

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

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

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри

_____ **Віктор КВАСНИЦЬКИЙ**

«_____» _____ 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: «Технологія складання та зварювання плити перекриття»

Виконав:

студент IV курсу, групи ЗВ-01
Коваленко Володимир Михайлович

(підпис)

Керівник: доцент, к.т.н.,
Прохоренко Одарка Володимирівна

(підпис)

Консультант з економічної частини:
доцент, к.е.н., Глущенко Ярослава Іванівна

(підпис)

Консультант з охорони праці:
зав. каф., професор, д.т.н.,
Левченко Олег Григорович

(підпис)

Рецензент: доцент, к.т.н.,
Коваль Віктор Вікторович

(підпис)

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

Студент

(підпис)

Київ – 2024 рік

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

**Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання
імені Є.О. Патона**

Кафедра зварювального виробництва

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Віктор КВАСНИЦЬКИЙ

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Коваленку Володимирі Михайловичу

1. Тема проєкту «Технологія складання та зварювання плити перекриття», керівник проєкту Прохоренко Одарка Володимирівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом по університету від «30» травня 2024 р. № 2210-с

2. Термін подання студентом проєкту 14 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Ескіз зварного виробу (додається). Матеріал виробу – Ст3сп за ДСТУ 2651. Забезпечення рівномірності зварних з'єднань та відсутності недопустимих дефектів. Річна програма виготовлення виробу – 1 000 шт. Умови виготовлення – цехові, температура експлуатації – 0...+40 °С.

4. Перелік завдань, які потрібно зробити (зміст пояснювальної записки):
Виконати конструктивно-технологічний аналіз плити перекриття. Обґрунтувати вибір способів зварювання. Вибрати зварювальні матеріали. Призначити зварні шви згідно нормативних документів. Розрахувати режими зварювання зварних швів і витрати зварювальних матеріалів, призначити параметри режимів зварювання. Вибрати устаткування для зварювання. Розробити технологічну послідовність складання-зварювання плити перекриття. Адаптувати вибране устаткування для складання і

зварювання плити перекриття. Виконати компонування установки для зварювання швів плити перекриття. Призначити способи контролю якості зварних швів плити перекриття. Спланувати розміщення засобів технологічного спорядження на виробничій площі. Скласти операційну карту процесу зварювання. Зробити загальні висновки до технологічного розділу дипломного проєкту. Розробити стартап-проєкт з виготовлення плит перекриття. Розробити заходи з охорони праці та пожежної безпеки.

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

1. Складальний кресленик плити перекриття (A1×1). 2. Стенд для складання та зварювання поздовжніх швів плити перекриття (A1×1). 3. Установка для автоматичного зварювання поздовжніх швів (A1×1). 4. Технологічна послідовність складання та зварювання (A1×1). 5. Схема технологічного процесу виготовлення плити перекриття (A1×1). 6. План виробничої площі (A1×1).

6. Консультанти розділів проєкту

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

7. Дата видачі завдання 20 квітня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Прим.
1	Аналіз літератури за темою проєкту	до 30 квітня	
2	Детальна розробка і обґрунтування проєктних рішень технологічної частини проєкту	до 20 травня	
3	Розробка економічної частини проєкту	до 25 травня	
4	Розробка інженерних рішень з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	до 25 травня	
5	Оформлення графічного матеріалу	до 30 травня	
6	Оформлення пояснювальної записки і підготовка доповіді на захист	до 10 червня	

Студент _____ Володимир КОВАЛЕНКО
(підпис)

Керівник _____ Одарка ПРОХОРЕНКО
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломного проєкту на тему «Технологія складання та зварювання плити перекриття», викладена на 102 аркушах, містить 16 рисунків та 33 таблиці.

Актуальність розв'язання інженерно-технічного завдання з підготовки виробництва плити перекриття заключається у тому, що виріб задіяний в процесі транспортування людей. Зважаючи на область використання, необхідно забезпечити необхідний рівень якості, і як наслідок – безпеки.

Даний конструктивний елемент, незважаючи на технологічну простоту (порівняно з іншими елементами ескалатора), є важливою складовою в процесі транспортування та експлуатації ескалатора.

Мета роботи – досягти необхідного рівня якості виробу за якомога найменшу собівартість. Для досягнення мети, необхідно виконати завдання з розбору конструкції та з вибору найоптимальнішого шляху виробництва. В ході виконання завдань було виконано такі задачі:

- розчленування виробу на конструктивні елементи з метою встановлення оптимального шляху складання-зварювання;
- аналіз основного матеріалу;
- вибір способу зварювання, зварювальних матеріалів;
- розрахунок параметрів режиму зварювання, на основі підготовки крайок;
- описані технічні умови на виготовлення і контроль якості;
- описаний технологічний процес виготовлення;
- обрано устаткування для складання і зварювання;

Отже, робота має високу значимість для забезпечення безпеки транспортування людей на ескалаторах, що є актуальною задачею в контексті сучасних вимог до міської інфраструктури та будівельних стандартів. Проєкт спрямований на поліпшення якості та економічності виробництва плити перекриття.

ABSTRACT

The explanatory note of the diploma project on “Technology of assembly and welding of the floor slab”, laid out on 102 sheets, contains 16 figures and 33 tables.

The relevance of solving the task of preparing the production of a floor slab lies in ensuring quality and safety, as it is used for transporting people.

Despite its simplicity, this component is crucial for escalator operation. With the constant development of construction technologies and increased safety requirements, this topic is particularly relevant.

The goal is to achieve the required product quality at the lowest cost by analyzing the structure and selecting the optimal production method. The following tasks were completed: dissection of the product into structural elements in order to establish the optimal assembly-welding path;

- analysis of the main material;
- choice of welding method, welding materials;
- calculation of welding mode parameters based on edge preparation;
- described technical conditions for manufacturing and quality control;
- the manufacturing process is described;
- the equipment for assembly and welding is selected;

Therefore, the work is of high importance for ensuring the safety of transporting people on escalators, which is an urgent task in the context of modern requirements for urban infrastructure and construction standards. The project is aimed at improving the quality and cost-effectiveness of floor slab production.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ	9
1.1. Опис конструкції виробу, призначення виробу та умови експлуатації	9
1.2. Аналіз основного матеріалу та оцінка його здатності до зварювання	11
1.3. Вибір способу зварювання.....	13
1.4. Вибір зварювальних матеріалів	15
1.5. Типи та розміри з'єднань плити перекриття	16
1.6. Розрахунок параметрів режиму зварювання	20
1.7. Опис технічних умов на виготовлення	27
1.8. Опис технічних умов на контроль якості	28
2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ.....	30
2.1. Опис технологічного процесу виготовлення виробу	30
2.2. Етап проєктування	30
2.3. Технології і обладнання заготівельного етапу.....	32
2.4. Обладнання для транспортувальних операцій.....	35
2.5. Вибір технологій складально-зварювальних операцій	35
3. ВИБІР ТА РОЗРОБКА СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ОСНАСТКИ.....	44
3.1. Технічні вимоги до оснастки	44
3.2. Компонування складально-зварювального пристрою	45
3.3. Обґрунтування вибору основного технологічного (зварювального) обладнання	47
3.4. Розрахунок гнзгольного візка	51
4. ПЛАНУВАННЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ	

	7
СКЛАДАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ.....	57
4.1. Характеристика складально-зварювальних виробничих площ.....	57
4.2. Планування ділянки для складання-зварювання плити перекриття	59
5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ.....	62
5.1. Стартап як форма підприємництва	62
5.2. Маркетинговий аналіз стартап-проєкту з виготовлення плити перекриття .	63
5.2.1. Опис ідеї проєкту.....	63
5.2.2. Аналіз потенційних техніко-економічних переваг	64
5.2.3. Технологічний аудит ідеї проєкту	66
5.2.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту	67
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	76
6.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ).	76
6.2. Вимоги безпеки та гігієни праці.....	81
6.2.1. Вимоги до технологічних процесів	81
6.2.2. Вимоги до виробничих приміщень.....	83
6.2.3. Вимоги щодо організації робочих місць.....	84
6.3. Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці	85
6.3.1. Розрахунок місцевої вентиляції	85
6.3.2. Призначення засобів індивідуального захисту.....	86
6.3.3. Розрахунок захисного заземлення для зварювального випрямляча.....	88
6.4. Пожежна безпека.....	92
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	95
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	97
ДОДАТКИ.....	102

ВСТУП

Ескалатор – транспортний засіб безперервної дії для перевезення пасажирів з одного рівня споруди на інший. Вони бувають міжповерхові та тунельні. У метрополітенах переважно застосовуються тунельні ескалатори. Вони успішно працюють у більшості країн світу, займаючи своє важливе місце у транспортному процесі.

Зупинка одного з ескалаторів у години пік може призвести до збою у графіку руху поїздів, ритмі роботи метрополітену. На відміну поломки вагону, який можна швидко зняти з лінії та швидко замінити резервним, поломка ескалатора потребує ремонту на місці. Тому експлуатація ескалаторів потребує від персоналу постійного контролю за їх роботою, регулярного технічного обслуговування та високої оперативності в усуненні неполадок.

З вище перерахованих причин, розробка технологічного процесу виготовлення плити перекриття є надзвичайно важливою. По-перше, плита перекриття є ключовим елементом конструкції, який забезпечує безпеку і функціональність ескалатора. Вона повинна витримувати значні динамічні та статичні навантаження, захищаючи при цьому механізми ескалатора від зовнішніх впливів. По-друге, якість виготовлення плити безпосередньо впливає на довговічність і надійність ескалатора, оскільки корозія або механічні пошкодження можуть призвести до небезпечних ситуацій і зупинки ескалатора.

Таким чином, ретельно розроблений технологічний процес виготовлення плит перекриття є запорукою безпечної і ефективної роботи ескалаторів, що в свою чергу, забезпечує сталий пасажиропотік.

1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ

1.1. Опис конструкції виробу, призначення виробу та умови експлуатації

Плита перекриття – це металоконструкція, якими закривають проміжки в будівельних конструкціях машинного відділу та натяжної камери. Перекриття тунельних ескалаторів виконані плитами, які опираються на будівельні конструкції і балки підвісних шляхів під'ємно-транспортного обладнання.

Плита перекриття є конструктивним елементом, що одночасно виконує дві важливі функції: вона закриває зону приводу ескалатора, захищаючи її від механічних пошкоджень і забезпечуючи безпеку персоналу та є платформою, на якій переміщуються люди.

Плити вкладаються послідовно, одна за одною, до 12 штук в залежності від довжини ескалатора. Їх фіксують за допомогою болтів, гарантуючи стійкість та надійність конструкції та потім покривають відповідним покриттям (ізоляція, цементна суміш, граніт).

Для доступу до машинного відділення (наприклад, для обслуговування або ремонту з необхідністю транспортування деталей з верхнього поверху) верхній шар покриття знімають. Потім відкручують болти та від'єднують плиту перекриття.

Виготовлення плит перекриття повинне відповідати стандартам якості. Це вкрай важливо, адже корозія металу може призвести до розшарування металу конструкції, що загрожує зупинкою ескалатора та небезпекою для людей.

Для запобігання корозії використовуються спеціальні матеріали та покриття. Це гарантує довговічність плит перекриття та безпечну експлуатацію ескалатора.

Плити перекриття використовуються всередині приміщень, де виключений вплив погодних явищ (дощу, снігу, вітру, перепадів температур). Однак непрямий вплив погодних явищ присутній, оскільки за погоди з підвищеною вологістю, вслід за взуттям, незважаючи на ізоляційний шар, вноситься волога до конструкції, що

може викликати корозію. Конструкція розроблена для роботи в діапазоні температур від 0°C до +40°C та при нормальному атмосферному тиску 760 мм рт. ст.

Під час роботи ескалатора, плити перекриття піддаються динамічним навантаженням під впливом переміщення людей та статичним навантаженням, зумовленими вагою людей, обладнання та інших предметів, що знаходяться на них.

Плита перекриття відноситься до категорії відповідальних конструкцій, адже її несподіване руйнування може спричинити травми чи загибель людей, спричинити зупинку ескалатора, що може призвести до збою роботи транспортної системи.

Розіб'ємо конструкцію на конструктивні елементи (далі - КЕ):

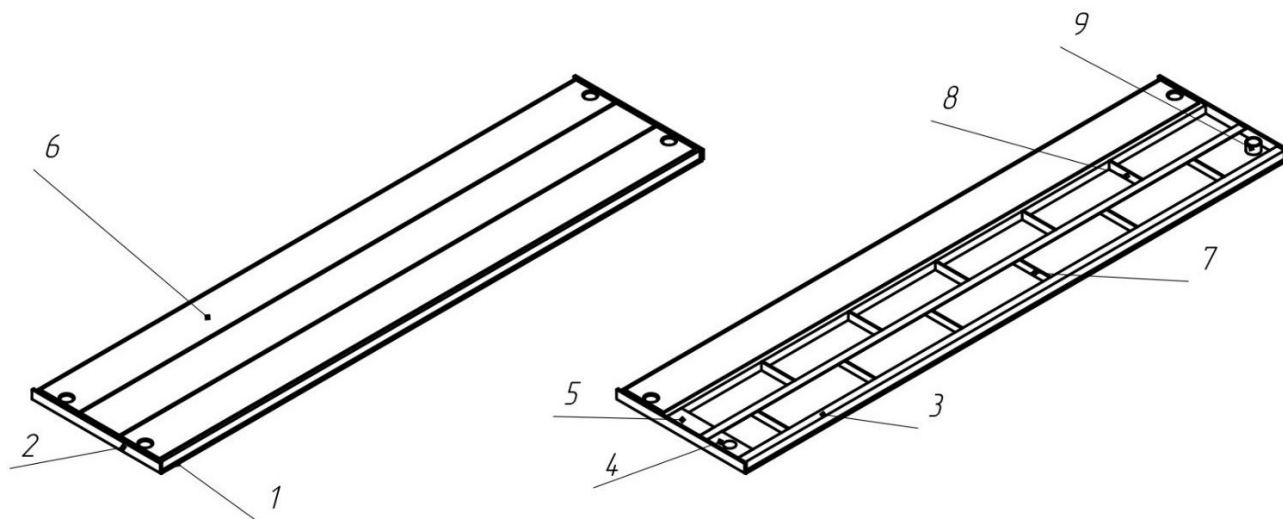


Рисунок 1 - Конструктивні елементи плити перекриття

1 – основа, 1 шт; 2 – фронтальна стінка, 2 шт; 3 – стійки, 4 шт; 4 – пластини під виріз, 4 шт; 5 – проміжні пластини, 2 шт; 6 – лист з рифленням, 3 шт; 7 – ребро жорсткості бічне, 12 шт; 8 – ребро жорсткості проміжне, 5 шт; 9 – втулка, 4 шт.

Габаритні розміри виробу: (2970×700×52) мм, маса 235 кг.

В якості основи, фронтальних стінок, пластин під виріз, проміжних пластин, ребр жорсткості використовується стандартний лист металу, товщиною (6 та 10) мм з подальшим формуванням необхідних розмірів; лист з рифленням виготовляється з стандартного листа металу з сочевицеподібним рифленням (при

відсутності листа з сочевицеподібним рифленням допускається використання листа з ромбічним рифленням), товщиною 6 мм; стійка являє собою порізаний, необхідної довжини, стандартний кутик (40×40×4) мм; втулка виготовляється різанням стандартної труби (60×5) мм.

