обов'язково вказані в технічній документації.

Для виготовлення вил до завантажувача використовуються сталь ВСтЗпс (ГОСТ 380-71), яка повинна постачатися вже з гарантованим хімічним складом і механічними властивостями.

Деталі, які використовуються для виготовлення вил повинні бути ретельно очищені від іржі, окалини і бруду. Для попередження утворення пор та підвищенню вмісту вуглецю і швах конструкції, деталі повинні бути очищені від мала і фарби.

Так як вила до завантажувача виготовляються із листового металу та профілю, то їх шорсткість Rz40. За відношенням до шорсткості поверхонь виробу особливих вимог не ставлять, тому, що працездатність деталей конструкції мало залежить від шорсткості її поверхні.

Забезпечення розмірів виробу у межах зазначених допусків (граничні відхилення розмірів  $\pm \frac{П6}{2}$ ) в значній мірі залежить від точності виконання і дотримання технологічних процесів при заготівельних операціях (вирізані заготовок, гнуті, штампуванні).

До геометричних розмірів вил ставляться вимоги точності, тому, що вона є вузлом вил і повинна спрягатися з іншими частинами конструкції. Відхилення

геометричної форми зварного виробу, величина перекоосу і зміщення одного елемента відносно іншого, які виникають в результаті заготівельних, складальних і зварювальних робіт регламентуються технічними умовами не виготовлення конструкції.

Конструкція виробу і розміщення зварних швів в них повинні забезпечити: проведення зварюванням всіх встановлених вимог; вільного розміщення нагрівальних пристроїв у випадку необхідності місцевого підігріву; доступ проведення контролю якості зварних з'єднань передбаченими для цього методами контролю якості; можливість проведення ремонту.

Технологія зварювання вузлів у машинобудуванні згідно з стандартами повинна забезпечити рівномірність основного металу і зварного з'єднання. В ряді випадків встановлюються мінімально допустимі показники механічних властивостей, в першу чергу міцність, ударну в'язкість та пластичність. Основні типи конструктивних елементів швів встановлюються конструкторами та показуються на кресленні.

Для вузлів конструкції що працюють в умовах змінних навантажень не слід застосовувати стикові з'єднання з накладками, із зрізами, чи заокругленими кутами, а також у вигляді ромбів. Допускається при необхідності застосовувати стикові з'єднання із забезпеченням рівномірного розподілу напружень.

Конструктивні елементи виконаних зварних з'єднань перевіряють на відповідність до вимог технічної документації.

Методи складання деталей основи вил під зварювання повинні забезпечувати правильне взаємне розташування елементів конструкції та вільний доступ для виконання зварювальних робіт в послідовності закладеній в технічному процесі виготовлення.

Розроблення кромки і зазор між кромками, чи без розроблення кромки деталей, які підлягають зварюванню, повинні відповідати вимоги креслення і стандартів на зварні шви.

Зварник повинен приступити до зварювальних робіт тільки після встановлення відділом технологічного контролю правильності складання і зачистки всіх поверхонь які підлягають зварюванню.

Складання елементів вил повинно проводитись згідно з вимогами технічних умов на виготовлення конструкторсько-технологічної документації.

Спосіб зварювання повинен забезпечувати механічні властивості зварних з'єднань не нижче норм, встановлених нормативно-технічною документацією.

У зварних з'єднаннях не повинні виникати наступні зовнішні дефекти:

- тріщини всіх видів і напрямків;
- пористість зовнішньої поверхні шва;
- подрізи;
- напливи;
- не заварені кратери, та інші.

Виробництво вил відноситься до багатосерійного виробництва, тому для її виготовлення економічно доцільно використовувати більш вдосконалені затискні пристосування, що відповідають високій точності при складанні заготовок під зварювання. При наявності в звареному з'єднанні дефектів доступних без виправлення, загальна довжина ділянки з дефектами не повинна перевищувати 15% від загальної довжини шва в звареному з'єднанні.

#### **1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу та постановка задач на проектування.**

Основа конструкції представляють собою систему жорстко з'єднаних елементів. Виготовленню зварювальної основи зазвичай призводить до виготовленню елементів. В тому випадку складання основи вил полягає в придатності цих елементів проектованого розташування зварювання і в виконанні спряжень між ними.

Технічний процес виготовлення вил до завантажувача складається з таких основних операцій: розмічування; різання; складання; зварювання;

транспортування; операції контролю якості; операція подальшого складання та зварювання.

В загальному весь технологічний процес виготовлення основи вил в себе включає: виготовлення складових деталей вил; виготовлення поперечин.

Спочатку виготовляють заготовки з яких в кінцевому результаті будуть виготовлені вили. Наступними виготовляють поперечини, які являють собою деталі з листового металу.

Наступним йде виготовлення вил. В складально-зварювальний кондуктор встановлюється профільний метал і виконують зварювання.

При складанні вил та інших решітчастих конструкцій використовують метод копювання, який полягає в наступному.

Першу складену по розмітці трубу закріплюють на стелажі і ця труба буде служити копіром, по якому складатимуть інші елементи вил.

При складанні деталі кожної наступної частини вил розкладають та суміщають з деталями копірної ферми.

Далі проводять прихвачування складених вил. Ці вила як і копірна складені вила знімають з копирів, встановлюють на стелаж, повернувши на  $180^{\circ}$  навколо горизонтальної осі і встановлюють на неї недостаючі парні кутники і прихвачують. Як складена необхідна кількість вил, копірні вила також доскладають недостаючими кутниками, прихвачують відправляють на зварювання.

Цей спосіб достатньо простий, але не забезпечує точності розмірів вил, які мають деталі з розташованими на них монтажними отворами, які служать для закріплення вил до готової конструкції.

Для збільшення точності складання на кінцях копірних вил закріплюють змінні фіксатори, які визначають положення деталей з монтажними отворами і обмежують геометричні форми вил і конструктивні розміри в межах заданих міжосьових відстанях отворів.

Контроль якості зварного з'єднання на кожному етапі виготовлення здійснюється візуально.

В існуючому технологічному процесі є такі недоліки:

- використовується застаріле обладнання;
- нераціонально вибраний спосіб зварювання;
- нераціонально підібрані параметри режиму зварювання.

Вище перераховані недоліки можна усунути наступним чином, а саме:

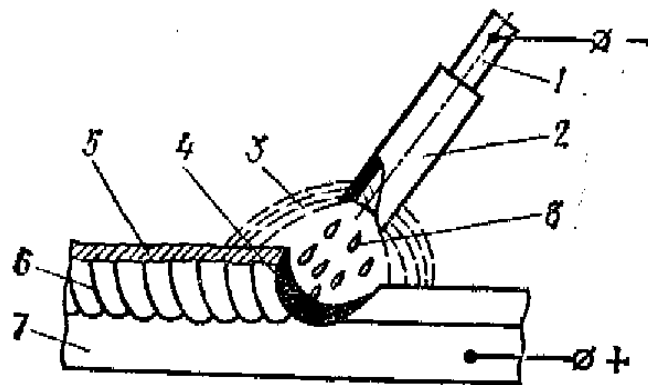
- розрахувати параметри режиму зварювання;
- необхідно впровадити у виробництво більш раціональний спосіб зварювання та зварювальне обладнання і устаткування.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Обґрунтування способу зварювання.

Для зварювання вил до завантажувача використовують такі способи зварювання як ручне дугове зварювання (РДЗ), напівавтоматичне під флюсом, зварювання в захисних газах, газове зварювання плазмове зварювання.

РДЗ - зварювання плавленням штучними електродами, при якій подача електрода і переміщення дуги вздовж кромки, що зварюються проводиться вручну. Схема процесу зображена на рисунку 2.1.



- 1- електрод; 2- покриття електрода; 3- газова атмосферна дуга;  
4- зварювальна ванна; 5- шлакова кірка; 6- шов; 7- основний метал;  
8- краплі рідкого металу

Рисунок 2.1- Схема процесу РДЗ

Переваги цього способу:

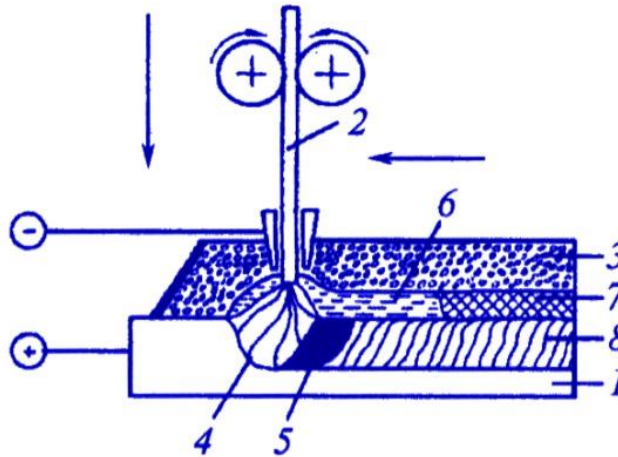
- можливість зварювати в важко доступних місцях;
- зварювання в будь-яких просторових положеннях;
- зварювання великої кількості видів сталів, чавунів та кольорових металів, через широкий вибір різних марок електрода;
- простота і доступність зварюваного обладнання.