За технологією виробництва плита перекриття подібна до коробчастих балок, в конструкціях коробчастих балок ребра жорсткості призначаються для зміцнення верхньої полиці від втрати місцевої стійкості. Діафрагми (в нашому випадку – стійки) обов'язково приварюються до верхньої полиці і стінок, а якщо забезпечується втомна міцність нижньої полиці (пояса), то діафрагми приварюються і до неї.

Плиту перекриття доцільно виготовляти герметичною, це перешкоджає накопиченню в ній вологи і виникненню подальшої корозії металу.

1.2. Аналіз основного матеріалу та оцінка його здатності до зварювання

Основним матеріалом є низьковуглецева конструкційна сталь Ст3сп ДСТУ 2651 [1], яка застосовується для виготовлення несучих елементів зварних і незварних металоконструкцій і деталей. Сталь застосовується в цивільному та промисловому будівництві, при прокладанні надземних, наземних і підземних комунікацій. [2]

Хімічний склад сталі Ст3сп представлено у вигляді таблиці 1:

Таблиця 1 - Хімічний склад сталі Ст3сп, % [2]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu
0.14-0.22	0.15-0.30	0.4-0.65	0.3	≤0.05	≤0.04	0.3	≤0.01	≤0.01

За хімічним складом сталь можна віднести до низьковуглецевих ($C \leq 0,24\%$), низьколегованих (вміст легуючих елементів $< 5\%$) сталей.

Механічні характеристики Ст3сп представлено у вигляді таблиці 2:

Таблиця 2 - Механічні характеристики Ст3сп [2]

Стандарт	Межа міцності, Rm (МПа), Н/мм2	Мінімальна межа плинності, ReH (МПа)				Мінімальне відносне подовження σ, %		
		До 20	20- 40	40- 100	Більш 100	До 20	20- 40	Більш 40
ГОСТ 14637, ДСТУ 8803 [3]	370-480	245	235	225	205	26	25	23

Проведемо аналіз на зварність [4]:

- Розрахунок схильності сталі до утворення гарячих тріщин:

$$HCS = \frac{C(S + P + 0,04Si + 0,01Ni)}{3Mn + Cr + Mo + V} = \frac{0,22(0,05 + 0,04 + 0,04 \cdot 0,3 + 0,01 \cdot 0,3)}{3 \cdot 0,4 + 0,3 + 0 + 0} =$$

$$= \frac{0,0231}{1,5} = 0,0154.$$

Розрахунок було проведено для найгіршого сценарію, в котрому $HCS=0,0154 < 0,004$, це означає, що сталь схильна до утворення гарячих тріщин.

Проведемо розрахунок для найсприятливішого сценарію:

$$HCS = \frac{C(S + P + 0,04Si + 0,01Ni)}{3Mn + Cr + Mo + V} = \frac{0,14(0,05 + 0,04 + 0,04 \cdot 0,15 + 0,01 \cdot 0,3)}{3 \cdot 0,65 + 0,3 + 0 + 0} =$$

$$= \frac{0,01302}{2,25} = 0,0058.$$

Навіть в ідеальному для зварювання варіанті $HCS=0,0058 > 0,004$. Отже, метал має схильність до утворення гарячих тріщин. Для запобігання виникненню гарячих

тріщин можна виконувати наступні заходи: контролювати вміст сірки та фосфору; подрібнення структури шва і ЗТВ; підвищувати вміст в металі шва марганцю, який пов'язує сірку і виводить її в шлак; виконати попередній і супутній підігрів виробу, який зменшує напруження розтягу в звареному шві.

- Розрахунок на схильність до утворення холодних тріщин:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,3 + 0 + 0}{5} + \frac{0,3 + 0,01}{15} =$$

$$= 0,409 \text{ (найгірший випадок),}$$

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} = 0,14 + \frac{0,4}{6} + \frac{0,3 + 0 + 0}{5} + \frac{0,3 + 0,01}{15} =$$

$$= 0,287 \text{ (ідеальний випадок).}$$

Середнє значення $C_{екв}=0,35$ знаходиться за межами 0,4...0,45, це означає, що сталь не схильна до холодних тріщин.

- Схильність до утворення пор

Для даної групи сталей пори можуть викликати азот, водень та окис вуглецю. Методи боротьби з порами: збільшення вмісту розкислювачів в зварювальному дроті; ретельне очищення крайок; зменшення швидкості зварювання.

1.3. Вибір способу зварювання

Проведемо вибір способу зварювання. Основні критерії вибору: тип основного металу; товщина металу; довжина зварного шва; якість захисту зони зварювання; продуктивність зварювання; можливість механізації технологічного процесу.

Для низьковуглецевих та низьколегованих сталей особливих проблем з зварністю немає, вони можуть зварюватися практично усіма способами зварювання, проте з урахуванням економічності та вартості обладнання далеко не всі способи доцільно використовувати для даної групи сталей.

Нижче в таблиці 3 приведені переважно рекомендовані [++], рекомендовані [+]. та обмежено рекомендовані [(+)], не рекомендовані [-] способи зварювання та зварювальні матеріали.

Таблиця 3 - Рекомендації щодо вибору типового способу зварювання низьковуглецевих низьколегованих сталей [5]

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

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

За доцільністю зварювання низьковуглецевих низьколегованих сталей, заздалегідь відберемо способи зварювання: Е, УП, ІП, Ф.

Зважаючи на довжину зварного шва, низьку продуктивність зварювання, відсутність можливості механізації технологічного процесу, відкинемо спосіб зварювання покритим електродом.

Дивлячись на кількісну перевагу коротких і середніх швів (до 1 м.) над довгими, надамо перевагу зварюванню плавким електродом в середовищі захисних газів. Зважаючи на відповідальність конструкції, оберемо спосіб зварювання ІП.

1.4. Вибір зварювальних матеріалів

Проведемо вибір зварювальних матеріалів. Зважаючи на те, що був обраний спосіб зварювання ІІІ, необхідно обрати наступні зварювальні матеріали: зварювальний дріт; захисний газ.

Зварювальний дріт оберемо хімічно подібним до основного металу зі збільшеним вмістом марганцю для запобігання тріщин. Зупинемось на зварювальному дроті Св08Г2С, представимо хімічний склад і механічні характеристики у вигляді таблиці 4:

Таблиця 4 - Хімічний склад і механічні характеристики зварювального дроту Св08Г2С [6,7]

Марка дроту	Хімічний склад, %								Механічні властивості при 20°C			
	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	δ [%]	σ_T [МПа]	σ_B [Мпа]	KCV [Дж/см ²]
Св08Г2С	0,05-0,11	0,7-0,95	1,8-2,1	До 0,25	До 0,025	До 0,3	До 0,1	До 0,01	30	450	550	50

В якості захисного газу оберемо газову суміш Ar (75%) + CO₂ (25%) згідно ДСТУ ISO 14175 [8]. Суміш обрали через те, що зварювальним аргоном зварювати низьковуглецеві низьколеговані сталі недоцільно зварювати з економічної точки зору.

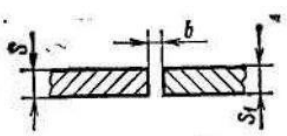
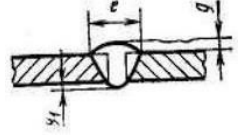
1.5. Типи та розміри з'єднань плити перекриття

Нумерація позицій КЕ відповідно до рис. 1 (стр.12).

Спочатку розглянемо стикові з'єднання:

Підготовка крайок однакова для з'єднань між КЕ (поз. 4) і КЕ (поз. 3) та між КЕ (поз. 5) і КЕ (поз. 3), оскільки, вони подібні (позначимо цей зварний шов числом 1). Оберемо тип підготовки крайок та занесемо розміри в таблицю 5.

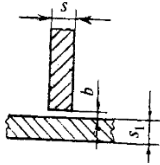
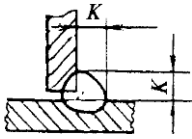
Таблиця 5 - Розробка крайок для виконання швів між КЕ (поз. 4) і КЕ (поз. 3) та між КЕ (поз. 5) і КЕ (поз. 3), розміри в мм

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	$S=S_1$	b		e, не більше	s_0		s_1	
Підготовка крайок	Зварний шов			Номін.	Гран.		Номін.	Гран.	Номін.	Гран.
		ISO 4063 / 131	4	0	+1, 5	8	1,5	±0, 5	1,5	±1

Розглядаємо таврові з'єднання:

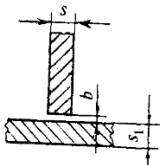
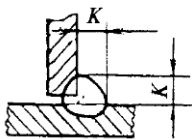
Оберемо тип підготовки крайок для з'єднання між КЕ (поз. 1) і КЕ (поз. 3) та занесемо розміри в таблицю 6 (позначимо цей зварний шов числом 2).

Таблиця 6 - Розробка крайок для виконання швів між КЕ (поз. 1) і КЕ (поз. 3) та між КЕ (поз. 1) та КЕ (поз. 9), розміри в мм

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S=S ₁ мм	b, мм		К, мм
Підготовка крайок	Зварний шов			Номін.	Гран.	
		ISO 4063/ 131	4	0	+1	3 ⁺¹ _{-0,5}

Підготовка крайок однакова для з'єднань між КЕ (поз. 7) і КЕ (поз. 1), між КЕ (поз. 9) і КЕ (поз. 1), між КЕ (поз. 5) і КЕ (поз. 2), між КЕ (поз. 4) і КЕ (поз. 2) та між КЕ (поз. 8) і КЕ (поз. 1), оскільки, вони подібні (позначимо цей зварний шов числом 3). Оберемо тип підготовки крайок та занесемо розміри в таблицю 7.

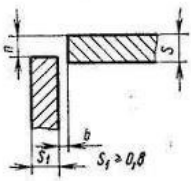
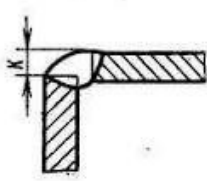
Таблиця 7 - Розробка крайок для виконання швів між КЕ між КЕ (поз. 7) і КЕ (поз. 1), між КЕ (поз. 9) і КЕ (поз. 1), між КЕ (поз. 5) і КЕ (поз. 2), між КЕ (поз. 4) і КЕ (поз. 2) та між КЕ (поз. 8) і КЕ (поз. 1), розміри в мм

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S=S ₁ мм	b, мм		К, мм
Підготовка крайок	Зварний шов			Номін.	Гран.	
		ISO 4063/ 131	6	0	+1,5	5 ⁺¹ _{-0,5}

Розглядаємо кутові з'єднання:

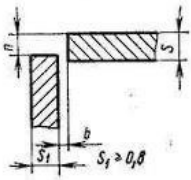
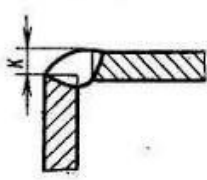
Оберемо тип підготовки крайок для з'єднання між КЕ (поз. 1) і КЕ (поз. 2) та занесемо розміри в таблицю 8 (позначимо цей зварний шов числом 4).

Таблиця 8 - Розробка крайок для виконання швів між КЕ (поз. 1) і КЕ (поз. 2), розміри в мм

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S=S ₁ мм	b, мм		K, мм	n
Підготовка крайок	Зварний шов			Номін.	Гран.		
		ISO 4063 / 131	6	0	+1	$5^{+1}_{-0,5}$	0,75S

Оберемо тип підготовки крайок для з'єднання між КЕ (поз. 9) і КЕ (поз. 6) та занесемо розміри в таблицю 9 (позначимо цей зварний шов числом 5).

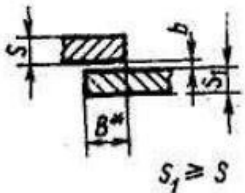
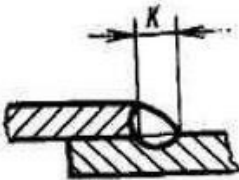
Таблиця 9 - Розробка крайок для виконання швів між КЕ (поз. 9) і КЕ (поз. 6), розміри в мм

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S=S ₁ мм	b, мм		K, мм	n
Підготовка крайок	Зварний шов			Номін.	Гран.		
		ISO 4063 / 131	5	0	+1	3 ⁺¹ _{-0,5}	S

Розглядаємо напусткові з'єднання:

Оберемо тип підготовки крайок для з'єднання між КЕ (поз. 3) і КЕ (поз. 6) та занесемо розміри в таблицю 10 (позначимо цей зварний шов числом 6).

Таблиця 10 - Розробка крайок для виконання швів між КЕ (поз. 3) і КЕ (поз. 6), розміри в мм

Конструктивні елементи		Спосіб зварювання	S=S ₁ мм	b, мм		K, мм	B, мм
Підготовка крайок	Зварний шов			Номін.	Гран.		
		ISO 4063 / 131	4	0	+1	4 ⁺¹ _{-0,5}	5-25

1.6. Розрахунок параметрів режиму зварювання

Розрахуємо режим зварювання для шва 1. [9]

Шов однопрохідний. Розрахуємо глибину проплаву $h_p = S - 0,5b = 4 - 0,5 \cdot 0 = 4$ мм.

Діаметр електродного дроту:

$$d_{e.d.} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05h_p = \sqrt[4]{4} + 0,05 \cdot 4 = 1,61 \text{ мм};$$

Значення заокруглимо до найближчого стандартного значення, отже $d_{e.d.} = 1,6$ мм.

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою:

$$V = K_v \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1120 \cdot \frac{1,61}{8^{3,36}} = 9,64 \text{ мм/с} = 34,7 \text{ м/год},$$

де $K_v = 1120$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальний струм визначається в залежності від розмірів шву:

$$I_{36} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 460 \cdot \frac{1,32}{8^{1,07}} = 310 \text{ А},$$

де $K_I=460$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальна напруга:

$$U_{36} = 14 + 0,05 \cdot I_{36} = 14 + 0,05 \cdot 310 = 29,5 \text{ В}.$$

Виліт електродного дроту:

$$l_8 = 10 \cdot d_{e.d.} \pm 2d_{e.d.} = 8 \cdot d_{e.d.} = 8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ мм}.$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{e.e.} = 0,53 \cdot \frac{I_{36}}{d_{e.d.}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I_{36}^2}{d_{e.d.}^3} = 0,53 \cdot \frac{310}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{310^2}{1,6^3} = 80,46 \text{ мм/с} = 290 \text{ м/год}.$$

Витрати захисного газу:

$$q_{3.2.} = 0,2 \cdot I_{36}^{0,75} = 0,2 \cdot 310^{0,75} = 14,8 \text{ л/хв}.$$

Розрахуємо режим зварювання для шва 2:

Шов однопрохідний. Розрахуємо глибину проплаву

$$h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ мм}.$$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{e.d.} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05h_p = \sqrt[4]{2,1} + 0,05 \cdot 2,1 = 1,31 \text{ мм};$$

Значення округлюємо до найближчого більшого стандартного значення,

$$\text{отже } d_{e.d.} = 1,6 \text{ мм. Ширина шва } e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{2} \cdot K = \sqrt{2} \cdot 3 = 4,24 \text{ мм}.$$

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою:

$$V_{36} = K_V \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1120 \cdot \frac{1,61}{4,24^{3,36}} = 28,84 \text{ мм/с} = 103,8 \text{ м/год},$$

де $K_V=1120$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальний струм визначається в залежності від розмірів шву:

$$I_{36} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 460 \cdot \frac{1,32}{4,42^{1,07}} = 250 \text{ А},$$

де $K_I=460$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальна напруга:

$$U_{зв} = 14 + 0,05 \cdot I_{зв} = 14 + 0,05 \cdot 250 = 26,5 \text{ В.}$$

Виліт електродного дроту:

$$l_{в} = 10 \cdot d_{e.д.} \pm 2d_{e.д.} = 8 \cdot d_{e.д.} = 8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ мм.}$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{в.е.} = 0,53 \cdot \frac{I_{зв}}{d_{e.д.}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I_{зв}^2}{d_{e.д.}^3} = 0,53 \cdot \frac{250}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{250^2}{1,6^3} = 62,35 \text{ мм/с} = 224,5 \text{ м/год.}$$

Витрати захисного газу:

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot I_{зв}^{0,75} = 0,2 \cdot 250^{0,75} = 12,6 \text{ л/хв.}$$

Розрахуємо режим зварювання для шва 3:

Шов однопрохідний. Розрахуємо глибину проплаву

$$h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ мм.}$$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{e.д.} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05 h_p = \sqrt[4]{3,5} + 0,05 \cdot 3,5 = 1,55 \text{ мм;}$$

Значення округлюємо до найближчого більшого стандартного значення,

$$\text{отже } d_{e.д.} = 1,6 \text{ мм. Ширина шва } e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{2} \cdot K = \sqrt{2} \cdot 5 = 7,07 \text{ мм.}$$

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою:

$$V_{зв} = K_v \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1120 \cdot \frac{1,61}{7,07^{3,36}} = 11,78 \text{ мм/с} = 42,4 \text{ м/год,}$$

де $K_v=1120$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальний струм визначається в залежності від розмірів шву:

$$I_{зв} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 460 \cdot \frac{1,32}{7,07^{1,07}} = 300 \text{ А,}$$

де $K_I=460$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальна напруга:

$$U_{зв} = 14 + 0,05 \cdot I_{зв} = 14 + 0,05 \cdot 300 = 29 \text{ В.}$$

Виліт електродного дроту:

$$l_e = 10 \cdot d_{e.d.} \pm 2d_{e.d.} = 8 \cdot d_{e.d.} = 8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ мм.}$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{e.e.} = 0,53 \cdot \frac{I_{3\phi}}{d_{e.d.}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I_{3\phi}^2}{d_{e.d.}^3} = 0,53 \cdot \frac{300}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{300^2}{1,6^3} = 77,36 \text{ мм/с} = 278,5 \text{ м/год.}$$

Витрати захисного газу:

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot I_{3\phi}^{0,75} = 0,2 \cdot 300^{0,75} = 14,4 \text{ л/хв.}$$

Розрахуємо режим зварювання для шва 4:

Шов однопрохідний. Розрахуємо глибину проплаву
 $h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K = 0,7 \cdot 5 = 3,5 \text{ мм.}$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{e.d.} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05h_p = \sqrt[4]{3,5} + 0,05 \cdot 3,5 = 1,55 \text{ мм;}$$

Значення округлюємо до найближчого більшого стандартного значення, отже $d_{e.d.} = 1,6 \text{ мм.}$ Ширина шва $e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{2} \cdot K = \sqrt{2} \cdot 5 = 7,07 \text{ мм.}$

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою:

$$V_{3\phi} = K_v \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1120 \cdot \frac{1,61}{7,07^{3,36}} = 11,78 \text{ мм/с} = 42,4 \text{ м/год,}$$

де $K_v = 1120$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальний струм визначається в залежності від розмірів шву:

$$I_{3\phi} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 460 \cdot \frac{1,32}{7,07^{1,07}} = 300 \text{ А,}$$

де $K_I = 460$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальна напруга:

$$U_{3\phi} = 14 + 0,05 \cdot I_{3\phi} = 14 + 0,05 \cdot 300 = 29 \text{ В.}$$

Виліт електродного дроту:

$$l_e = 10 \cdot d_{e.d.} \pm 2d_{e.d.} = 8 \cdot d_{e.d.} = 8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ мм.}$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{\text{в.е.}} = 0,53 \cdot \frac{I}{d_{\text{е.д.}}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I^2}{d_{\text{е.д.}}^3} = 0,53 \cdot \frac{300}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{300^2}{1,6^3} = 77,36 \text{ мм/с} = 278,5 \text{ м/год.}$$

Витрати захисного газу:

$$q_{\text{з.г.}} = 0,2 \cdot I_{\text{зг}}^{0,75} = 0,2 \cdot 300^{0,75} = 14,4 \text{ л/хв.}$$

Розрахуємо режим зварювання для шва 5:

Шов однопрохідний. Розрахуємо глибину проплаву
 $h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K = 0,7 \cdot 3 = 2,1 \text{ мм.}$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{\text{е.д.}} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05 h_p = \sqrt[4]{2,1} + 0,05 \cdot 2,1 = 1,31 \text{ мм;}$$

Значення округлюємо до найближчого більшого стандартного значення, отже $d_{\text{е.д.}} = 1,6 \text{ мм.}$ Ширина шва $e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{2} \cdot K = \sqrt{2} \cdot 3 = 4,24 \text{ мм.}$

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою:

$$V_{\text{зг}} = K_v \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1120 \cdot \frac{1,61}{4,24^{3,36}} = 28,84 \text{ мм/с} = 103,8 \text{ м/год,}$$

де $K_v = 1120$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальний струм визначається в залежності від розмірів шву:

$$I_{\text{зг}} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 460 \cdot \frac{1,32}{4,24^{1,07}} = 250 \text{ А,}$$

де $K_I = 460$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальна напруга:

$$U_{\text{зг}} = 14 + 0,05 \cdot I_{\text{зг}} = 14 + 0,05 \cdot 250 = 26,5 \text{ В.}$$

Виліт електродного дроту:

$$l_{\text{в}} = 10 \cdot d_{\text{е.д.}} \pm 2d_{\text{е.д.}} = 8 \cdot d_{\text{е.д.}} = 8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ мм.}$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{\text{в.е.}} = 0,53 \cdot \frac{I}{d_{\text{е.д.}}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I^2}{d_{\text{е.д.}}^3} = 0,53 \cdot \frac{250}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{250^2}{1,6^3} = 62,35 \text{ мм/с} = 224,5 \text{ м/год.}$$

Витрати захисного газу:

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot I_{зг}^{0,75} = 0,2 \cdot 250^{0,75} = 12,6 \text{ л/хв.}$$

Розрахуємо режим зварювання для шва б:

Шов однопрохідний. Розрахуємо глибину проплаву
 $h_p = (0,7 \dots 1,1) \cdot K = 0,7 \cdot 4 = 2,8 \text{ мм.}$

Діаметр електродного дроту:

$$d_{e.д.} = \sqrt[4]{h_p} + 0,05 h_p = \sqrt[4]{2,8} + 0,05 \cdot 2,8 = 1,43 \text{ мм;}$$

Значення округлюємо до найближчого більшого стандартного значення,
 отже $d_{e.д.} = 1,6 \text{ мм.}$ Ширина шва $e = \sqrt{K^2 + K^2} = \sqrt{2} \cdot K = \sqrt{2} \cdot 4 = 5,66 \text{ мм.}$

Швидкість зварювання розраховуємо за формулою:

$$V_{зг} = K_v \frac{h_p^{1,61}}{e^{3,36}} = 1120 \cdot \frac{2,8^{1,61}}{5,66^{3,36}} = 17,37 \text{ мм/с} = 63,5 \text{ м/год,}$$

де $K_v = 1120$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальний струм визначається в залежності від розмірів шву:

$$I_{зг} = K_I \frac{h_p^{1,32}}{e^{1,07}} = 460 \cdot \frac{2,8^{1,32}}{5,66^{1,07}} = 280 \text{ А,}$$

де $K_I = 460$ – коефіцієнт, що залежить від діаметру електродного дроту.

Зварювальна напруга:

$$U_{зг} = 14 + 0,05 \cdot I_{зг} = 14 + 0,05 \cdot 280 = 28 \text{ В.}$$

Виліт електродного дроту:

$$l_e = 10 \cdot d_{e.д.} \pm 2d_{e.д.} = 8 \cdot d_{e.д.} = 8 \cdot 1,6 = 12,8 \text{ мм.}$$

Швидкість подачі електродного дроту:

$$V_{e.д.} = 0,53 \cdot \frac{I_{зг}}{d_{e.д.}^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{I_{зг}^2}{d_{e.д.}^3} = 0,53 \cdot \frac{280}{1,6^2} + 6,94 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{280^2}{1,6^3} = 71,25 \text{ мм/с} = 256,5 \text{ м/год.}$$

Витрати захисного газу:

$$q_{з.г.} = 0,2 \cdot I_{зг}^{0,75} = 0,2 \cdot 280^{0,75} = 13,7 \text{ л/хв.}$$

Зведемо розрахунки в таблицю 11:

Таблиця 11 - Параметри режиму зварювання

Номер шва	Кількість проходів	Спосіб зварювання	Діаметр дроту	Зварювальний струм, А	Напруга на дузі, В	Швидкість подавання дроту м/год	Витрати газу л/хв	Швидкість зварювання, м/год	Рід струму, полярність
1	1	131	1,6	310	29,5	290	14,8	34,7	= (-)
2	1	131	1,6	250	26,5	224,5	12,6	103,8	= (-)
3	1	131	1,6	300	29	278,5	14,4	42,4	= (-)
4	1	131	1,6	300	29	278,5	14,4	42,4	= (-)
5	1	131	1,6	250	26,5	224,5	12,6	103,8	= (-)
6	1	131	1,6	280	28	256,5	13,7	63,5	= (-)

Оскільки для деяких швів розрахункові параметри співпали, скоротимо таблицю 11 і подамо у вигляді таблиці 12 .

Таблиця 12 - Параметри режиму зварювання

Номер шва	Кількість проходів	Спосіб зварювання	Діаметр дроту	Зварювальний струм, А	Напруга на дузі, В	Швидкість подавання дроту м/год	Витрати газу л/хв	Швидкість зварювання, м/год	Рід струму, полярність
1	1	131	1,6	310	29,5	290	14,8	34,7	= (-)
2	1	131	1,6	250	26,5	224,5	12,6	103,8	= (-)
3	1	131	1,6	300	29	278,5	14,4	42,4	= (-)
4	1	131	1,6	280	28	256,5	13,7	63,5	= (-)

1.7. Опис технічних умов на виготовлення

Виробництво дрібносерійне, умови виробництва – цехові. При виготовленні будемо дотримуватись технічних вимог стандарту ДБН В.2.6-163:2010 [10].

Наведемо основні вимоги:

1. Виготовлення сталевих конструкцій повинно проводитися технічно досконалими методами з механізацією робіт, а також укрупненням відправних елементів та забезпеченням можливості укрупнення їх на монтажу. Виготовлення конструкцій повинно проводитися відповідно до інструкцій та посібників, проєкту виконання робіт та технологічних карт.
2. Вся сталь повинна бути перевірена на відповідність вимогам діючих стандартів, розсортована, замаркована, складена за профілями та марками, перед подачею у виробництво виправлена, очищена від окалини, іржі, олії, вологи, снігу, льоду та інших забруднень.
3. Складання конструкцій може проводитися тільки з виправлених деталей та елементів, очищених від задирок, бруду, олії, іржі, вологи, льоду та снігу. При складанні конструкцій та деталей не повинна допускатися зміна їх форми, не передбачена технологічним процесом, а при кантуванні та транспортування - залишкове деформування їх. Перенесення та кантування краном важких та великогабаритних конструкцій та їх елементів, зібраних тільки на прихопках, без застосування пристроїв, що забезпечують незмінність їхньої форми, не допускається. Зібрані елементи, пред'явлені та прийняті відділом контролю якості під зварювання і не зварені після цього протягом 24 год, повинні бути повторно пред'явлені.
4. Розміри перерізу прихопок повинні бути мінімально необхідні для забезпечення розплавлення їх під час накладання швів проєктного перерізу. Довжина прихопок повинна бути не менше 50 мм і відстань між прихопками — не більше 500 мм, катет шва прихопки не більше половини катета шва зварного з'єднання.

5. Загальне складання конструкцій повинно проводитись шляхом послідовного з'єднання всіх елементів конструкцій або окремих її частин. При цьому має бути проведена підгонка всіх з'єднань, включаючи розсвердлювання монтажних отворів, та встановлені фіксуючі пристрої. На всіх відправних елементах має бути проставлено індивідуальне маркування та нанесені риси.
6. Кожен перший і надалі кожен десятий екземпляр однотипних конструкцій, виготовлених за допомогою кондукторів, повинен проходити контрольне складання, в процесі якого здійснюється перевірка відповідності виготовлених конструкцій кресленням.
7. Зварювання сталевих конструкцій має виконуватися високопродуктивними механізованими методами. Зварювання сталевих конструкцій слід проводити за розробленим та контрольованим технологічним процесом, який повинен забезпечити необхідні геометричні розміри швів та механічні властивості зварних з'єднань.
8. Зварювання повинно виконуватися при стабільному режимі, встановленому технологічним процесом, з відхиленнями, що допускаються: сили струму $\pm 5\%$; напруги дуги $\pm 5\%$.
9. Зварювання сталевих конструкцій повинно проводитися після перевірки правильності їх складання.

1.8. Опис технічних умов на контроль якості

Зварні шви проходять перевірку на відповідність таким дефектам швів зварних з'єднань, які виявляються фізичними методами контролю і які відповідають рівню якості В, стандарту ДСТУ ISO 5817 [11]. Процес контролю виконується на різних стадіях виробництва: попередній контроль якості матеріалів, міжопераційний контроль у процесі складання-зварювання та вихідного.

Вибірковий контроль швів зварних проводиться, як правило, у місцях перетину швів та у місцях із ознаками дефектів. Якщо в результаті вибіркового

контролю буде встановлено незадовільну якість шва, контроль продовжують до виявлення фактичних меж дефектної ділянки, після чого весь шов на цій ділянці видаляють, знову заварюють та перевіряють повторно.

Вибірковий контроль швів виконується ультразвуковою дефектоскопією або просвічуванням проникаючим випромінюванням.

Дефекти зварних з'єднань повинні усуватися такими способами:

- виявлені перерви швів та кратери заварюються;
- шви з іншими дефектами, що перевищують допустимі, видаляються на довжину дефектного місця плюс по 15 мм з кожною сторони та заварюються знову;
- підрізи основного металу, що перевищують допустимі, зачищаються і заварюються з подальшою зачисткою, що забезпечує плавний перехід від наплавленого металу до основного.

Залишкові деформації конструкцій, що виникли після зварювання та перевищують допустимі величини, повинні бути виправлені. Виправлення має бути виконано способами термічного, механічного або термомеханічного впливу.

2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЇ, ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛИТИ ПЕРЕКРИТТЯ

2.1. Опис технологічного процесу виготовлення виробу

Технологічний процес виготовлення можна поділити на такі операції: проєктувальні, заготівельні, транспортувальні, складально-зварювальні, контролю якості. Послідовність виконання операцій буде наведена нижче. Важливо розглянути всі операції процесу виготовлення, оскільки для ефективного виробництва необхідно впроваджувати механізацію не тільки для зварювальних операцій. Загальну трудомісткість виготовлення зварних конструкцій покажемо на рисунку 2.