До недоліків можна віднести:

- якість з'єднання залежить від класифікації зварника;
- низький ККД і продуктивність в порівнянні з іншими способами зварювання;

- шкідливі умови процесу зварювання.

Напівавтоматичне зварювання під шаром флюсу – це зварювання електричною дугою, яка горить між кінцем зварюваного дроту і зварюваним металом під шаром флюсу. Схема процесу зображена на рисунку 2.2



- 1-основний метал; 2- електродний дріт; 3- флюс; 4- дуга; 5- ванна;  
6- рідкий флюс; 7- шлакова кірка; 8- шов

Рисунок 2.2 Схема процесу напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу

Переваги:

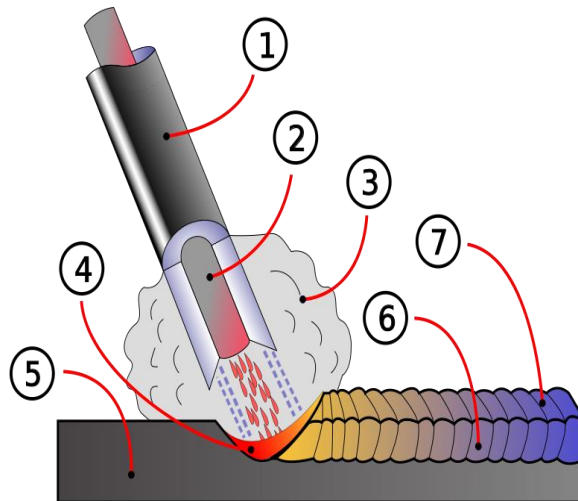
- висока продуктивність;
- мінімальні втрати електродного металу;
- відсутність бризг ;
- максимально надійна захист зони зварювання;

Недоліки:

- великі затрати на флюс;
- екологічне дія газів на оператора;
- підвищена рідко текучість розплавленого металу і флюсу;
- не можливо виконувати зварювання у всіх просторових положеннях без спеціального обладнання.

Зварювання в захисних газах – це дугове зварювання з використанням газів для захисту місця зварювання від впливу атмосферних газів. Схема процесу зображена на рисунку 2.3





1- пальник; 2- електрод; 3- захисний газ; 4- місце плавлення металу;  
5-заготівка; 6,7- шов.

Рисунок 2.3 Схема процесу зварювання в захисних газах.

До переваг цього способу можна віднести:

- висока якість з'єднання при роботі з різними металами і сплавами без залежності від просторового положення деталі;
- широкий діапазон товщини зварюваного металу;
- можливість візуального контролю зварюваної дуги і ванни, процесу створення зварювальної ванни;
- вузька зона термічного впливу;
- висока продуктивність роботи.

До недоліків можна віднести необхідність використання захисних засобів проти світлової і теплової радіації дуги.

Отже, виходячи з умов виробництва та технічних показників процесів зварювання для виготовлення вил найбільш раціональним є спосіб зварювання в захисному газі.

Зварювання металу в вуглекислому газі проводять у відповідності до ГОСТ 14771-76. Виходячи з розмірів виробу вибираємо двосторонній тип шва, що має форму підготовки кромки з двома симетричними скосами одної кромки (рисунок 2.4.). При зазорах від 0 до 5 мм кути розроблення зменшено до 40°

також зменшена величина притуплення до 1-2 мм. Якщо стикові з'єднання мають товщину елементів 1-10 мм зварювання рекомендовано проводити однобічним способом без розроблення кромки. Проводимо розрахунок параметрів режиму зварювання в захисному газі згідно [7].



Рисунок 2.4-Схема кутового з'єднання

Площа наплавленого металу [7]

$$F_n = \frac{K^2}{2}, \quad (2.1)$$

де  $k$ - катет шва,  $k=6$  мм

$$F = \frac{6^2}{2} = \frac{36}{2} = 18 \text{ мм}^2.$$

Висоту наплавленого металу [7]:

$$a = \sqrt{F_n}, \quad (2.2)$$

$$a = \sqrt{18} = 2.24 \text{ мм.}$$

Ширина шва  $b$ , [7]:

$$b = \sqrt{2K^2}, \quad (2.3)$$

$$b = \sqrt{2 \cdot 36} = 8.49 \text{ мм.}$$

Загальна висота шва  $H$  із формулою [7]:

$$\Psi_m = \frac{b}{H}, \quad (2.4)$$

Тоді

$$H = \frac{b}{\Psi_M}, \quad (2.5)$$

Приймаємо  $\Psi_M = 1.1$ , [7]:

$$H = \frac{8.49}{1.1} = 7.71 \quad \text{мм.}$$

Глибина проплавлення  $h_0$ , [7]:

$$h_0 = (0,7 \dots 0,8) \cdot S, \text{ мм} \quad (2.6)$$

$$h_0 = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \quad \text{мм.}$$

Вибираємо дрiт дiаметром 1.6 мм.

Зварювальний струм  $I_{зв}$  за формулою [7]:

$$I_{зв} = \frac{H}{K_a} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де  $K_a = 1.75$  [7]

$$I_{зв} = \frac{4,2}{1.75} \cdot 100 = 240, \quad I_{зв} = 240 \text{ А.}$$

Швидкiсть подачi дроту [7]:

$$V_{н.е.} = \frac{\alpha_p \cdot I_{зв}}{F_{ел} \cdot \gamma}, \quad (2.8)$$

де  $\alpha_p = 15 \text{ г/А} \times \text{год}$  [7],  $\gamma = 7.8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3.14159 \cdot 1.6^2}{4} = 2.0 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{n.e.} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 240}{2.0 \cdot 10^{-6} \cdot 7.8 \cdot 10^3} = 230,77 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо  $V_{n.e.}=230$  м/год.

Напруга на дузі [7]:

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot I_{3\phi}}{1000 \cdot \sqrt{d_e}} \pm 1, \quad (2.9)$$

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 240}{1000 \cdot \sqrt{1.6}} \pm 1 = 29,5 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо  $U_{\partial}=30 \pm 1$  В

Швидкість зварювання [7]:

$$V_{3\phi} = \frac{A}{I_{3\phi}}, \quad (2.10)$$

$$V_{3\phi} = \frac{6 \cdot 10^3}{240} = 25 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо  $V_{3\phi}=25$  м/год.

Діаметр електродного дроту [7]:

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{3\phi}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

$$V_{3\phi} = \frac{F_{el} \cdot V_{n.e.}}{F_n}, \quad (2.10)$$

$$V_{3\phi} = \frac{2.0 \cdot 10^{-6} \cdot 480}{18 \cdot 10^{-6}} = 53.3 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо  $V_{3\phi}=53$  м/год.

Діаметр електродного дроту [7]:

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{I_{зв}}{\gamma}}, \quad (2.11)$$

допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1.6 мм  $\gamma=100\dots300$  А/мм<sup>2</sup> [7],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{240}{125}} = 1,57 \text{ мм},$$

Виліт електрода  $l_d=15$  мм та витрати захисного газу  $Q_r=2.0 \times 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с [3].

Розраховані значення параметрів режиму напівавтоматичного зварювання в середовищі захисного газу наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Параметри режиму зварювання

Параметри	символ	Одиниці вимірювання	Значення
Сила струму	$I_{зв}$	А	240
Напруга на дузі	$U_{зв}$	В	30
Діаметр електрода	$d_e$	мм	1.6
Виліт електрода	$l_d$	мм	15
Швидкість зварювання	$V_{зв}$	м/ГОД	25
Швидкість подачі дроту	$V_{п.е.}$	м/ГОД	230
Розхід газу	$Q_r$	м <sup>3</sup> /с	$2.0 \times 10^{-4}$

Для реалізації процесу зварювання вузлів навантажувача, а саме вил, в якості зварювальних матеріалів застосовуємо зварювальний дріт та захисний газ. Захисту металу при зварюванні із захисних газів найчастіше застосовується вуглекислий газ та його суміші з іншими газами (киснем, аргоном). Це, в основному, застосовується для зварювання маловуглецевих і низьколегованих сталей. В даному випадку зварювання проводимо в суміші CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>.

Вуглекислий газ, призначений для зварювання, повинен відповідати ГОСТ 8050-76, який в залежності від вмісту CO<sub>2</sub> передбачає два сорти зварювальної вуглекислоти: перший сорт з вмістом CO<sub>2</sub> не менше 99,5 %, другий сорт - не менше 99 %.

При напівавтоматичному зварюванні даної конструкції використовуємо вуглекислий газ першого сорту.

Стальний зварювальний дріт суцільного перерізу виготовляють за ГОСТ 2246-70 і спеціальними технічними умовами.

В більшості випадків при зварюванні маловуглецевих сталей якісні шви отримують при застосуванні кремнієво-марганцевих електродних дротів марок Св-08Г2С і Св-08ГС, що забезпечує малу забрудненість металу шва оксидними включеннями. При цьому метал шва містить до 0,12...0,14 % С, не нижче 0,17 ... 0,20 % Si, не менше 0,5 ... 0,8 % Mn і характеризується малою схильністю до утворення гарячих тріщин і достатньо високими механічними властивостями.

Отже, зварювання проводимо дротом суцільного перерізу марки Св-08Г2С діаметром 1,6 мм. Хімічний склад дроту Св-08Г2С приведений в таблиці 2.2 [8].

Таблиця 2.2 - Хімічний склад дроту Св-08Г2С за ГОСТ 2246-70, %

Марка дроту	С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
						не більше	
Св-08Г2С	0,05...0,11	0,70...0,95	1,8...2,1	<0,20	<0,25	0,025	0,03

## 2.2 Вибір і обґрунтування основного зварювального устаткування.

Властивістю обладнання для зварювання в захисних газів та його особливістю є те, що до його складу входять допоміжні пристрої та спеціальні вузли, які захищають метал від термічного впливу та дії повітря за допомогою захисного газу. Таке обладнання може бути як і спеціалізованим так і універсальним. Від технологічного процесу зварювання в захисних газах залежать і технічні та конструктивні параметри джерела живлення та напівавтомата з приладами керування.

На відміну від звичайних інверторних пристроїв для зварювання, напівавтомати включають в себе механізм, що забезпечує подачу електродного дроту до місця зварювання. Це відбувається натисканням спеціального курка. Місце зварювання обов'язково повинно обдуватися захисними газами. В якості

захисних газів можна використовувати гелій, аргон, вуглекислий (в системах MAG або MIG).

Зварювальний напівавтомат складається з: джерела електричної дуги, редуктора, двигуна, пальників, кабеля для підключення до деталі з зажимом, рукаву для подачі газу, балону з редуктором та системи управління. Це дозволяє працювати йому в максимально різних умовах. Прилад має широкий діапазон налаштування, завдяки чому можна з легкістю підібрати необхідний режим зварювання. Електрична дуга спостерігається при будь-яких положеннях пальника. Особливістю інвенторних моделей є можливість зварювання в будь-яких положеннях, що є дуже доречно при роботі в важкодоступних місцях. Таке обладнання використовується під час зварювання тонколистових матеріалів, або металів, що погано зварюються. У випадку, коли є необхідність зварювати масивні деталі, зварювання проводять зовсім без використання газу. Газ використовується для того щоб видалити кисень і внаслідок не допустити окислення металу. В результаті реакції металу з киснем можуть утворитися шлаки на шві, плівки та інші деформації, що впливають на якість та надійність.

Недоліками таких зварювальних напівавтоматів є в першу чергу ціна, висока вартість матеріалів, що використовуються при зварюванні, ціна захисних газів. Також при застосовуванні даного способу зварювання необхідні газові балони, або потрібно підключати устаткування до газової мережі. Ще одним недоліком є відсутність мобільності. Також немає можливості використовувати зварювальний апарат на вулиці.

Для зварювання вил тракторного навантажувача будемо використовувати інверторний напівавтомат MIG-500 CREPOW(MIG/MAA/TIG DC), який зображено на рисунку 2.5. Даний напівавтомат використовується для зварювання електродним дротом при постійному струмі в середовищі захисних газів: вуглекислота, аргон, суміші газів виробів, алюмінію і його сплавів. Також він використовується для ручного дугового зварювання покритими електродами на постійному струмі та для аргонодугового зварювання неплавким вольфрамовим електродом при постійному струмі.

Конструктивно напіваавтомат є роздільний. Його складовими частинами є джерело живлення та окремий механізм подачі, що встановлений на турель.



Рисунок 2.5- Загальний вигляд напіваавтомату DELTA-MIG 500 CREPOW

Таблиця 2.3- Технічна характеристика напіваавтомату DELTA

Назва параметру		Значення
Напруга мережі живлення, В		3×380
Частота мережі живлення, Гц		50/60
Номінальний зварювальний струм, А (ПВ,%)		500(80%)
Мері регулювання зварювального струму, А	MIG/MAG	60-500
	MMA	20-500
	TIG	10-500
Кількість ступенів регулювання зварювальної напруги		3
Межі регулювання зварювальної напруги, В	MIG/MAG	17-39
	MMA	20,8-40
	TIG	10,4-30
Напруга холостого ходу, В	Не більше	79
Потужність що споживається з мережі, кВА		23
Маса джерела, кг		49
Маса подаючого механізму (без касети зі зварювальним дротом)		15
Габаритні розміри, мм		946×335×680
Напруги мережі живлення, В		380
Швидкість подачі електродного дроту, м/хв		1,5-16
Діаметри, електродного дроту, мм		0.8-1.6



На рисунку 2.6 зображений пальник типу ГДПГ -505 Е, а в таблиці 2.4 приведені його основні технічні характеристики.



Рисунок 2.6- Загальний вигляд пальника ГДПГ-505Е

Таблиця 2.4- Технічні характеристика пальника ГДПГ-505Е

Номінальний зварювальний струм, А	500
Охолодження	Повітря
Діаметр електродного дроту, мм	1.4-2.0
Довжина шлангу, м	3
Маса, кг	4.2

### 2.3 Вибір методу контролю якості виробу.

Для своєчасного виявлення та усунення дефектів на зварних швах зварних виробів використовуються різні методи контролю якості. Отримана внаслідок інформація дозволяє виявляти причини утворення дефектів у зварних швах, оцінювати можливість їх подальшого ремонту та зпланувати заходи щодо запобігання появі дефектів.

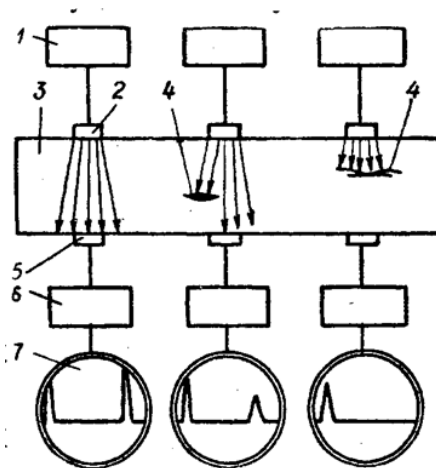
Під час зварювання відвалу тракторного навантаження у нас є можливість використовувати декілька методів контролю якості, а саме візуально-оптичний метод, радіаційна дефектоскопія, ультразвукова дефектоскопія, магнітна та електромагнітна дефектоскопія.

Розглянемо кожен з цих способів детальніше:

1) Радіаційна дефектоскопія. Під час цього методу контролю якості використовують іонізуюче випромінювання у вигляді гама-випромінювань та рентгенівських променів. Це випромінювання, має більшу довжину хвилі ніж

світлові хвилі, значно більшу енергію, що забезпечує їм високу проникну здатність. Сам контроль зварного з'єднання заключається в зміні між рентгенівським та гама-випромінюванням, втрати частини енергії при проходженні випромінюваннями матеріалу в залежності від товщини матеріалу та його густини.

2) Ультразвукова дефектоскопія. Ультразвуковими називаються коливання, які мають частоту більшу ніж 20кГц. Для використання методу ультразвукової дефектоскопії використовують коливання з частотою 0,5...20МГц. Принцип контролю полягає в розповсюдженні ультразвукових хвиль по матеріалу виробу. При наявності дефекту створюється відбите поле розсіювання. Також утворюється акустична тінь, дефект володіє великими розмірами. Поверхня дефекту відбиває ультразвукові хвилі. Використовуючу приймач-шукач, спеціаліст реєструє послаблення звукової хвилі, або відбиту хвилю та на основі цього робить висновки про наявність дефекту в зварному з'єднанні. Схема процесу зображена на рисунку 2.7.



1 – генератор; 2 – п'єзовипромінювач; 3 – виріб; 4 – дефект;  
5 – п'єзоприймач; 6 – підсилювач; 7 – індикатор.