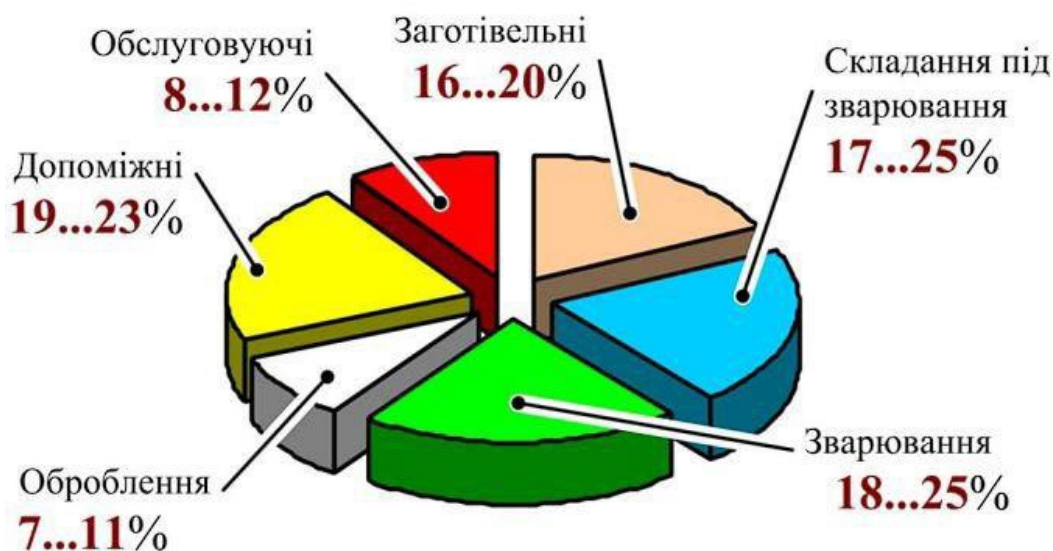


Рисунок 2 - Загальна трудомісткість виготовлення зварних конструкцій

2.2. Етап проєктування

Проєктувальні операції включають розробку дизайну плит перекриття відповідно до вимог інженерії. З креслення визначаються розміри, форма та розташування ребер жорсткості, отворів і т.п. Визначаються основний матеріал, набір конструктивних елементів та устаткування.

Для виготовлення плити перекриття, в екземплярі 1 шт, на складі повинні зберігатись наступні металеві заготовки:

1. Деталь основа виготовляється правленням, розділювальним різанням і притупленням гострих крайок.
- Лист $\frac{6 \text{ ДСТУ } 8540:2015}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (3000×750×6) мм [1 шт.];
2. Деталь фронтальна стінка виготовляється правленням, розділювальним різанням притупленням гострих крайок.
- Лист $\frac{10 \text{ ДСТУ } 8540:2015}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (750×450×10) мм [2 шт.];
3. Деталь лист з рифленням виготовляється правленням, розділювальним різанням і притупленням гострих крайок.
- Лист сочевиця В-К-ПУ-6,0х3000х750 Ст3сп ДСТУ [3 шт.];
4. Деталь стійка виготовляється розділювальним різанням притупленням гострих крайок.
- Кутик $\frac{4 \text{ ДСТУ } 2251:2018}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (40×40×4) мм, довжиною 6 м [2 шт.];
5. Деталь пластина під виріз виготовляється правленням, розділювальним різанням і притупленням гострих крайок.
- Лист $\frac{6 \text{ ДСТУ } 8540:2015}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (200×100×6) мм [4 шт.];
6. Деталь пластина проміжна виготовляється правленням, розділювальним різанням притупленням гострих крайок.
- Лист $\frac{6 \text{ ДСТУ } 8540:2015}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (200×100×6) мм [2 шт.];
7. Деталь ребро жорсткості бічне виготовляється правленням, розділювальним різанням, фрезеруванням скосів (8×8) мм, притупленням гострих крайок.
- Лист $\frac{6 \text{ ДСТУ } 8540:2015}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (250×35×6) мм [12 шт.];
8. Деталь ребро жорсткості проміжне виготовляється правленням, розділювальним різанням, притупленням гострих крайок.
- Лист $\frac{6 \text{ ДСТУ } 8540:2015}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (200×40×6) мм [5 шт.]

9. Деталь втулка виготовляється розділювальним різанням, притупленням гострих крайок.

- Труба $\frac{60 \text{ ДСТУ } 8943:2019}{\text{Ст3сп ДСТУ } 2651}$, розмірами (200×60×5) мм [1 шт.];

2.3. Технології і обладнання заготівельного етапу

Перед тим як почати складально-зварювальні операції необхідно підготувати заготовки, тобто створити з нього конструктивний елемент.

Листи металу необхідно піддати правці для того, щоб виправити будь-які нерівності в металі, які могли б виникнути при транспортуванні і забезпечити високу точність різання. Це виконується механічними ручними методами за допомогою молота й ковадла.

Для розділового різання листів використовуються гільйотинні ножиці гідравлічного типу, ножиці гільйотинні Н3121 можуть задовільнити різ листа, необхідної товщини. Вони можуть різати листовий метал товщиною до 12 мм і шириною до 2000 мм. Ножиці можуть мати електричний або гідравлічний привід, керований пультом, що підвищує безпеку та зручність роботи. Ці ножиці широко застосовуються в металообробній промисловості та інших галузях, де необхідна висока точність і ефективність різання. Технічні характеристики гільйотинних ножиць наведено в таблиці 13.

Таблиця 13 - Технічні характеристики гільйотинних ножиць Н3121 [12]

Ширина різу, мм	Потужність, кВт	Максимальна товщина заготовки з	Частота ходу ножа, хв ⁻¹	Кут нахилу рухомого ножа	Притискне зусилля, кН	Габарити, мм	Маса, кг
2000	18,5	12	40	2°10'	29	3150×225 0×1950	7000

Для розділового різання труби і кутиків використовується відрізний верстат, відрізний верстат по металу 872М може задовільнити необхідний різ труби і кутика. Технічні характеристики верстата по металу наведено в таблиці 14.

Таблиця 14 - Технічні характеристики відрізного верстату по металу 827М [13]

Довжина ходу відрізної	Довжина ножового полотна, мм	Габаритні розміри, мм	Зусиння подачі (регулюєтьс	Частота обертання, об/хв	Потужність двигуна, кВт	Маса, кг
140, 180	450	1470×690×885	0,07-0,2	1420	1,5	650

Для свердління отворів використовується вертикально-свердильний верстат 2А125. Технічні характеристики вертикально-свердильного верстата по металу наведено в таблиці 15.

Таблиця 15 - Технічні характеристики вертикально-свердильного верстата 2А125 [14]

Найбільший діаметр свердління в сталі 45, мм	Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до столу, мм	Найменша та найбільша відстань від торця шпинделя до плити, мм	Розміри робочої поверхні столу, мм	Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	Розмір станка (довжина x ширина x висота), мм	Найбільше зусилля подачі, Н (кгс)	Маса, кг
25	0-700	750-1125	500x375	2,8	980 x 825 x 2300	9000 (900)	870

Для скосу крайок використовується фрезерний верстат 6P82. Він оснащений горизонтально розташованим шпинделем для кріплення фрези. Вертикальний та горизонтальний стіл верстата дозволяє переміщувати оброблювану деталь у різних напрямках. Верстат також обладнаний системою подачі і регулювання швидкостей для точного налаштування процесу обробки. Технічні характеристики горизонтально-фрезерного верстата по металу наведено в таблиці 16.

Таблиця 16 - Технічні характеристики горизонтально-фрезерного верстату 6P82 [15]

Розміри робочої поверхні столу, мм	Число Т-подібних	Найбільші переміщення столу, мм			Потужність електродвигуна головного руху, кВт	Габарит верстата (довжина x ширина x висота), мм	Маса, кг
		поздовжня (механічна/ручна)	поперечне (механічне/ручне)	вертикальне (механічне/ручне)			
1250x320	3	800/800	240/250	410/420	7,5	2470x1950x1950	3300

Притуплення гострих крайок після різальних і свердлильних операцій виконується стрічковим напилком (шліфмашиною) Makita 9031. Технічні характеристики шліфмашини наведено в таблиці 17.

Таблиця 17 - Технічні характеристики стрічкового напилка Makita 9031 [16]

Потужність	Кількість обертів холостого ходу	Розмір стрічки	Рівень шуму: звуковий тиск	Рівень шуму: звукова потужність	Вібрації: шліфування	Розміри (Д x Ш x В)	Маса, кг
550 Вт	(200 – 1000) м/хв	(30 x 533) мм	83 дБ(А)	94 дБ(А)	2,5 м/сек ²	(380 x 170 x 90) мм	2,1 кг

2.4. Обладнання для транспортувальних операцій

Ефективне впровадження повного механізованого та автоматизованого виробництва неможливе без належної системи транспортувальних пристроїв, яка мінімізує ручну працю або повністю її виключає. Правильний вибір транспортувальних пристроїв та їх конфігурацій має вирішальне значення для організації робочого простору та успішного впровадження механізації. Для цієї мети внутрішньоцехове переміщення вантажів здійснюється мостовим краном (5 т.) або за допомогою колісного візка КМ 25-НС/469-000.

2.5. Вибір технологій складально-зварювальних операцій

Складання-зварювання відбуватиметься повним складанням і наступним зварюванням, цей принцип був обраний через технологію зварювання, згідно якої спочатку виконується зварювання поперечних швів, а потім поздовжніх. Цей підхід дозволяє якщо і не виключити залишкові деформації, то направити необхідним чином для можливості виконання правлення.

Наведемо схему технологічного процесу виготовлення плити перекриття у вигляді таблиці 18:

Таблиця 18 - Схема технологічного процесу виготовлення «Плита перекриття»

№ операції	Технологічні переходи	Найменування та зміст операції, технічні вимоги	Заготовки, матеріали	Інструмент	Обладнання та пристрої
005		Правильна Спрямовування металевих заготовок з місця зберігання на відповідні місця правлення конструктивних елементів	Лист 6, Лист 10, Лист з рифленням 6, кутик (40×40×4)мм	молот	ковадло

Продовження таблиці 18

010		Позиція 1 Стійка – 4 шт. <u>Заготівельна</u> Розмітити, а потім відрізати кутик (40×40×4) мм довжиною L=2075+3 мм.	Кутик (40×40×4) мм	рисувалка, лінійка	відрізний верстат по металу 827М
015		<u>Слюсарна</u> Гострі країки притупити, фаски 0,3×45°		шліфмашина Makita 9031	
020		Позиція 2 Фронтальна стінка – 2 шт. <u>Заготівельна</u> Розмітити, рубати деталь з розмірами 45×700, товщиною 10 мм	Лист 10	рисувалка, лінійка	гільотинний ножиці НЗ121
030		Позиція 3 Ребро жорстоксті бічне– 12 шт. <u>Заготівельна</u> 1 Розмітити, рубати деталь з розмірами (35×242) мм, товщиною 6 мм 2 Гострі країки притупити, фаски 0,3×45° 3 Розмітити 2 скоси (8х8) мм	Лист 6	рисувалка, лінійка шліфмашина Makita 9031	гільотинний ножиці НЗ121

Продовження таблиці 18

035	1 2 3	<u>Фрезерна</u> Встановити і закріпити у лещата Фрезерувати скоси згідно розмітки з переустановкою Зняти деталь	Лист 6		фрезерний станок 6P82
040		<u>Слюсарна</u> Гострі країки притупити, фаски 0,3×45°		шліфмашина Makita 9031	
045		Позиція 4 Ребро жорстоксті проміжне – 5 шт. <u>Заготівельна</u> Розмітити, а потім рубати лист (180×40×6) мм	Лист 6	рисувалка, лінійка	гільотинні ножиці H3121
050		<u>Слюсарна</u> Гострі країки притупити, фаски 0,3×45°		шліфмашина Makita 9031	
055		Позиція 5 Пластина під виріз – 4 шт. <u>Заготівельна</u> Розмітити, а потім відрізати лист (170×85×6) мм	Лист 6	рисувалка, лінійка	гільотинні ножиці H3121

Продовження таблиці 18

060		Позиція 6 Проміжна пластина – 2 шт. <u>Заготівельна</u> Розмітити, а потім відрізати лист (170×85×6) мм	Лист 6	рисувалка, лінійка	гільотинні ножиці НЗ121
065		<u>Слюсарна</u> Гострі країки притупити, фаски 0,3×45°		шліфмашина Makita 9031	
070		Позиція 7 Лист з рифленням – 3 шт. <u>Заготівельна</u> Розмітити, а потім відрізати лист з рифленням (2926×210×6) мм	Лист рифлений 6	рисувалка, лінійка	гільотинні ножиці НЗ121
075		<u>Слюсарна</u> Гострі країки притупити, фаски 0,3×45°		шліфмашина Makita 9031	
080		Позиція 8 Основа – 1 шт. <u>Заготівельна</u> Розмітити, а потім відрізати лист (2955×700×6) мм	Лист 6	рисувалка, лінійка	гільотинні ножиці НЗ121

Продовження таблиці 18

085		<u>Слюсарна</u> Гострі крайки притупити, фаски 0,3×45°	Лист 6	шліфмашина Makita 9031	
090		Позиція 9 Втулка – 4 шт. <u>Заготівельна</u> Трубу 60×5 розмітити та порізати на деталі довжиною L=40 мм	Труба 60×5	рисувалка, лінійка	відрізний верстат по металу 827М
095		<u>Слюсарна</u> Гострі крайки притупити, фаски 0,3×45°	Труба 60×5	шліфмашина Makita 9031	
100	1	Плита перекриття – 1 шт. Деталь відповідального призначення. <u>Зварювальна</u> Зварювання напівавтоматичне, в середовищі суміші Ar 75% + CO ₂ 25%	Зв. дрiт. обмiд. Св- 08Г2С Ø1,6 мм		Джерело живлення ВДУЧ-350
	2	Скомплектувати деталі за специфікацією. Іржа, змащувальні матеріали в зоні	Розчинник №646 Ганчір'я технічне		Напівавтомат А-547-4 Ум Автомат А- 1406 Глагольний візок ГТ-2

Продовження таблиці 18

		шва не допускаються			
	3	Деталі знежирити 646 розчином та ретельно протерти сухим чистим ганчір'ям			
	4	Зварювання виконувати на двостояковому кантувачі КПЦ-4000			
	5	Деталі плити, окрім тих, що виготовлені з рифленого листа, виставити на столі згідно з складальним кресленням і з'єднати між собою на прихватках	Зв. дріт. обмід. Св-08Г2С Ø1,6 мм		Джерело живлення ВДУЧ-350
	6	Першими заварити поперечні шви, після цього поздовжні	Розчинник №646		Напівавтомат А-547-4 Ум
	7	Після зварювання металоконструкції, роботу представити майстру відділу контролю якості	Ганчір'я технічне		Автомат А-1406
	8	Дефекти формування швів не допускаються			Глагольний візок ГТ-2

Продовження таблиці 18

105	1 2 3	<u>Слюсарна</u> Гострі країки притупити, фаски 0,3×45° Розмітити та сверлити в конструкції та двох рифлених листах 4 отв Ø60 мм, для конструкції L=40 мм Гострі країки притупити, фаски 0,3×45°	Лист рифлений 6, плита перекриття	рисувалка, лінійка, шліфмашина Makita 9031, свердла Ø10, Ø20, Ø30, Ø40, Ø50, Ø60	вертикально-свердлильний верстат 2A125
110		<u>Слюсарна</u> Вставити втулки поз.9 в отвори	Втулка	Вставні пальці	
115	1 2	<u>Зварювальна</u> Приварити втулки поз. 9 до поз. 4 Приварити втулки поз. 9 до поз. 1	Зв. дрiт. обмiд. Св-08Г2С Ø1,6 мм		Джерело живлення ВДУЧ-350 Напівавтомат А-547-4 Ум
120	1	<u>Фарбувальна</u> Внутрішню поверхню металоконструкції зачистити під покриття	Грунт ПФ-021, Емаль ПФ-115 сіра		Фарбопульт СО-71В

Продовження таблиці 18

	2	Фарбувати зварену плиту			Фарбопульт СО-71В
	3	Гладку сторону рифлених листів зачистити та пофарбувати	Грунт ПФ-021, Емаль ПФ-115 сіра		
	4	Покрити грунтом ГФ-021, покриття двошарове			
	5	Просушити протягом 24 год. на повітрі			
125		<u>Зварювальна</u>			
	1	Встановити рифлені листи в поз.6. Виконати зварювання листів до металоконструкції фарбованою стороною всередину	Зв. дріт. обмід. Св-08Г2С Ø1,6 мм		Джерело живлення ВДУЧ-350
	2	Після зварювання, роботу представити майстру відділу контролю якості			Автомат А-1406 Глагольний візок ГТ-2
130		<u>Фарбувальна</u>			
	1	Зварену металоконструкцію	Грунт ПФ-021, Емаль ПФ-115 сіра		Фарбопульт СО-71В

Продовження таблиці 18

		вдруге пофарбувати			
	2	Покрити емаллю ПФ-115 сірою			
	3	Просушити протягом 24 год. на повітрі	Грунт ПФ- 021, Емаль ПФ-115 сіра		Фарбопульт СО-71В
	4	Роботу представити майстру відділу контролю якості			

3. ВИБІР ТА РОЗРОБКА СКЛАДАЛЬНО-ЗВАРЮВАЛЬНОЇ ОСНАСТКИ

3.1. Технічні вимоги до оснастки

Складально зварювальна оснастка – це сукупність механізмів, пристроїв та спеціального інструменту, необхідних для виконання наміченого технологічного процесу. Оснастка не виконує ніяких технологічних операцій, а лише сприяє їх виконанню і застосовується при виготовленні конкретних виробів або групи однотипних виробів.