Рисунок 2.7 – Схема процесу ультразвукової дефектоскопії

3) Магнітна та електромагнітна дефектоскопія. Суть методу полягає в визначенні магнітних полів розсіювання поблизу дефектів зварного з'єднання. Магнітні поля, які викликаються обертанням електронів навколо власних осей,

врівноважуючи одне одного і деталь виявляється розмагніченою. Проте в наслідок дії зовнішніх магнітних ліній, поля установлюються в його напрямку та утворюють спільне поле. Магнітним лініям характерний певний напрямок. Деталь є намагніченою. При зіткненні з дефектом силові лінії обходять його, та утворюють поле розсіювання магнітних ліній. Дефекти, що напрямлені перпендикулярно до магнітних ліній спровоковують значне розсіювання магнітних ліній, тому легко виявляються на відміну від дефектів, які напрямлені вздовж магнітних ліній.

4) Візуально-оптичний метод полягає в огляді зварного з'єднання неозброєним оком (частіше), або з використанням оптичних пристроїв, якщо наприклад шов захований за елементами конструкції. При малих розмірах зварного шва використовують різні лупи. Серед оптичного обладнання для контролю якості зварного з'єднання розрізняють ендоскопи, перископи та ін.

Для контролю зварних з'єднань при виготовленні вил тракторного навантажувача ми будемо використовувати: візуально-оптичний метод контролю та ультразвукову дефектоскопію. Це дасть нам змогу слідкувати за геометричними розмірами зварного шва, виявляти наявність пор, тріщин, не зварних кратерів, підрізів, не проварів.

#### **2.4 Опис запропонованого технологічного процесу виготовлення зварного виробу (конструкції).**

Технологічний процес виготовлення вил до завантажувача складається з наступних операцій:

- заготівельні;
- складальні;
- зварювання;
- опоряджувальні;
- допоміжні;
- контрольні;

Для отримання заготовок, з яких складаються вузли вил, необхідно виконати наступні операції:

- правлення;
- розмічування;
- різання;
- очищення.

Для виготовлення заготовок використовують фасонний прокат у вигляді кутників та труб квадратного перерізу.

З метою забезпечення якості складання та якості готової зварної конструкції здійснюють правлення металопрокату. Правлення здійснюють в холодному стані за допомогою спеціальних правильних машин (рисунок 2.8).

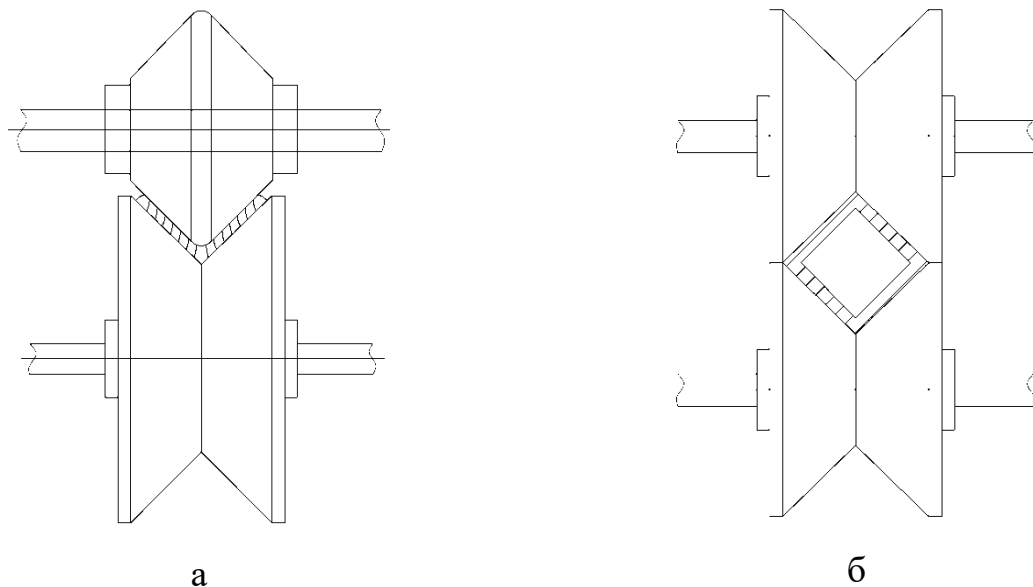


Рисунок 2.8 - Схема правлення кутників в кутнико-правильних валках (а) та фасонних труб в трубоправильних (б)

Правлення листового прокату проводимо за допомогою листопрямильної машини ROUNDО PRH 500 (рисунок 2.9).

Розмічування заготовки проводимо оптичним методом, при цьому не використовуємо шаблони, розмічуємо по кресленню, яке проектується на розмічувальну поверхню. Виготовлення деталей з листового прокату проводимо на пресах, де відбувається вирубування заготовки і надання їй об'ємної форми. Для поперечного різання металу застосовуємо прес-ножиці

HGD (рисунок 2.10) із косими ножами. Проводимо операції з очищення кромки деталей від залишок та забруднень щітками та тканиною перед складанням.



Рисунок 2.9- Загальний вигляд листопривильної машини ROUNDО PRH 500



Рисунок 2.10- Загальний вигляд гільотинних ножиць HGD

Візуально контролюємо відповідність деталей вимогам креслення перед складанням. Забезпечуємо положення деталей один відносно одної, як і в готовому вигляді. Забезпечуємо необхідну жорсткість та міцність. Для виконання складання і зварювання вузлів вил тракторного навантажувача використовуємо спеціальні кондуктори.

Підготовуємо пристрій для складання основи вил. Після цього перемістити трубу на опору і закріпити. Наступною операцією встановлюємо листовий прокат і прихвачуємо до труби. Здійснивши прихоплення у всіх місцях проводять зварювання. Після цього відкріплюємо опори і знімаємо заготовку для продовження складання. Закінчивши зварювання основи вил переходим до наступної операції – складання та прихоплення зуба вил. Перевіряємо до готовності пристосування. Встановлюємо зуб вила в пристосування . Фіксуємо його за допомогою фіксатора на планці. Далі приставляємо трубу до зуба вил і прихвачуємо. Закінчивши прихоплення виконуємо зварювання.

Після виконання зварювання проводимо зачищення швів, видалення металевих бризг з поверхонь зварних вузлів. Для опоряджувальних операцій використовуємо окуляри ЗП-12 Г-2 (Рисунок 2.11), молоток 7850-0103ц15хФ, шліфувальна машина Kinzo 8E282 (Рисунок 2.12) , щітка дискова металева ЩД-06.



Рисунок 2.11- Загальний вигляд окулярів ЗП-12 Г-2



Рисунок 2.12-Загальний вигляд шліфувальної машини Kinzo 8E282

При виготовленні основи вил виконуємо наступні допоміжні роботи:

- налагоджувальні;
- перевантажувальні;
- підйомно-транспортні.

Перед тим як проводити зварювання налагоджуємо зварювальне обладнання та встановлюємо потрібні параметри режиму зварювання, регулюємо витрати захисного газу, регулюємо виліт електродного дроту.

При виконанні перевантажувальних і підйомно-транспортних робіт здійснюємо встановлення деталей в кондукторі, перевезення заготовок на робоче місце. Транспортування вузлів на наступні операції.

На етапі контролю проводимо комплекс операцій серед яких:

- контроль вхідних зварних матеріалів;
- контроль зварювальних матеріалів;
- контроль якості заготівельних, складальних, опоряджувальних операцій та операції зварювання;
- контроль зварних з'єднань і готової продукції.

Зовнішнім оглядом перевіряємо форму і розміщення швів відповідно до креслення, наявність зовнішніх дефектів, деформації вузлів. Ультразвуковою дефектоскопією перевіряють дві чи три конструкції.

## **2.5 Нормування витрат зварювальних матеріалів та електроенергії**

Нормування витрат зварювальних матеріалів проводимо згідно ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання».

При механізованому зварюванні плавки електроду у захисних газах нормуванню підлягають витрати електродного дроту та захисного газу.

Масу наплавленого металу:

$$Q_H = \alpha_H \cdot I_{ЗВ} \cdot I_{ш} \quad (2.12)$$

$$Q_H = 15 \cdot 240 \cdot 4.8 \cdot 10^{-3} = 17,28 \quad \text{кг}.$$

Витрати електродного дроту:

$$H_{el} = Q_p + Q_{un}; \quad (2.13)$$

$$Q_p = Q_H \cdot K_p. \quad (2.14)$$

де  $K_p=0.7$ ;  $K_0=0.5$ ;

$$Q_p = 17,28 \cdot 0.7 = 12,1 \quad \text{кг},$$

$$Q_{un} = Q_H \cdot K_0$$

$$Q_{un} = 17,28 \cdot 0.5 = 8,64 \quad \text{кг}$$

Отже:

$$H_{el} = 12,1 + 8,64 = 20,74 \quad \text{кг}$$

Витрати захисного газу :

$$H_z = Q_{nl} \cdot K_z, \quad (2.16)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт, який знаходиться в межах 0.85...0.9;

$$H_z = 6 \cdot 0.9 = 5.4 \quad \text{л/хв.}$$

Витрати електроенергії на 1 м шва:

$$E = \frac{0.01 \cdot U_{\partial} \cdot I_{zg} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.17)$$

де  $t_0$  – час зварювання одного метра шва,  $t_0 = 0.018$  год.;

$$E = \frac{0.01 \cdot 30 \cdot 240 \cdot 0.018}{0.9 \cdot 0.75} = 1,92 \quad \text{кВт.}$$

Затрати електроенергії на виріб:

$$E_{\Sigma} = E \cdot I_u = 1,92 \cdot 4.8 = 9,216 \quad \text{кВт.} \quad (2.18)$$



## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Вибір основного та додаткового зварювального устаткування.

Одним з етапів проектування виробництва зварних виробів є вибір та розроблення зварювального устаткування.

Враховуючи вищенаведені вимоги та особливості технологічного процесу, для виготовлення вил використовуємо складально-зварювальне обладнання, а саме складально-зварювальний кондуктор.

У серійному виробництві вил одного типорозміру стає доцільним застосування складальних кондукторів та інших засобів. Складання елементів вил зазвичай виконується в складальному кондукторі, як правило, спеціально призначеному лише для одного типорозміру вил. Спеціальний кондуктор являє собою жорстку, змонтовану на підлозі плиту, на якій встановлені упори, опорні столики і фіксуючі пристрої. Кондуктор обладнується торцевим тумбами з фрезерованими і точно виставленими вертикальними площинами – базами для встановлення фланців.

Для складання і зварювання вил до навантажувача найбільш широкого користування набули кантувачі і кондуктори (рисунок 3.1-3.3). Різноманітність типів і розмірів решітчастих конструкцій деколи не дозволяє використовувати переваги складання вил в кондукторах (пристосуваннях). В цих випадках при складанні вил та, інших решітчастих конструкцій використовують метод копіювання.

Для складання вил до завантажувача, та їх вузлів необхідно спроектувати притискні елементи пристосувань для затискання деталей. Розрахунок зусиль притискання досить трудомісткий. Такі зусилля необхідні для обмеження переміщень, що виникають внаслідок деформування конструкції в процесі зварювання і наступного охолодження, а також для затискання деталей при складанні і забезпеченні відсутності зазорів між деталями виробу.