Загалом, до оснастки висуваються певні вимоги: [17]

1. Точність складання в межах встановлених кресленням допусків;
2. Надійне закріплення зварювального виробу;
3. Можливість зварки в нижньому положенні;
4. Необхідна міцність та жорсткість елементів пристрою;
5. Виключення можливості заклинювання під дією зварювальних деформацій;
6. Вільне знімання виробу з пристрою;
7. Ремонтнопридатність (можливість швидкої зміни швидкозносуваних деталей та відновлення точності пристрою);

Намагатимемось досягнути використання складальних пристосувань, котрі покращать якість складання, а це в свою чергу покращить якість зварювання.

Конструкція оснастки повинна бути технологічною, надавати можливість складання з необхідною точністю, дозволяти орієнтацію поверхонь деталей, забезпечити можливість виконання послідовності, описаної в розділі 2.5.

3.2. Компонування складально-зварювального пристрою

В ході проходження переддипломної практики я ознайомився з технічним спорядженням, котре на базі практики використовується в якості складально-зварювального пристрою - столом зварника з двома швелерами, які прижимаються до виробу за допомогою болтів.

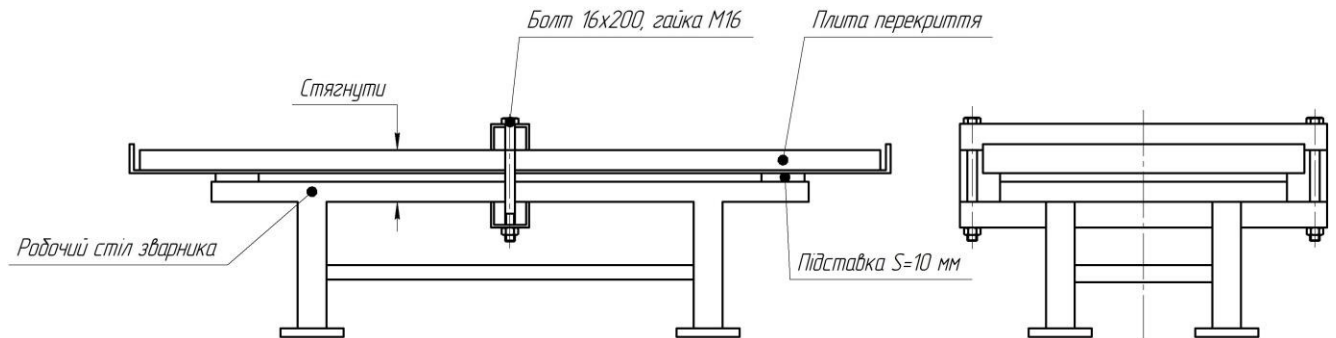


Рисунок 3 - Складально-зварювальний стенд на базі практики

Для підвищення продуктивності, якості складання, а відповідно і зварювання запропонуємо варіант зварювання в стенді (на рамі), що включає в собі упори, притискачі і фіксатори, встановленому в двостояковий кантувач з підйомними центрами. Використання двостоякового кантувача дозволить виконувати поздовжні кутові шви в положенні РА (у човник); зменшить навантаження на зварника, що покращить якість зварювання, оскільки зварювання більшої частини виробу здійснюватиметься вручну (через відносно незначні внутрішні розміри швів, що при автоматизованому зварюванні відніматиме занадто багато часу, з огляду на постійне переналаштовування механізму).

Для складання, деталі встановлюються на стенд, вкладаються по упорам і закріплюються притискачами. Деталі складальної одиниці створюють систему замкнених розмірів, створюючи розмірний ланцюг. Для фіксації втулки застосуємо вставні циліндричні пальці, які встановлюються в отвори.

Двостояковий кантувач з підйомними центрами простий за конструкцією, дозволяє обрешання виробу на 360° з фіксацією під будь-яким кутом. Кантувач версії, де одна стійка холоста, а інша привідна.

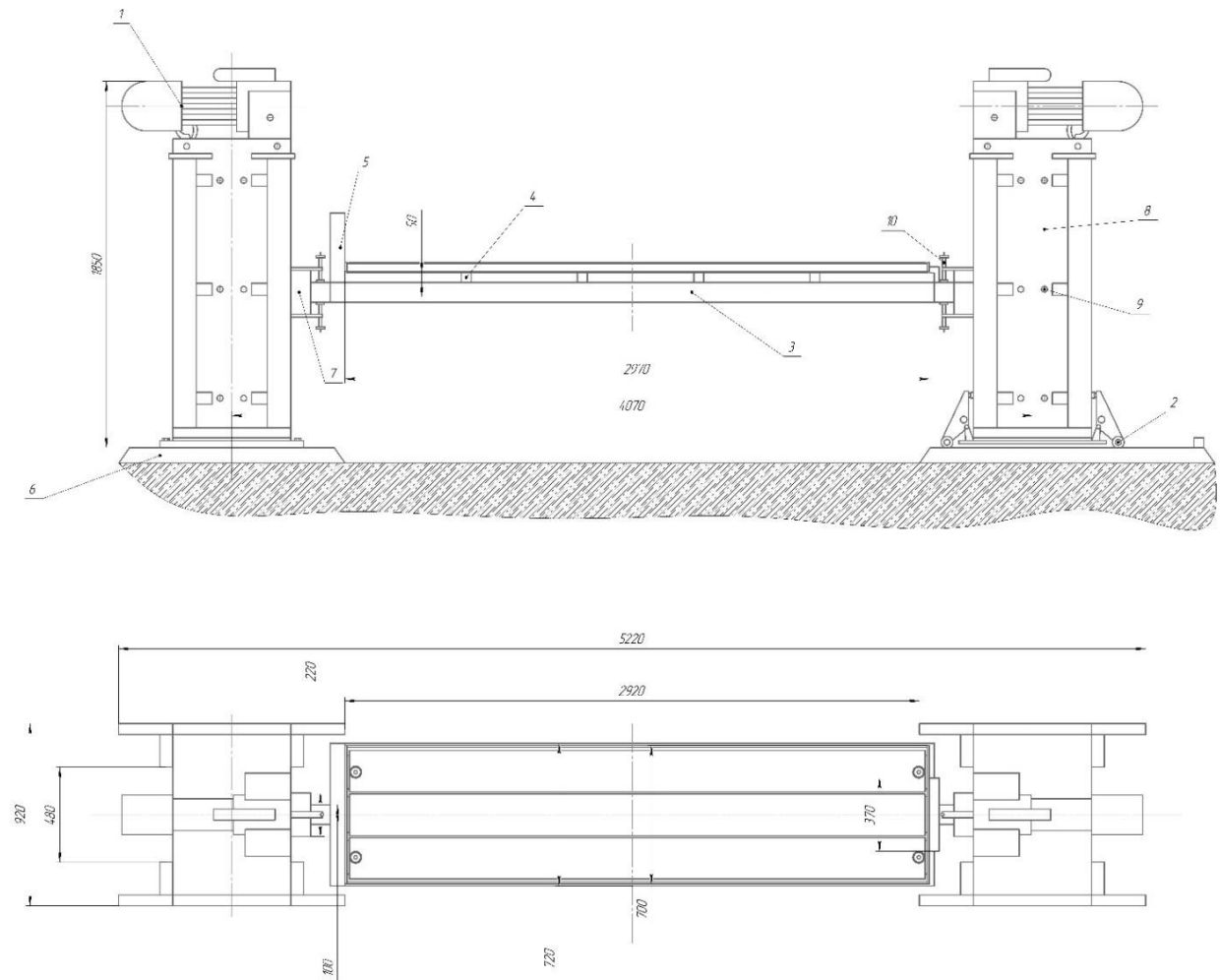


Рисунок 4 - Загальний вигляд кантувача з підйомними центрами КПЦ-4000

1 – електродвигун; 2 – колесико; 3 – стенд; 4 – підставка; 5 – опора; 6 – рама стаціонарного кантувача; 7 – підйомний центр; 8 – корпус пересувного кантувача; 9 – заклепки, 10 – механізм закріплення.

Таблиця 19 - Технічні характеристики кантувача з підйомними центрами КПЦ-4000 [18]

Максимальна вантажопід'ємність, кг	Робочий вертикальний хід, мм	Висота осі обертання, мм	Швидкість підйому, м/хв	Швидкість обертання, м/хв	Маса, кг
4000	1000	750-1750	1,6	2	3450

3.3. Обґрунтування вибору основного технологічного (зварювального) обладнання

Для виконання прихопок і зварювання використовується зварювальний напівавтомат А-547-4 Ум, який призначений для напівавтоматичного зварювання в середовищі захисного газу. Він оснащений системою управління, яка дозволяє налаштовувати необхідні параметри режиму. Апарат підтримує можливість роботи з різними діаметрами і типами дроту, що додає йому універсальності та дозволяє використовувати його для різноманітних зварювальних робіт. А-547-4 Ум відзначається простотою в експлуатації та обслуговуванні, що робить його зручним у використанні навіть для зварювальників з середнім рівнем кваліфікації. Його ергономічний дизайн забезпечує комфортну роботу протягом тривалого часу, а вбудовані захисні функції підвищують безпеку при використанні обладнання. Технічні характеристики наведено у вигляді таблиці 20.

Таблиця 20 - Технічні характеристики напівавтомату А-547-4 Ум [19]

Напруга живильної мережі	380 В, 50 Гц
Зварювальний струм	Постійний, від 40 до 315 А
Потужність двигуна механізму подачі дроту	130 Вт
Зварювальна напруга, В	Від 16 до 32
Допустимий діаметр дроту для зварювання, мм	
- цілісним дротом	Від 0,8 до 1,6
- порошковим	Від 1,2 до 2,0
Швидкість подачі дроту, м/год	Від 30 до 700
Витрата газу, л/хв	15
Габарити, мм	320x282x131
Маса, кг	10

Для зварювання поздовжніх швів між КЕ 1 і КЕ 3, КЕ 3 і КЕ 6, а також між КЕ 1 і КЕ 2, буде використана зварювальна головка А-1406, яка застосовується для автоматизованого зварювання в середовищі захисних газів або під флюсом.

Автомат складається з механізму подачі з мундштуком, який через підвіску і супорт встановлюється до каретки. Головка встановлюється на консолі, що забезпечує переміщення вздовж виробу. Піднімається та опускається головка разом із катушкою для електродного дроту електроприводом. Механізм подачі з мундштуком переміщається у поперечному напрямку супортом за допомогою електродвигуна. У мундштуку головки передбачено підведення газу та води для охолодження. Технічні характеристики розглянуті у таблиці 21

Таблиця 21 - Технічні характеристики автомату А-1406 [20]

Напруга мережі живлення, В	220 або 380
Номинальний зварювальний струм при ПВ = 60%, А	500
Діаметр електродного дроту, мм	1.2-2 2,0-3,0
Швидкість подачі електродного дроту, м/год	7-37
Вертикальний хід головки, мм	250
Швидкість вертикального переміщення, м/хв	0,5
Витрата води для охолодження, л/хв	10
Коригування електрода поперек шва, мм	±50
Габаритні розміри автомата, мм	280x700x1295
Маса, кг	515

Як джерело живлення напівавтомата А-547-4 Ум та автомата А-1406, пропонується випрямляч ВДУЧ-350. Випрямляч ВДУЧ-350 призначений для живлення зварювального обладнання постійним струмом. Цей апарат широко використовується в промисловості для різних типів зварювання, включаючи ручне

дугове зварювання, а також для автоматичних і напівавтоматичних процесів зварювання. Пристрій має стабільні вихідні характеристики, що дозволяє досягти високої якості зварювальних швів. Він оснащений системою плавного регулювання зварювального струму, що дає змогу точно налаштовувати параметри зварювання. Завдяки вбудованим засобам захисту від перевантажень, коротких замикань та перегріву, випрямляч ВДУЧ-350 забезпечує високу безпеку під час експлуатації. Система охолодження апарату ефективно підтримує оптимальну робочу температуру, що сприяє підвищенню його надійності та тривалості безперервної роботи. ВДУЧ-350 простий у використанні і не вимагає складного технічного обслуговування. Компактні розміри та мобільність випрямляча дозволяють легко транспортувати його та використовувати в різних робочих зонах. Технічні характеристики випрямляча ВДУЧ-350 подано у вигляді таблиці 22.

Таблиця 22 - Технічні характеристики випрямляча ВДУЧ-350 [21]

Модель	ВДУЧ-350 МАГ
Напруга живлення	380 В, 50 Гц
Діапазон зварювального струму, А	-
Діапазон зварювальної напруги, В	16-33
Споживча напруга, кВт, не більше	14
Напруга холостого ходу, В	30-45
Понижена напруга холостого ходу, В, не більше	12
Зварювальний струм при ПН 60%, А	350
ПН 100%, А	210
ККД, %, не менше	80
Маса, кг	50
Габарити, мм	540x280x563
Температура навколишнього середовища, °С	від -40 до +40
Кліматичне виконання	У3

Для забезпечення переміщення зварювальної головки та необхідної швидкості зварювання, беручи до уваги довжину і прямолінійність швів, оберемо глагольний візок ГТ-1.