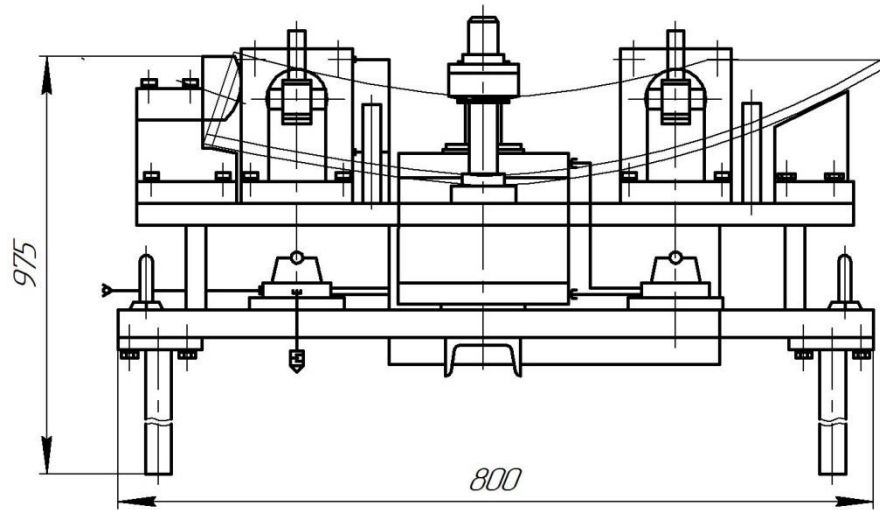


Рисунок 3.1 Кондуктор складальний

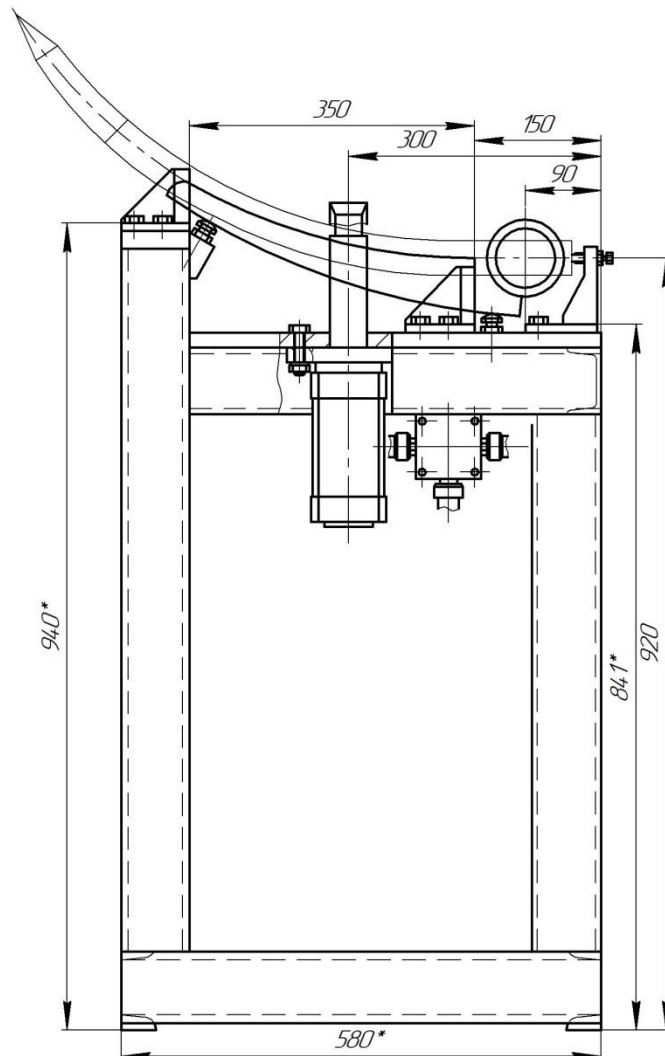


Рисунок 3.2 – Кондуктор для складання зубів

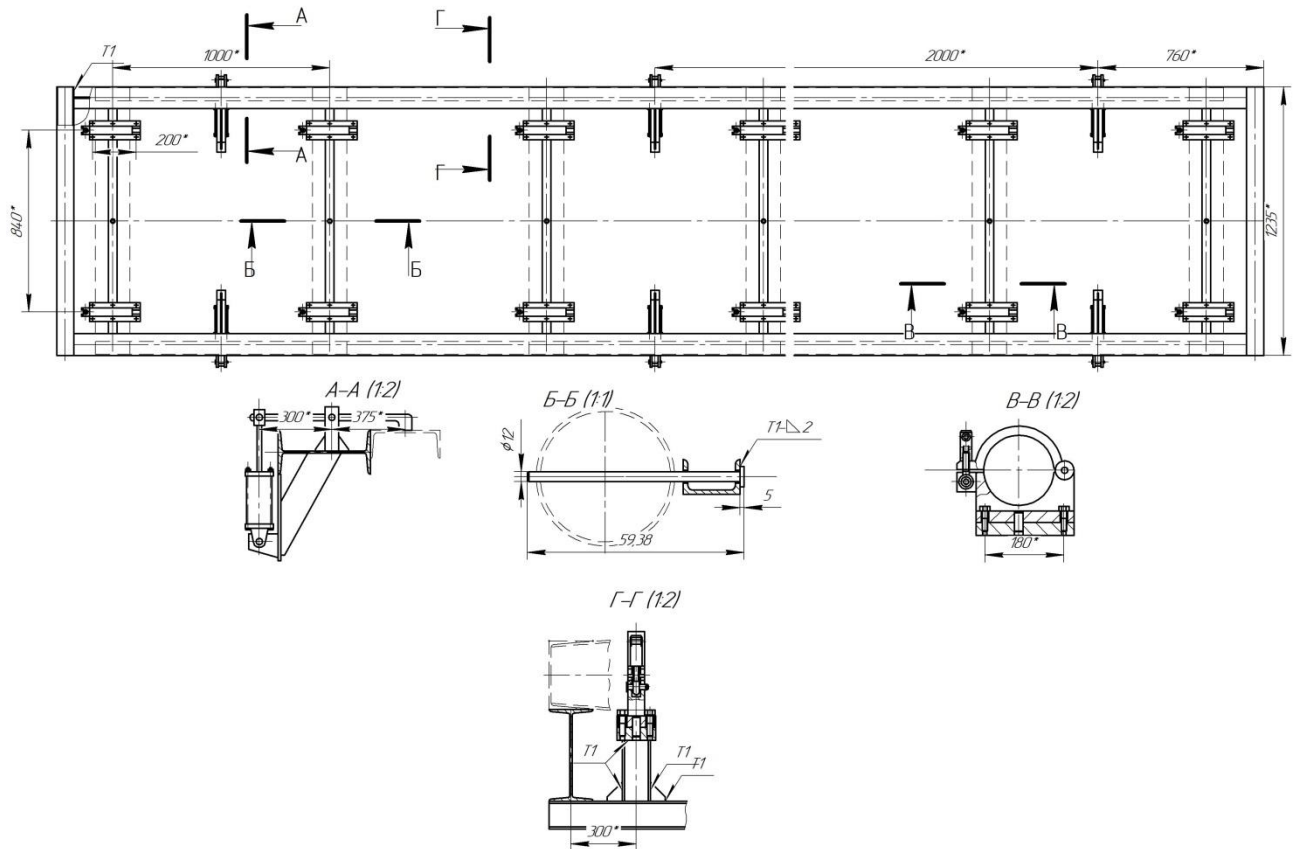


Рисунок 3.3 - Кондуктор для складання та зварювання основи

Враховуючи виробничий досвід багатьох машинобудівних заводів і проектних організацій для закріплення деталей, зусилля кожного окремого затискача вибирають в межах 2...6 кН [5].

Враховуючи масу пристосування і виробу, вибираємо зусилля притискання деталей величиною 2кН.

Характерною особливістю складальних одиниць, які входять в склад вил до завантажувача, являється необхідність складання декількох деталей в послідовності технічного процесу. При складанні даних вузлів раніше встановленні деталі, які дотикаються до установлювальних поверхонь пристосування, стають базами для монтажу наступних деталей, тому вимоги необхідності закріплення перших підвищуються. Із всієї різноманітності заготовок та деталей, які складають зварну конструкцію, найбільш розповсюдження мають призматичні заготовки, у яких в якості встановлювальних баз використовують три взаємно перпендикулярні площини.

При накладанні на таку шести координатних зв'язків, зона буде позбавлена всі степеневі вільності

Дуже часто буває так, що положення заготовки одразу у трьох координатних площинах не вимагається, а обмежується по одній або двом площинам. Головною базуючою поверхнею вибирається поверхня з найбільшими габаритними розмірами, а направляючою з найбільшою довжиною.

В послідовному орієнтування всіх деталей виробу, що складається у відповідності до розмірів складального креслення та тимчасового закріплення перед зварюванням полягає специфіка складання від зварювання.

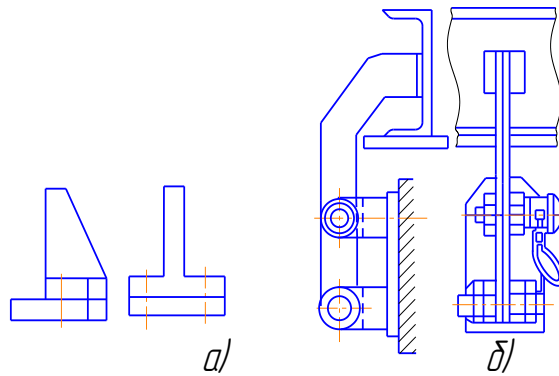
Конструкція встановлювальних елементів пристосування залежить від правильності виробу базових точок, ліній та поверхонь на деталі.

Фіксатори призначені для забезпечення правильного встановлення деталей в складальному пристосуванні. Вони повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати необхідну точність при встановленні деталей зварного вузла чи конструкції в цілому;
- зручно встановлювати деталі в складальне пристосування;
- забезпечення зручного зварювання;
- достатня міцність і жорсткість, для запобігання деформації виробу під час зварювання;
- вільне знімання виготовленого виробу з пристосування.

При складанні вил до завантажувача для встановлення деталей по базових поверхнях застосовують упори: постійні та відкидні (рис. 3.4).

Упор постійний представляє собою оброблені стійки, кутники, пластини. Вони приварюються до пристосування, або пригвинчуються із фіксуванням штифтів. У випадках, коли постійний упор утруднює вільне встановлення деталі в пристосування використовують відкидні упори. Для того щоб зафіксувати деталі по двом поверхням в один час використовують постійні кутові упори.



а - упор постійний; б - упор відкидний

Рисунок 3.4 - Встановлювальні елементи складальних пристосувань

Для того щоб встановити деталі по отварах використовують постійні відкидні і знімні встановлювальні пальці та штирі.

Постійні пальці є жорстко закріпленими на пристосуванні, а знімні і відкидні пальці використовуються, якщо застосування постійного пальця утрудняє встановлення або знімання деталей.

Для встановлення деталей зварюваного вузла або іншими, раніше встановленими деталями цього ж вузла, використовують шаблони.

Як фіксатори також можуть використовуватись опорні гнізда. Їх застосовуються при грубому встановленні виробу по трьох поверхнях. Гніздо повинно бути шириною на декілька міліметрів більшою максимальної можливої ширини виробу для того щоб була можливість його вільно встановити та зняти.

Затискні елементи призначені для закріплення деталей зварювального виробу в процесі складання і зварювання після їх встановлення в пристосування. До них відносяться притискачі та затискачі.

Притискачі повинні забезпечувати:

- правильне прикладання та напрямок притискного зусилля для закріплення деталей без зсувів відносно встановлених баз;
- надійне закріплення деталей на протязі всього процесу складання та зварювання;

- швидкодію;
- зручне встановлення деталей в пристосування, зручності при зварюванні вузла, а також можливості знімання виробу із пристосування після зварювання;
- зручний підхід до них для легкого приведення в дію (для ручних пристосувань);
- безпечність в роботі.

Притискачі бувають ручні та механізовані. Механізовані притискачі можуть забезпечувати більші притискні зусилля, скорочення трудомісткості складальних операцій, підвищення рівня механізації та полегшення умов праці. Ручні притискачі бувають клинові, гвинтові, ексцентрикові, важільні, байонетні. За видом приводу механізовані притискачі діляться на пневматичні, гідравлічні, пневмо-гідравлічні, електромагнітні, з постійним магнітом.

Гвинтові притискачі – універсальні, надійні в експлуатації, мають просту конструкцію і значно зменшені зусилля, що прикладаються по відношенню до необхідного притискного. Поряд з притискачами використовують також важільні з пневмо-приводом затискачі.

Притискачі відрізняються від затискачів тим, що їх зусилля напрямлене з одного боку, тобто вони притискають деталі із двох протилежних боків.

Затискач має дві робочі поверхні, розміщені одна проти одної.

Для виготовлення вил в якості притискних елементів найбільш раціонально буде використовувати пневмопритискачі.

Для виготовлення зварних конструкцій високої якості потрібне правильне складання та закріплення.

Процес складання деталей зварювального виробу складається із ряду послідовних операцій. Насамперед вимагається подати деталі, із яких складається виріб або зварний вузол, до місця складання. Потім необхідно встановити ці деталі в складальному пристосуванні в певному положенні. В цьому положенні деталі повинні бути закріплені, після чого їх зварюють. Подавання деталей до місця складання і встановлення їх в необхідному

положенні здійснюється універсальним або спеціальним транспортним обладнанням. Положення деталей від час складання визначається установчими елементами пристосування або іншим, суміжними деталями. Деталі закріплюють затискними елементами складальних пристосувань.

В розроблених пристосуваннях використовуються пневмопритискачі, різного роду упори та призми.

Таким чином, основним призначенням складального обладнання в зварювальному виробництві є фіксація та закріплення зварювальних деталей.

Для складання і зварювання технологічних складальних одиниць використовують складальні кондуктори, а складальну одиницю складають і зварюють у стапелі (спеціальному кондукторі).

Складально-зварювальний кондуктор – пристрій, який складається із площинної чи простої рами або плити, на якій розміщені установлювальні та затискні елементи. В стапелях зазвичай проводиться складання та зварювання виробу, тому основа кондуктора повинна бути жорсткою та міцною для сприйняття зусиль, які виникають у виробі при зварюванні.