Глагольні візки мають перевагу, оскільки для їх переміщення необхідна лише одна рейка (горизонтальна рейка для кріплення для стіни непотібна), на відміну від велосипедних візків. Проте вони мають більші діаметри коліс, потребують більш потужного двигуна та займають більшу виробничу площу.

Візок ГТ-1 для несамохідних зварювальних апаратів (рисунок 5) складається з платформи 9, стійки 8, каретки 7, консолі 5 та трьох електроприводів – для пересування візка, вертикального та горизонтального переміщення консолі. Візок переміщується на котках 12 за допомогою електродвигуна 11 через редуктор 10. Зубчаста та черв'ячна передачі, встановлені на платформі.

Візок може переміщуватися з робочою та маршовою швидкостями. Робоча швидкість регулюється зміною числа обертів електродвигуна постійного струму за допомогою реостату. Перемикання з робочої швидкості на маршову здійснюється за допомогою електромагнітної муфти з дистанційним керуванням.

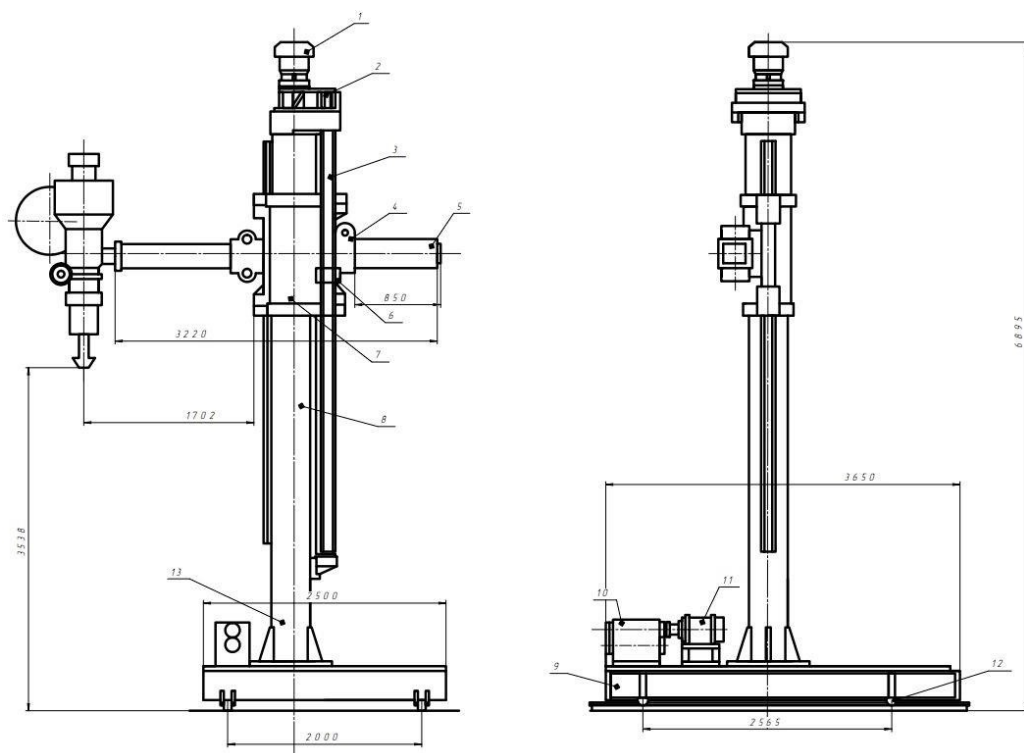


Рисунок 5 - Глагольний візок ГТ-1

Вертикальне переміщення каретки з консоллю здійснюється від електродвигуна 1 через двоступінчасту зубчасту передачу 2, ходовий гвинт 3 і гайку 6, закріплену на каретці. Каретка переміщується по вертикальних напрямних стійки на чотирьох роликах. Горизонтальне переміщення консолі по роликах напрямної 4 здійснюється від електродвигуна через двоступінчасту зубчасту передачу, ходовий гвинт і гайку, укріплену на напрямній. Візок ГТ-1 може повертатися навколо вертикальної осі на 360 градусів на основі 13. Для закріплення стійки в основі використовується фрикційний затискач.

3.4. Розрахунок глгольного візка

Вхідні дані: $m=3000$ кг, $L=700$ мм, $L_1=1500$ мм, $L_3=850$ мм, $L_4=400$ мм, $R_1=110$ мм, $h=80$ мм, $L_5=200$ мм, $L_6=280$ мм, $b=85$ мм, $\psi=0,12$.

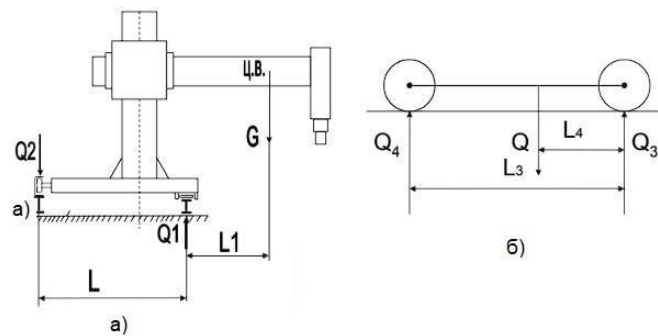


Рисунок 6 - Схема дії сил глгольного візка. а – на виді спереду, б – на виді збоку

Вага конструкції: $G=9,8 \cdot m=9,8 \cdot 3000=2,94 \cdot 10^4$ Н.

Вертикальні реакції ходових коліс:

$$Q_1 = G \cdot (L + L_1) / L = 2,94 \cdot 10^4 \cdot (700 + 1500) / 700 = 9,24 \cdot 10^4 \text{ Н},$$

$$Q_2 = G \cdot L_1 / L = 2,94 \cdot 10^4 \cdot 1500 / 700 = 6,3 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Реакція Q_1 буде розподілятися між приюдними колесами в залежності від місця розташування колони на платформі:

$$Q_3 = Q_1 \cdot (L - L_4) / L_3 = 9,24 \cdot 10^4 \cdot (850 - 400) / 850 = 4,892 \cdot 10^4 \text{ Н},$$

$$Q_4 = Q_1 \cdot L_4 / L_3 = 9,24 \cdot 10^4 \cdot 400 / 850 = 4,348 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Розрахунок механізму переміщення візка

Метою розрахунку є діаметри валів холостого та приводного коліс та потужність приводного електродвигуна.

Оберемо ходові колеса з циліндричним ободом, такі колеса забезпечують лінійний контакт колеса з рейкою. Приводні колеса мають реборди для виключення сходження колеса з рейки.

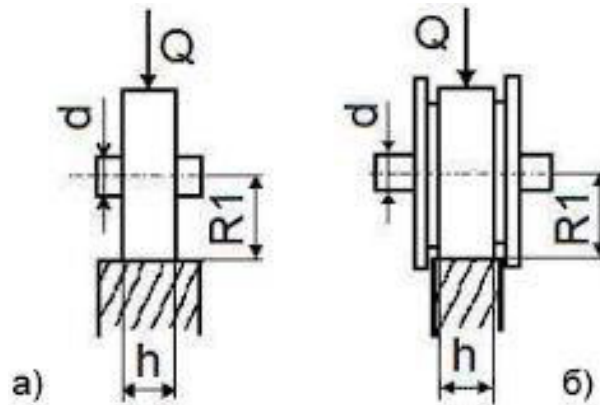


Рисунок 7 - Схеми ходових коліс візка. а – холостих, б – приводних

Аналізуючи результати розрахунків реакцій, приходимо до висновку, що опорні реакції коліс однакові. В подальших розрахунках використовуємо значення реакцій $Q_3=Q$.

Визначимо ефективні лінійні напруження в місці контакту колеса з рейкою:

$$\sigma_{\text{л}} = 0,167 \cdot K_f \cdot \sqrt{\frac{P \cdot K_H \cdot E}{R_1 \cdot h}} = 212 \text{ МПа},$$

де $K_f=1,1$ – коефіцієнт, враховуючий вплив тангенційних сил тертя;

$K_H=1,2$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження по ширині рейки

P – максимальне навантаження на обод колеса. В нашому випадку $P=Q_3$;

E – приведений модуль пружності, $E = \frac{2 \cdot E_1 \cdot E_2}{E_1 + E_2} = 1,995 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Приведений модуль пружності визначається в залежності від матеріалу колеса E_1 та голови рейки E_2 .

Прийmemo, $E_1=2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$, $E_2=1,9 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Контактні напруження не повинні перевищувати величину допустимих напружень. При середньому режимі роботи і терміні експлуатації 10 років допустимі контактні напруження визначаються по твердості поверхні обода, яка повинна бути не менше ніж 2400 МПа.

$$\sigma_d = 480 \text{ МПа} > \sigma_{\text{л}} = 212 \text{ МПа};$$

Умова виконується.

Визначення діаметрів валів ходових коліс

Спочатку розглянемо холосте колесо. Вісь колеса можемо розглядати як двохопорну шарнірну балку, яка навантажена силою в середині прольоту.

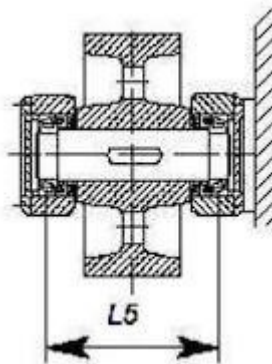


Рисунок 8 - Кріплення холостого колеса на валу

Згинальний момент:

$$M_{\text{зг}_x} = \frac{Q_2 \cdot L_5}{4} = \frac{6,3 \cdot 10^4 \cdot 0,2}{4} = 3,15 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Діаметр валу холостого колеса по величині згинального моменту, враховуючи, що величина допустимих напружень на згин $\sigma_d = 80 \text{ МПа}$:

$$d_x = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{\text{зг}_x}}{\pi \cdot \sigma_d \cdot 10^6}} = 0,074 \text{ м}.$$

Розрахунок приводного колеса проведемо згідно розрахункової схеми:

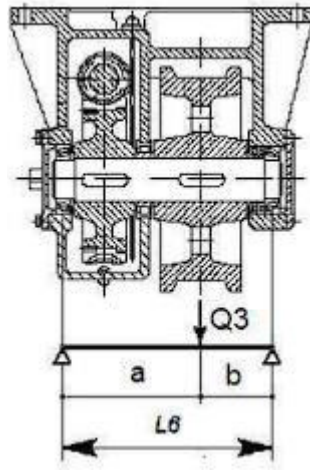


Рисунок 9 - Схема дії зусиль на приводному колесі

На вал діє сила опорної реакції Q_3 та крутний момент $M_{кр}$. Діаметр валу визначаємо по еквівалентному моменту:

$$d_x = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{екв}}{\pi \cdot \sigma_D \cdot 10^6}},$$

$$M_{екв} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_{зг_пр}^2}.$$

Згинальний момент визначаємо за формулою, вважаємо $a=200$ мм:

$$M_{зг_пр} = Q_3 \cdot \frac{a \cdot b}{a + b} = 4,892 \cdot 10^3 \cdot \frac{200 \cdot 85 \cdot 10^{-3}}{200 + 85} = 2,918 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент: $M_{кр} = W_T \cdot R_1$,

де W_T – сила спротиву одного колеса пересуванню візка:

$$W_T = Q \cdot \frac{d_{пр} \cdot f_p + 2\mu_k \cdot k_p}{2 \cdot R_1},$$

де $f_p=0,015$ – коефіцієнт тертя у вальницях кочення;

$\mu_k=0,3$ – коефіцієнт тертя кочення колеса;

$k_p=2,5$ – коефіцієнт, враховуючий тертя у ребордах колеса.

В цьому виразі невизначеним є діаметр вала колеса. Скористуємося методом послідовних наближень. В першому наближенні знехтуємо крутним моментом $M_{кр1}=0$

$$M_{екв} = \sqrt{M_{кр}^2 + M_{зг_пр}^2} = M_{зг_пр} = 2,918 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Діаметр валу у першому наближенні:

$$d_{np1} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{екв}}{\pi \cdot \sigma_D \cdot 10^6}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2,918 \cdot 10^3}{\pi \cdot 80 \cdot 10^6}} = 0,072 \text{ м.}$$

Прийmemo діаметри валів, а також опорні вальниці однаковими для всіх коліс.

Сумарне зусилля спротиву пересування візка:

$$W_{T1} = Q_2 \cdot \frac{d_{np1} \cdot f_p + 2\mu_k}{2 \cdot R_1} + k_p \cdot (Q_3 + Q_4) \cdot \frac{d_{np1} \cdot f_p + 2\mu_k}{2 \cdot R_1} = 6,3 \cdot 10^4 \cdot \frac{0,072 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,3}{2 \cdot 110} + 2,5 \cdot (4,892 \cdot 10^4 + 4,348 \cdot 10^4) \times \frac{0,072 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,3}{2 \cdot 110} = 803,26 \text{ Н.}$$

В другому наближенні крутний момент дорівнюватиме:

$$M_{кр} = W_{T1} \cdot R_1 = 803,26 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 88,36 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Еквівалентний момент:

$$M_{екв2} = \sqrt{M_{кр2}^2 + M_{зг_нр}^2} = \sqrt{88,36^2 + 2918^2} = 2,92 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Діаметр валу у другому наближенні:

$$d_{np2} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{екв2}}{\pi \cdot \sigma_D \cdot 10^6}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 2,92 \cdot 10^3}{\pi \cdot 80 \cdot 10^6}} = 0,072 \text{ м;}$$

Значення діаметру не змінилось, розрахунок припиняємо.

З ряду нормальних лінійних розмірів оберемо розмір $d_B = 80 \text{ мм}$.

Визначаємо зусилля, необхідне для пересування візка під час прискорення.

Приймаємо прискорення $a = 0,01 \text{ м/с}^2$.

$$W_{T2} = Q_2 \cdot \frac{d_B \cdot f_p + 2\mu_k}{2 \cdot R_1} + k_p \cdot (Q_3 + Q_4) \cdot \frac{d_B \cdot f_p + 2\mu_k}{2 \cdot R_1} = 6,3 \cdot 10^4 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,3}{2 \cdot 110} + 2,5 \cdot (4,892 \cdot 10^4 + 4,348 \cdot 10^4) \times \frac{0,08 \cdot 0,015 + 2 \cdot 0,3}{2 \cdot 110} = 2,405 \cdot 10^3 \text{ Н,}$$

$$W_{роз} = W_{T2} + G \cdot \frac{a}{9,81} = 2,435 \cdot 10^3 \text{ Н.}$$

Виконаємо перевірку запасу зчеплення коліс з рейкою. Перевірку проведемо для сталого руху та під час прискорення:

$$K_{зч} = \frac{\psi \cdot Q_{\min}}{W_{T2}}, K_{зчроз} = \frac{\psi \cdot Q_{\min}}{W_{роз}};$$

Перевірку запасу зчеплення треба проводити для мінімального значення реакції на приводних колесах. В нашому випадку $Q_{\min}=Q_4$.

$$K_{зч} = \frac{\psi \cdot Q_{\min}}{W_{T2}} = \frac{0,12 \cdot 4,348 \cdot 10^4}{2,405 \cdot 10^3} = 2,17 > 2,$$

$$K_{зчроз} = \frac{\psi \cdot Q_{\min}}{W_{роз}} = \frac{0,12 \cdot 4,348 \cdot 10^4}{2,435 \cdot 10^3} = 2,14 > 2.$$

Умова виконується.