Кантувачі призначені для обертання і розташування виробу у зручному положенні при зварюванні. Кантувачі не мають регулювання швидкості обертання. Найбільш широке використання мають двостоякові кантувачі з фіксованою горизонтальною віссю обертання. Такі кантувачі прості за конструкцією, компактні, дешеві і вимагають меншу потужність приводу у зв'язку з тим, що обертання виконується навколо повздовжньої вісі виробу, що приходить поблизу центру тяжіння.

### **3.2 Розрахунок зварних з'єднань на міцність.**

При виготовленні вил до завантажувача ми використовуємо напусткові з'єднання, тому розрахунок будемо проводити для таврових швів з катетом 6 мм, і довжина швів 3000 мм.

Розрахунок на міцність зварних з'єднань будемо проводити на звіз за формулою [6]:

$$\tau = \frac{P}{F} \leq [\tau']; \quad (3.1)$$

де  $P$  – сила, Н;

$F$  – площа перерізу шва,  $\text{м}^2$ ;

$$F = h_p \cdot l; \quad (3.2)$$

де  $h_p$  – товщина шва, м [6]:

$$h_p = \beta \cdot k \quad (3.3)$$

де  $k$  – катет шва, мм;

$\beta$  – коефіцієнт, для напівавтоматичного зварювання  $\beta=0.8$  [6];

$l$  – довжина шва; м

$$\begin{aligned} h_p &= 0.8 \cdot 6 = 4.8 \text{ мм} \\ F &= 4.8 \cdot 3000 = 0.0144 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

$[\tau']$  – допустиме дотичне напруження [6], МПа,

$$\begin{aligned} [\tau'] &= [\sigma'], \\ [\tau'] &= 0.6 \cdot 410 = 246 \quad \text{МПа}. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Отже:

$$\begin{aligned} P &= F \cdot [\tau'] \\ P &= 0.0144 \cdot 246 \cdot 10^6 = 3542.4 \text{ НН}. \end{aligned} \quad (3.5)$$

### 3.3 Розрахунок кондуктора

Основними елементами складально-зварювальних кондукторів є рама, яка зазвичай виготовляється із швелерів. Враховуючи це проведемо розрахунок опорного швелера згідно літератури [ ]. Розрахунок опорних частин кондуктора проводять на міцність та жорсткість, щоб пружна деформація елементів кондуктора не перевищувала допустимої величини.



На швелер діє рівномірно розподілене навантаження від власної ваги та притискачів, тому

$$q = q_0 - p, \quad (3.6)$$

$$q = 1090 - 300 = 790 \text{ Н/м}$$

де  $q_0$  - навантаження від власної ваги, Н/м;

$p$  - сила від притискачів, Н/м.

Визначаємо максимальний згинальний момент :

$$M_3 = \frac{q \cdot L^2}{8}, \quad (3.7)$$

$$M_3 = \frac{790 \cdot 2,730^2}{8} = 735,9 \text{ Н/м}$$

Максимальні напруження:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W} \leq [\sigma] \quad (3.8)$$

$$W \geq \frac{M_3}{[\sigma]} = \frac{735,9}{160} = 4,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Максимальний прогин

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I}. \quad (3.9)$$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{790 \cdot 2,730^4}{2,7 \cdot 10^{11} \cdot 3000} = 6,8 \cdot 10^{-13} \text{ м}$$

У той же час швелер працює на кручення в дії позацентрового навантаження. Найбільший крутний момент:

$$m_{кр} = p \cdot l_0 \quad (3.10)$$

де  $l_0$  - поперечне плече сили.

Найбільший крутний момент діє в заземленні швелера

$$M_{кр} = m_{кр} \frac{L}{2} = \frac{pl_0L}{2} \quad (3.11)$$

$$M_{кр} = \frac{300 \cdot 1,911 \cdot 2,730}{2} = 782,5 \text{ Н/м}$$

Найбільш дотичні напруження на опорі

$$\tau = \frac{pl_0L}{4F\delta} \leq [\tau] \quad (3.12)$$

$$\tau = \frac{300 \cdot 1,911 \cdot 2,730}{4 \cdot 1,09 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0045} = 7,9771 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

Підсумковий кут закруту

$$a = \frac{p \cdot l_0 \cdot s \cdot L^2}{32 \cdot F^2 \cdot G \cdot \delta} \quad (3.13)$$

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \quad (3.14)$$

$$G = \frac{2,7 \cdot 10^{11}}{2 \cdot (1 + 0,28)} = 1,054 \cdot 10^{11} \text{ Па}$$

$$a = \frac{300 \cdot 1,911 \cdot 2,730 \cdot 0,05}{32 \cdot 1,09 \cdot 10^{-3^2} \cdot 0,0045 \cdot 1,0547 \cdot 10^{11}} = 0,0118$$

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 Оцінка спроектованого технологічного процесу з охорони праці**

Вибраний в даному випадку спосіб зварювання потребує дотримання визначеного комплексу правил охорони праці, які повинні знаходити відображення в технічних картах і суворо дотримуватись при виконанні зварювальних робіт.

При зварюванні в середовищі вуглекислого газу і кисню у тій чи іншій мірі існує можливість небезпечного впливу на зварювальника в зв'язку з такими факторами:

- 1) ураженням електричним струмом при дотиканні людини до струмопровідних частин електричного кола;
- 2) ураження променями електричної дуги очей і відкритої поверхні шкіри;
- 3) опіки від крапель металу і шлаку при зварюванні;
- 4) отруєння шкідливими газами, які виділяються при зварюванні і при забрудненні приміщення пилом;
- 5) вибухи через невірне користування балонами стиснутого газу;
- б) виникнення вогнища від розплавленого металу і шлаку в процесі зварювання;
- 7) травми різного роду механічного характеру при підготовці важких виробів до зварювання і в процесі зварювання.

З метою зменшення небезпеки ураження електричним струмом необхідно дотримуватись таких заходів:

- а) надійна ізоляція всіх проводів , які зв'язані з живленням джерела струму і зварювальної дуги, надійна герметичність вмикаючих пристроїв заземлення корпусів зварювальних апаратів;
- б) надійна будова пальника з надійною ізоляцією , яка гарантує, що не буде випадкового контакту струмопровідних частин пальника з зварювальним виробом або різками зварювальника;
- в) робота в сухому спецодязі і рукавицях.

Для запобігання небезпечному ураженню очей обов'язкове застосування захисних світофільтрів, темніших для зварювальників і світліших для допоміжних робітників, що повинно забезпечувати значне поглинання шкідливих випромінювань, які пов'язані з горінням дуги. Також з цією метою застосовуються переносні захисні щити.

Для захисту від крапель розплавленого металу переважно застосовують спецодяг з брезентової або спеціальної тканини.

Найбільш небезпечні для здоров'я зварювальників аерозолі марганцю, тому що отруєння марганцем може викликати травми і стійке враження центральної нервової системи аж до паралічу. Тому необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки, в яких розглянуті питання про вентиляцію і застосування засобів індивідуального захисту (витяжні шафи)

При використанні балонів із стиснутим газом необхідно дотримуватись встановлених заходів безпеки не кидати балони, не розташовувати їх поблизу нагрівальних приладів, балони зберігати у вертикальному положенні.

#### **4.2 Протипожежні заходи які передбачені в спроектованому технологічному процесі**

При напівавтоматичному зварюванні в середовищі вуглекислого газу відкритою дугою краплі розплавленого металу розміщуються на значні відстані викликаючи небезпеку пожежі. Тому зварювальний цех повинен бути збудований з негорючих матеріалів. В місцях зварювання недопустимо скупчення горючих, мастильних матеріалів та інші.

Пожежа також може бути викликана коротким замиканням, перевантаженням обладнання, куріння робітників в непризначених для цього місцях. Найчастіше при зварюванні пожежа виникає при використанні для замикання контактів на виріб різних металоконструкцій (кутника, швелера, листа сталі та інші), які в місцях контакту може викликати іскру, основної причини пожеж. Правил пожежної безпеки повинен дотримуватись кожен робітник, а слідкувати за їх виконанням це обов'язок начальника цеху.

При напівавтоматичному зварюванні в середовищі вуглекислого газу можливість вибухів та пожеж обумовлена також застосуванням балонів з стиснутим газом.

Для швидкої ліквідації джерела пожежі в зварювальному цеху повинен бути обладнаний пожежний щит на якому повинні бути первинні засоби пожежегасіння вогнегасник, бочка з водою, відро, ящик з піском, лом, сокира, лопата та інші. Пожежні вентиля, рукава, вогнегасники необхідно зберігати в робочому стані, слідкувати за цим повинен робітник призначений начальником цеху.

Пожежа на виробництві є небезпечною для працюючих, спричинює значні пошкодження і матеріальні збитки, може викликати зупинку робіт.