Потужність приводного двигуна визначимо по сумарному зусиллю спротиву пересування візка:

$$N_{д} = \frac{W_T \cdot V}{\eta_{пр}} = \frac{2,405 \cdot 10^3 \cdot 0,3}{0,6} = 1203 \text{ Вт},$$

де $\eta_{пр}=0,6$ – загальний ККД приводу;

$V=0,3$ м/с – швидкість підйому.

Можемо обрати двигун АІР80А2 з потужністю 1,5 кВт.

4. ПЛАНУВАННЯ КОМПЛЕКСНО-МЕХАНІЗОВАНОЇ ДІЛЬНИЦІ СКЛАДАННЯ-ЗВАРЮВАННЯ

4.1. Характеристика складально-зварювальних виробничих площ

Комплексно-механізована дільниця складання-зварювання — це виробнича одиниця, що спеціалізується на виконанні операцій складання та зварювання виробів.

Технологічне планування виробничих площ - обов'язкова складова проектів створення або модернізації зварювального виробництва. Зварювальне виробництво являє собою соціотехнічну систему. Елементами такої системи є персонал, обладнання, будівлі, споруди, засоби комунікації та транспортування.

Як правило, зварювальне виробництво, входить до складу підприємства і нерозривно взаємодіє з механообробним, ковальсько-пресовим, заготівельним, металургійним, ливарним, ковальсько-штампувальним, механоскладальним та іншими виробництвами отримуючи від них зварювані деталі і передаючи їм зварні вузли.

До основних процесів зварювального виробництва відносять процеси перетворення сировини (зварювані деталі) на продукцію (зварні вироби) за прийнятими технологіями. Основні процеси надають руху матеріальним потокам перетворення деталей в зварні вироби з використанням зварювальних матеріалів. Крім процесу зварювання, характерними і основними для зварювального виробництва є процеси підготовки крайок під зварювання, складання з'єднань під зварювання, контролю тепловкладень в процесі зварювання, термічної обробки зварних з'єднань, очищення і обробки поверхонь зварних з'єднань, транспортування комплектуючих і виробів. Для реалізації цих процесів використовують відповідне обладнання: джерела живлення, зварювальні апарати, подавальні механізми, напівавтомати, автомати, роботи, маніпулятори, обертачі, кантувачі, індуктори, печі, пальники, фрезерні верстати, гільйотинні ножиці, вальці, столи та підйомно-транспортні машини і механізми, тощо.

Технічне проєктування складально-зварювальної дільниці є важливим з багатьох причин. Воно включає в себе розробку комплексу конструкторських та технологічних документів, які формують основу для побудови виробничої системи. Ось ключові аспекти важливості цього процесу:

- Рациональне використання площі. Проєктування спрямоване на ефективне використання виробничих площ, забезпечуючи оптимальне розташування обладнання, зон складування та робочих місць. Це дозволяє зменшити непотрібні переміщення матеріалів та підвищити загальну ефективність роботи дільниці;
- Оптимізація логістики. Правильне компонування цеху забезпечує мінімізацію транспортних шляхів для деталей і вузлів, уникнення зустрічних потоків і створення зручних умов для транспортування. Це знижує час та витрати на переміщення компонентів і покращує загальну продуктивність;
- Дотримання санітарних та архітектурних норм. Проєктування враховує необхідність дотримання санітарних норм та архітектурних вимог, що є важливим для забезпечення безпечних і комфортних умов праці для працівників;
- Забезпечення гнучкості та масштабованості. Добре спроектована складально-зварювальна дільниця дозволяє легко адаптувати виробничі процеси до змін у виробничих потребах та обсягах. Це забезпечує гнучкість у відповіді на ринкові вимоги та сприяє довгостроковій стійкості підприємства.

Задача з планування дільниці складання-зварювання вирішується в наступній послідовності:

1. Визначення типу виробництва. Одиначне, дрібносерійне, серійне або масове виробництво, що визначає підхід до планування дільниці (технологічний або предметний принцип формування цехів).
2. Проєктування компонувальної схеми цеху. Вибір раціональної схеми компонування (поздовжньо-поперечний, хвильовий, петльовий напрямки

виробничого потоку) з урахуванням специфіки виробництва та вимог до обладнання.

3. Розробка технологічного плану. Включає схеми розташування виробничих дільниць, транспортних засобів, систем вентиляції, енергопостачання та інших допоміжних систем.
4. Розрахунок необхідних площ. Визначення площ для основних та допоміжних дільниць, включаючи склади металу, деталей, напівфабрикатів та готової продукції.
5. Підбір та розташування обладнання. Вибір обладнання з урахуванням його технологічних характеристик, потужності та необхідності в механізації та автоматизації виробничих процесів.
6. Перевірка дотримання санітарних та архітектурних норм. Забезпечення відповідності проекту санітарним нормам та архітектурним вимогам для створення безпечних та комфортних умов праці.

Таким чином, планування дільниці складання-зварювання є багатоступеневим процесом, який включає аналіз потреб виробництва, розробку оптимальної схеми розташування та підбір відповідного обладнання для забезпечення ефективного та безпечного виробництва. [22]

4.2. Планування дільниці для складання-зварювання плити перекриття

Перевіримо відповідність заданого (дрібносерійного) типу виробництва з таблицею 1 [23, стр.9].

$$M=1000 \cdot 235=235 \text{ т.}=0,235 \text{ тис.т.,}$$

де M – річний випуск плити перекриття в масовому еквіваленті;

$m_k=235$ кг - маса одного комплексу зварних виробів (плити перекриття);

$N=1000$ шт. – прогнозований річний випуск зварних виробів.

За річною масою випуску та кількістю виробів відповідає дрібносерійне виробництво. Отже, виріб виробляється в умовах дрібносерійного виробництва.

Одиничне і дрібносерійне виробництво характеризуються великою, нестійкою номенклатурою виробів. Використовують універсальне обладнання, переналагоджуване оснащення спрощеної конструкції з ручним подаванням заготовок. Закріплення заготовок і деталей за устаткуванням відсутнє, використовується загальноцеховий транспорт.

Оскільки тип виробництва дрібносерійний, в проектуванні переважатиме технологічний принцип формування цехів над предметним. Це означає, що в складі підприємства організовують самостійний складально-зварювальний цех або відділення.

Розрахуємо необхідну для ділянки складання та зварювання кількість складально-зварювального обладнання, що працює у самостійному режимі, має дійсний змінний фонд робочого часу $F_y = 7,5$ годин для кожної одиниці, за маршрутною технологією.

Для складально-зварювальної операції (зварювання в суміші $Ar\ 75\% + CO_2\ 25\%$ на стенді, закріпленому в двостояковий кантувач) передбачена розрахункова верстатомісткість $T_p = 5$ ст.год. Враховуючи кількість закріплених вузлів за обладнанням, тривалість налагодження устаткування $T_n = T_p \cdot 5\% = 5 \cdot 0,05 = 0,25$ ст.год. Сумарна верстатомісткість $T_c = T_p + T_n = 5 + 0,25 = 5,25$ ст.год. Розрахункову кількість обладнання знайдемо за формулою:

$$M_p = T_c / F_y = 5,25 / 7,5 = 0,7, \text{ округлюємо до найближчого цілого числа,} \\ \text{отже } M_p = 1 \text{ шт.}$$

Необхідно забезпечити виробничу площу для складів і обладнання: ковадло (2 шт), гільйотинні ножиці Н3121 (1 шт), відрізний верстат 827М (1 шт), вертикально-свердлильний верстат 2А125 (1 шт), горизонтально-фрезерний верстат 6Р82 (1 шт), кантувач КПЦ-4000 (1 шт), контрольний стіл (3 шт).

Для забезпечення виробництва в складально-зварювальному цеху необхідні: зварник (1 особа), слюсар (3 особи), фрезерувальник (2 особи), працівник відділу

контролю якості (2 особи), допоміжний робочий (3 особи), інженерно-технічний працівник (1 особа).

Отже, загальна кількість працюючих на зміні – 12 осіб.

Прийmemo стандартні розміри для ширини прольоту в 24 м і відстань між колонами в 12 м. та розмістимо обладнання, відповідно до послідовності операцій технологічного процесу складання та зварювання і з врахуванням норм технологічного проектування.

Проведемо розрахунки для складських для визначення необхідних площ під складські потреби, враховуючи заплановану швидкість виробництва $v=1$ од./год.

Темп виробництва: $q=0,001 \cdot v \cdot m_k=0,001 \cdot 235 \cdot 1=0,24$ т/год.

Приймаємо норму запасу для складу металу, проміжного складу та складу готових виробів в 6 змін з завантаженістю 1 т/м^2 . При доступному часі у зміні 7,5 годин, необхідні місця для складування металу, напівфабрикатів та готових виробів кожне з корисною площею: $F_n=0,24 \cdot 7,5 \cdot 6/0,4=27 \text{ м}^2$.

З врахуванням допоміжної площі 50% отримаємо $40,5 \text{ м}^2$ сумарно на кожне з трьох місць зберігання.

Для візків залишено два проїзди шириною по 2,5 м кожний. Для переміщення металу та піддонів з деталями, вузлами, виробами діляниця оснащена мостовим краном (5 т, 24 м).

За умови одноповерхової будівлі, обладнаної мостовим краном загального призначення, вибираємо мінімально можливу висоту до низу перекриття – 8,4 м і відповідно цьому значенню висоту до відмітки основи рейки підкранового шляху – 6,15 м.

Загальний об'єм приміщення: $8,4 \cdot 24 \cdot 12 \cdot 3=7257,6 \text{ м}^3$.

Санітарно мінімально необхідний на 12 осіб об'єм приміщення (з розрахунку 15 м^3 на особу): $12 \cdot 15=180 \text{ м}^3$, що набагато менший ніж фактичний об'єм приміщення. Відстань між обладнанням та колонами, проїзди, проходи повинні відповідати архітектурним нормам [23, стр.34].

5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

5.1. Стартап як форма підприємництва

Стартап проєкт представляє собою вид малого ризикового (венчурного) підприємництва, який став дуже популярним упродовж останнього десятиліття. Зниження бар'єрів для виходу на ринок, зокрема завдяки Інтернету, сприяло зростанню числа стартапів. Інтернет забезпечує легший доступ до споживачів та інвесторів, а також спрощує пошук ресурсів і вихід на міжнародні ринки. [24]

Стартапи є важливою складовою інноваційної економіки завдяки своїй мобільності, гнучкості та здатності генерувати багато інноваційних ідей. Проте, вони також характеризуються високим рівнем ризику, лише невелика частка стартапів (від 10% до 20%) стає ринково успішними.

Багато відомих компаній розпочинали свою діяльність як стартапи. Ось деякі з них:

- Apple Inc., заснована Стівом Джобсом, Стівом Возняком і Рональдом Вейном у 1976 році, Apple починала як стартап у гаражі, де розробила перший персональний комп'ютер Apple I.
- Microsoft, Білл Гейтс і Пол Аллен заснували Microsoft у 1975 році як стартап, орієнтований на розробку програмного забезпечення для персональних комп'ютерів.
- Tesla, заснована Мартіном Ебергардом і Марком Тарпеннінгом у 2003 році, Tesla розпочала як стартап, що розробляє електромобілі. Пізніше до компанії приєднався Ілон Маск, що значно вплинуло на її розвиток.

Ці компанії є яскравими прикладами того, як стартапи можуть вирости в гігантів індустрії, змінюючи ринки та створюючи нові можливості.

З метою підвищення ймовірності успіху стартапу, рекомендується виконувати його проєктування. В рамках дипломного проєкту буде виконано перший етап проєктування – маркетинговий аналіз стартап-проєкту, який включатиме:

- Розробку опису ідеї проєкту та визначення напрямків використання потенційного продукту чи послуги.
- Аналіз ринкових можливостей для реалізації проєкту.
- Розробку стратегії виходу на ринок на основі аналізу ринкового середовища.

Очікується, що результати маркетингового аналізу стануть основою для успішного впровадження на ринку та прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо подальшого розвитку проєкту.

5.2. Маркетинговий аналіз стартап-проєкту з виготовлення плити перекриття

5.2.1. Опис ідеї проєкту

Метою стартап-проєкту є впровадження технології виробництва плити перекриття. Виріб може використовуватись: в транспортній інфраструктурі як складова ескалаторного полотна, виконуючи функції платформи, по якій переміщуються люди, та захисту зони приводу; в будівельній сфері в якості конструктивного елементу споруди. Розроблена технологія забезпечує необхідний рівень якості, відповідно і безпеки, при мінімальній собівартості

Деталізований опис ідеї стартап-проєкту з виготовлення плит перекриття наведемо у вигляді таблиці 23.

Таблиця 23 - Опис ідеї стартап-проєкту виготовлення плит перекриття

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Впровадження розробленої технології виробництва плити перекриття, яка забезпечить необхідний рівень якості при мінімальній собівартості.	Транспортна інфраструктура	Безпека, довговічність
	Будівництво	Надійність, жорсткість

Отже, згідно таблиці 23, попередньо, можна зробити висновок, що потенційними ринками збуту продукції будуть компанії, які займаються встановленням/ремонтom ескалаторів а також будівельні компанії.

5.2.2. Аналіз потенційних техніко-економічних переваг

Для оцінки конкурентноспроможності, проведемо порівняння переваг, для цього визначимо перелік техніко-економічних характеристик:

- Вартість обслуговування та експлуатації обладнання - це сукупність витрат, пов'язаних з використанням та підтримкою виробничого обладнання протягом його життєвого циклу;
- Обсяг виробництва - це кількість зварних виробів, яку здатне виготовити підприємство протягом певного періоду часу. Обсяг виробництва може вимірюватися поштучно або в масовому еквіваленті;
- Довговічність - це здатність зварного шва витримувати механічні навантаження, корозію та інші несприятливі фактори протягом тривалого періоду часу;
- Трудомісткість виготовлення - це загальна кількість часу та праці, необхідних для виготовлення зварного виробу. В основному трудомісткість виготовлення вимірюється в людино-годинах або нормо-годинах;
- Забезпечення герметичності конструкції – це здатність зварних швів та з'єднань бути непроникними для рідин, газів або інших речовин.
- Енергоефективність - це здатність обладнання та процесів використовувати енергію максимально ефективно. Це важливо для компаній, які займаються зварюванням, тому що енергоносії можуть становити значну частину їхніх витрат.
- Екологічність - це здатність виробничих процесів та обладнання мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

Визначившись з основними порівняльними характеристиками, окреслимо попереднє коло конкурентів, котрі займаються виготовленням подібних зварних конструкцій:

Євроформат Сталь — українське підприємство, що спеціалізується на виробництві металевих конструкцій. Входить до групи компаній “Євроформат”, яка має значний досвід у галузі металургії та будівництва. Підприємство займається виготовленням широкого спектру продукції для будівельних та промислових потреб.

Термастіл - є одним з провідних українських виробників металевих конструкцій, включаючи зварні коробчасті балки та інші види зварних двотаврових балок. Підприємство пропонує комплексні рішення для будівельних і промислових проєктів.

SSAB (Swedish Steel AB) — провідна скандинавська сталеливарна компанія, що спеціалізується на виробництві високоміцної сталі та металоконструкцій. Компанія має значний досвід і репутацію в інноваційному виробництві сталі, задовольняючи потреби різних галузей промисловості по всьому світу.

Переваги/недоліки ідеї проєкту в порівнянні з конкурентами представимо у вигляді таблиці 24.