Для виникнення горіння необхідні: горюча речовина, окислювач, імпульс енергії. В звичайних умовах окислювач – кисень повітря. Для здійснення більшості технологічних процесів необхідне використання джерел енергії; немає виробництва, в якому би не застосовувалась електрична енергія. Таким чином, створюються потенційні можливості виникнення пожежі.

Причини виникнення пожеж є різноманітні недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, будові комунікацій; дефекти обладнання; порушення режимів технологічного процесу; не правильне проведення робіт; необережність персоналу.

Займаюча здатність іскри розмикання електричного ланцюга залежить від робочої напруги, самоіндукції ланцюга, сили струму в ланцюгу перед розмиканням, роду і частоти струму, розмикаючих контактів.

При відповідному підборі вказаних параметрів може бути створена іскробезпечна система без спеціального захисту.

Коротке замикання виникає при з'єднанні проводів через малий опір, причому струм в ланцюгу миттєво збільшується і виділяється велика кількість тепла. Коротке замикання виникає також при пошкодженні ізоляції провідників, попаданні струмопровідних предметів на неізольовані кабелі.

Струми коротких замикань можуть досягати десятки і навіть сотні тисяч ампер. Такий струм володіє електродинамічною і тепловою дією; недостатнє механічне місце обладнання може зруйнуватись; перенагріванню струмоведучих частин. Електричні іскри можуть запалити ізоляцію і навколишнє горюче середовище.

Для запобігання короткого замикання необхідно: правильний вибір, монтаж і експлуатація мереж і пристроїв, дотримання правил експлуатації, оглядів, ремонту і випробування електричних пристроїв.

Для локалізації наслідків короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, автомати і плавкі запобіжники.

Причинами виникнення перенавантаження можуть бути: неправильний розрахунок мережі, включення в мережу додаткових споживачів (на які мережа не розрахована), механічне перевантаження на валу електричного двигуна.

Для запобігання перенавантаження необхідні: правильний вибір перерізу провідників, недопущення вмикання в мережу не передбачених споживачів, вимкнення нагрівання частин електроустановок від струмів перенавантаження. Для захисту застосовують плавкі запобіжники, легкоплавка вставка яких, встигає розплавитись і розімкнути ланцюг перш ніж виникне небезпечне нагрівання об'єкта.

Запобіжники вибирають відповідно до перерізу проводів або потужністю захисних електричних пристроїв. Перед запобіжниками встановлюють рубильники, або вимикачі для відключення напруги при заміні вставок. Для сигналізації про дії запобіжників в мережу вмикають сигнальну лампу.

Для захисту електричних двигунів установок від струму короткого замикання, перенавантаження і перегріву використовуємо теплові реле, які вмонтовують в магнітні пускачі.

Також при проведенні зварювальних робіт звертаємо особливу увагу на температуру нагрівання поверхні виробу і матеріалів, які можуть ввійти в контакт з горючою сумішшю.

Після закінчення зміни зварювальник повинен перевірити робочу зону і не залишати відкритого вогню, нагрітих до високої температури предметів.

Необхідно слідкувати за тим, щоб всі кнопки, ручки рубильників і інше, до яких зварювальник дотикався в процесі зварювання, були виготовлені з діелектричного матеріалу.

При виникненні дуги необхідно зупинити установку, вимкнути рубильник і гасити вогонь сухим вогнегасником або сухим піском, негайно викликати електрика.

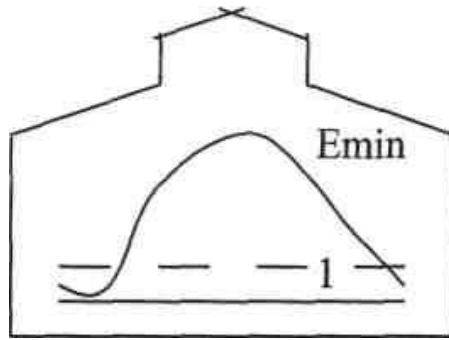
При виникненні пожежі одразу ж приймаємо заходи по гасінню з допомогою вогнегасників, піску і інших засобів, а також викликаємо пожежну охорону.

#### **4.3 Створення оптимальних умов освітленості на робочому місці**

При проектуванні штучного освітлення виробничого приміщення необхідно вибрати тип джерела світла, систему освітлення, вид світильника, найбільш доцільні висоти встановлення світильників і розміщення їх в приміщенні і визначити кількість світильників та потужність ламп, які необхідні для створення необхідної освітленості на робочому місці, а в кінці провести перевірку спроектованого варіанту освітленості на відповідність його нормативним вимогам.

Виберемо тип джерела освітлення це буде газорозрядна лампа високого тиску, а саме дугова ртутна лампа типу ДРЛ.

За систему освітлення виберемо загальне освітлення верхнє при якому нормується мінімальна освітленість, показник освітлення та глибина пульсації освітленості. Виберемо світильник типу «Універсал» (рисунок 4.2), який широко використовується в приміщеннях з нормальною висотою встановлення світильників буде  $b = 3,5$  м. Світильники будемо розміщувати так, щоб на кожні 9м припадав один світильник [7].



1- рівень робочої площини

Рисунок 4.1 – Схема розподілення мінімальної освітленості ( $E_{\min}$ ) по розряду приміщення [7].

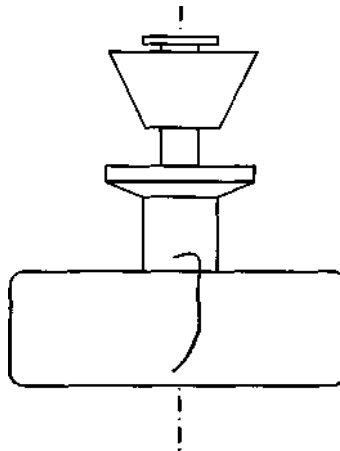


Рисунок 4.2 -Світильник типу «Універсал»

Розрахунок штучного освітлення виконується в основному методом коефіцієнта використання світлового потоку та точковим методом.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальної робочої поверхні. Світловий потік (лм) однієї лампи ДРЛ (дугової ртутної люмінесцентної) попередньо визначимо за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{норм}} \cdot S \cdot Z \cdot k}{N \cdot \eta}, \quad [7] \quad (4.1)$$

де,  $E_{\text{норм}}$  – нормована мінімальна освітленість лк,  $E_{\text{норм}} = 300$ ;

$S$  – площа освітлюваного приміщення,  $\text{м}^2$ ,  $S = 1575$ ;

$Z$  – коефіцієнт нерівності освітлення,  $Z = 1,1$ ;

$k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 1,5$ ;

$N$  - кількість світильників в приміщені, шт.,  $N = 172$ ;



$\eta$ - коефіцієнт використання світлового потоку,  $\eta=0,6$ .

$$\Phi_{л} = \frac{300 \cdot 1575 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{172 \cdot 0,6} = 7555 \text{ лм.}$$

За отриманим світловим потоком вибираємо лампу потужністю 500 Вт.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес виготовлення вузлів вил тракторного навантажувача, запропоновано нове зварювальне обладнання і пристосування, нове технологічне обладнання, досліджено вплив параметрів режиму зварювання на структуру і геометричні розміри швів, внаслідок чого підвищилась продуктивність праці, якість зварювальних робіт, зменшилися затрати на складання і зварювання вузлів виробу, а саме — вил тракторного навантажувача.

В результаті запропонованих заходів зменшується трудомісткість виготовлення вузлів , збільшується продуктивність праці.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Марочник сталей и сплавов [Текст] / Под ред. Зубченко А.С. – М.: Машиностроение, 2003. – 784 с.
2. Биковский О.Г. Довідник зварника [Текст]: довідник / О.Г. Биковський, І.В. Пінковський. - К.: Техніка, 2002. – 336 с.
3. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] / Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич, А.И. Акулов. - М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
4. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. – Чинний від 01.07.1996. - К.: Держстандарт України, 1995. – 36 с.
5. Кривов Г.О Виробництво зварних конструкцій: підручник для студентів вищих навчальних закладів [Текст] / Г.О. Кривов, К.О. Зворикін. – К.: КВІЦ, 2012. – 896 с.
6. Лукьянов В.Ф. Изготовление сварных конструкций в заводских условиях [Текст]/ В.Ф. Лукьянов, В.Я. Харченко, Ю.Г. Людомирский. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 315 с.
7. Охорона праці. Лабораторний практикум [Текст] / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець. – К.: Основа, 1998. – 224 с.
8. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г.Бедрія. – Львів., 1997. – 275с.
9. Безпека життєдіяльності: Навчальний посібник / Під ред. Я.Г.Бедрія. – Львів., 1997. – 275с.

# ДОДАТКИ