Таблиця 24 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проєкту

№ п/п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конку- рентів			
		Мій Проект	Євроформат Сталь	Термастіл	SSAB
1.	Вартість обслуговування та експлуатації обладнання	N	N	S	W
2.	Обсяг виробництва	W	N	N	S
3.	Довговічність	S	N	W	N
4.	Трудомісткість виготовлення	S	W	W	N
5.	Забезпечення герметичності конструкції	S	N	N	S
6.	Енергоефективність	S	N	N	S
7.	Екологічність	N	W	W	S

де S (сильні): показники, що мають кращі значення, ніж у конкурентів;

N (нейтральні): показники, що мають аналогічні значення;

W (слабкі): показники, що мають гірші значення.

На підставі даних, представлених у таблиці 24, можна зробити висновок про те, що запропонована ідея має потенціал для конкурентоспроможності на ринку виробництва металоконструкцій. Ідея демонструє переваги за такими характеристиками: довговічність, трудомісткість виготовлення, забезпечення герметичності конструкції.

Слід зазначити, що показник обсягу виробництва наразі є дещо низьким. Цю характеристику можна покращити шляхом капіталовкладень у розширення виробничих потужностей та модернізацію обладнання.

В цілому, запропонована ідея має значний потенціал для успішної реалізації на ринку виробництва металоконструкцій.

5.2.3. Технологічний аудит ідеї проєкту

Проведемо технологічний аудит ідеї проєкту для встановлення наявності та доступності технологій, необхідних для виробництва.

Таблиця 25 - Технологічна здійсненність ідеї проєкту

Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Виробництво плити перекриття	135 спосіб зварювання (за ISO 4063).	Наявна	Доступна
	Використання механізованого оснащення для кантування конструкції.	Наявна	Доступна
	Ультразвукова перевірка якості виконання шва	Наявна	Доступна
	Технології заготівельного етапу	Наявна	Доступна
	Фарбування металевих поверхонь	Наявна	Доступна

На підставі даних, представлених у таблиці 25, можна зробити висновок про те, що реалізація стартап-проєкту є можливою з використанням наявних технологій.

5.2.4. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проєкту

Прогнозується динамічне зростання ринку, обумовлене наступними факторами:

- Зростання будівництва торгових центрів, офісних будівель та інших комерційних об'єктів. Цей фактор призведе до збільшення попиту на ескалатори та, відповідно, до зростання обсягів ринку;
- Збільшення інвестицій в інфраструктуру громадського транспорту. Впровадження нових станцій метрополітену, вокзалів та інших транспортних об'єктів стимулюватиме попит на ескалатори.

Зростання ринку ескалаторної техніки обумовить зростання потреби в обслуговуванні цих пристроїв.

Водночас, слід зазначити про наявність низки обмежень для входу на ринок:

- Політична та економічна нестабільність в Україні. Цей фактор може негативно впливати на інвестиційну привабливість ринку та ускладнювати ведення бізнесу;
- Високі капіталовкладення. Для успішного входу на ринок необхідні значні інвестиції для закупівлі обладнання, наймання кваліфікованого персоналу та розробку маркетингової стратегії.

Важливо ретельно оцінити ці фактори перед входом на ринок, попередню характеристику сегменту ринку наведемо у вигляді таблиці 26.

Таблиця 26 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	4
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	1000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає, в зв'язку з збільшенням кількості
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Інвестиції в закупівлю обладнання, наймання кваліфікованого персоналу та розробку маркетингової стратегії.
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Сертифікація згідно ДСТУ/ISO на кожний вид робіт.
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	9%

Цільовою аудиторією є компанії, які займаються встановленням/ремонтom ескалаторів а також будівельні компанії. Потреби, котрі формують ринок; вимоги споживачів до товару; ринкову поведінку потенційних клієнтів деталізовано в таблиці 27.

Таблиця 27 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Експлуатація та встановлення ескалаторного обладнання	Компанії, що займаються встановленням, експлуатуванням ескалаторного обладнання	Своєчасність та повнота постачання, відповідність державним стандартам та нормам, сертифікація виробів, дотримання гарантійних зобов'язань	Безпека, довговічність

Продовження таблиці 27

2	Необхідність в конструктивних елементах для будівництва	Будівельні компанії	Своєчасність та повнота постачання, відповідність державним стандартам та нормам, сертифікація виробів, дотримання гарантійних зобов'язань	Надійність, жорсткість
---	---	---------------------	--	------------------------

Важливо чітко розуміти потреби та вимоги цільової аудиторії, щоб розробити ефективну маркетингову стратегію та надати споживачам не лише якісний продукт, але й комплексне сервісне обслуговування.

Складання таблиць факторів, що сприяють та перешкоджають ринковому впровадженню проєкту, допомагають: чітко розуміти ринкову ситуацію, приймати обґрунтовані рішення та розробляти ефективні стратегії; підвищити шанси на успіх; ефективно управляти ресурсами; демонструє обґрунтованість проєкту та підвищує довіру інвесторів.

Фактори можливостей представимо у вигляді таблиці 28.

Таблиця 28 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Зростаюча кількість ескалаторів	Постійне збільшення попиту на ескалаторне обладнання	Розширення виробництва, інвестування у нові технології та збільшення обсягів випуску продукції
2	Державні програми, спрямовані на модернізацію інфраструктури.	Державні субсидії, податкові пільги або доступ до фінансування.	Зменшення вартості продукції
3	Іноваційні технології	Вихід на ринок новітніх технологій, котрі можуть покращити техніко-економічні характеристики виробництва	Впровадження нових технологій
4	Роботизація	Впровадження у виробництво роботизованих установок	Впровадження роботизації певних технологічних процесів

Фактори загроз представимо у вигляді таблиці 29.

Таблиця 29 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Зниження попиту	Попит на ескалатори може знизитися внаслідок економічного спаду, спричиненого військовими діями	Перехід на виробництво інших металевих конструкцій
2	Зростання конкуренції	Вихід на ринок нового сильного конкуренти, покращення характеристик у старих	Перехід на виробництво інших металевих конструкцій, покращення якості виробництва.
3	Економічна нестабільність	Коливання валютного ринку, інфляція	Підвищення цін на продукцію, інвестування в стійкі до інфляції активи
4	Технологічні збої	Відмова обладнання або проблеми з програмним забезпеченням	Регулярне технічне обслуговування, резервне обладнання, страхування

Продовження таблиці 29

5	Руйнування виробничих потужностей	Внаслідок бойових дій на можливі руйнування виробничих потужностей, складів, офісів та інших об'єктів підприємства.	Дисперсія виробничих потужностей, створення матеріальних запасів
6	Перебої логістики	Воєнні дії можуть призвести до перебоїв з постачанням сировини, комплектуючих та інших необхідних для виробництва матеріалів.	Збільшення вартості продукції, пошук нових постачальників
7	Втрата кваліфікованих кадрів	Втрата кваліфікованих кадрів пов'язана з мобілізацією та виїздом спеціалістів за кордон	Бронювання важкозамінних спеціалістів, моніторинг та робота з ринком праці
8	Блекаут	Гальмування темпу виробництва, більші витрати на енергоресурси,	Встановлення генераторів резервного харчування, збільшення вартості продукції, інвестиції в альтернативні джерела генерації електроенергії

Загалом, складання таблиць факторів, що сприяють та перешкоджають ринковому впровадженню проєкту, є цінним інструментом для прийняття обґрунтованих рішень, підвищення шансів на успіх проєкту та покращення його результативності.

SWOT-аналіз є важливим інструментом стратегічного планування, який дозволяє виявити сильні та слабкі сторони проєкту, а також можливості та загрози, з якими він може зіткнутися на ринку.

Структура SWOT-аналізу включає чотири основні компоненти:

1. Сильні сторони (Strengths) – внутрішні характеристики, що надають проєкту конкурентні переваги.
2. Слабкі сторони (Weaknesses) – внутрішні характеристики, що ставлять проєкт у не вигідне положення.
3. Можливості (Opportunities) – зовнішні фактори, які можуть бути використані для досягнення цілей проєкту.
4. Загрози (Threats) – зовнішні фактори, що можуть завадити досягненню цілей проєкту.

Проведення SWOT-аналізу є фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проєкту. На його основі визначаються альтернативи ринкової поведінки та орієнтовний оптимальний час їх реалізації з урахуванням потенційних проєктів конкурентів.

Представимо SWOT аналіз проєкту з виробництва плит пререкриття у вигляді таблиці 30.

Таблиця 30 - SWOT-аналіз стартап-проєкту

<u>Сильні сторони:</u> 1. Довговічність 2. Трудомісткість виготовлення 3. Забезпечення герметичності конструкції 4. Енергоефективність	<u>Слабкі сторони:</u> 1. Початкові витрати на закупівлю і встановлення необхідного спорядження 2. Невеликі обсяги виробництва
<u>Можливості:</u> 1. Зростаюча кількість ескалаторів 2. Державні програми, спрямовані на модернізацію інфраструктури. 3. Іноваційні технології 4. Роботизація	<u>Загрози:</u> 1. Зниження попиту 2. Зростання конкуренції 3. Економічна нестабільність 4. Технологічні збої 5. Руйнування виробничих потужностей 6. Перебої логістики 7. Втрата кваліфікованих кадрів 8. Блекаут

З огляду на обмежену кількість конкурентів та їх помірний рівень конкурентоспроможності, доцільним буде застосування активної ринкової стратегії. Активна ринкова стратегія являє собою динамічний підхід до ведення бізнесу, який ґрунтується на постійному аналізі ринкового середовища, конкурентів та потреб клієнтів. Її головна мета - максимально використовувати всі наявні ринкові можливості та здобути стійку конкурентну перевагу.

До ключових характеристик активної ринкової стратегії належать:

- Швидка адаптація: компанія оперативно реагує на будь-які зміни в ринковій кон'юнктурі, вносячи необхідні корективи до продуктової політики, ціноутворення, каналів збуту та інших аспектів діяльності;
- Інноваційність: постійний пошук нових продуктів, послуг, технологій та бізнес-моделей задля випередження конкурентів;
- Агресивність: активна боротьба за частку ринку за допомогою різноманітних маркетингових інструментів та конкурентних стратегій.

Для успішного впровадження активної ринкової стратегії необхідно:

- Інвестувати в дослідження та розробки: постійне вдосконалення продуктів та послуг для збереження конкурентоспроможності;
- Використовувати ефективні маркетингові інструменти: проведення активних маркетингових кампаній для інформування потенційних клієнтів про продукти та послуги, а також стимулювання їх до покупки;
- Зберігати гнучкість: готовність до змін та вміння швидко адаптуватися до нових умов ринку;
- Залучати значні інвестиційні ресурси.

Активна ринкова стратегія здатна забезпечити компанії успіх на конкурентному ринку. Однак, важливо усвідомлювати певні ризики, пов'язані з таким підходом. Для ефективної реалізації цієї стратегії компанія повинна мати достатній обсяг ресурсів та ініціатив.

Строк виведення стартап-проєкту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проєкти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок, наведено в таблиці 31.

Таблиця 31 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проєкту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Маркетинговий аналіз стартап-проєкту	Середня	1-2 місяці
2	Пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції компанії	Висока	3-5 місяці
3	Організація стартап-проєкту	Середня	2-3 місяці
4	Проведення рекламної кампанії	Середня	1-2 місяці
5	Реалізація продукції	Висока	3 місяці
6	Проведення опитування і отримання відгуків	Низька	1 місяць
7	Аналіз отриманих даних	Висока	1 тиждень
8	Адаптація проєкту під ринок	Висока	1-2 місяці

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності (ст. 1 ЗУ “Про охорону праці”, 2694-XII).

Завдяки переддипломній практиці в ескалаторній службі КП «Київський метрополітен», я мав змогу переконатись у важливості наявності на підприємстві відділу цивільного захисту і охорони праці та закріпити знання дисципліни «Охорона праці та цивільний захист». Розуміння необхідності та важливості охорони праці на підприємстві є необхідним для виконання розділу дипломного проєкту «Охорона праці».

Основною метою даного розділу є розробка заходів з охорони праці при виконанні робіт, запропонованого технологічного процесу. Розробка заходів з охорони праці є важливою, оскільки вона забезпечує збереження життя, здоров'я та працездатності людей у процесі виконання трудових обов'язків.

Для досягнення мети необхідно виконати завдання:

- Аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ);
- Аналізу вимог безпеки та гігієни праці;
- Пошуку та відбору інженерних рішень для забезпечення безпеки праці;
- Забезпечення пожежної безпеки. [25]

6.1. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШНВФ).

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори (далі - ШНВФ) – це чинники виробничого середовища, які можуть завдати шкоди здоров'ю працівників. Шкідливі фактори спричиняють погіршення самопочуття, зниження працездатності, захворювання і навіть можуть призвести до смерті через захворювання. Небезпечні фактори викликають травми, опіки, обмороження, інші

пошкодження організму або його окремих органів, а також можуть призвести до раптової смерті.

Шкідливі та небезпечні виробничі фактори за своїм походженням та природою дії поділяються на:

- Фізичні фактори: фактори, що створюють небезпеку механічного травмування, опіків, обмороження; віброакустичні фактори (шум, вібрація, ультра- та інфразвук); електричні (статична електрика, підвищені рівні напруги, замикання ланцюга через тіло людини); іонізуюче, електромагнітне, ультрафіолетове (УФ) та інфрачервоне (ІЧ) випромінювання; світлові (недостатнє освітлення, підвищена яскравість тощо);
- Хімічні фактори: токсичні та шкідливі хімічні речовини (ШР) у будь-якому агрегатному стані, здатні потрапляти в організм і розчинятись у біологічних рідинах;
- Біологічні фактори: в умовах зварювального виробництва зустрічаються рідко, оскільки вони не є наслідком зварювального процесу. До них належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, грибки, найпростіші) та продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми (тварини та рослини);
- Психофізіологічні фактори: фізичні перевантаження (статичні й динамічні) і нервово-психічні (розумові й емоційні, монотонність праці, емоційні перевантаження);
- Соціальні фактори: понаднормова робота, злочинність, зміна часового поясу, рівень добробуту, рівень загальної культури, побутові умови, звичаї, поведінкові переваги, моральні та інші соціальні умови. [25]

Для визначення ШНВФ, характерних для розробленої технології, скористаємось таблицею 32:

Таблиця 32 - Небезпечні та шкідливі виробничі фактори при зварюванні і споріднених процесах [25]

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

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

При зварюванні низьковуглецевих низьколегованих сталей в суміші Ar 75% + CO₂ 25% утворюються наступні шкідливі речовини:

- Озон (O₃) утворюється під дією ультрафіолетового випромінювання зварювальної дуги з кисню повітря та захисного газу. Озон є дуже токсичним

газом, який може викликати подразнення дихальних шляхів, кашель, задишку, а при тривалому впливі – хронічні респіраторні захворювання;

- Оксиди азоту (NO_x) утворюються в результаті окиснення азоту повітря при високих температурах зварювальної дуги. Ці гази є токсичними і можуть спричиняти подразнення очей, дихальних шляхів, а також негативно впливати на нервову систему та загальний стан здоров'я;
- Сполуки марганцю (Mn) виділяються з сталі і зварювального дроту, частки марганцю можуть викликати марганцеву інтоксикацію, що характеризується симптомами схожими на паркінсонізм, включаючи тремор, скованість рухів, порушення координації та інші неврологічні розлади;
- Монооксид вуглецю (CO_2) утворюється внаслідок реакції кисню з вуглецем, який міститься в зварювальному дроті та в основному металі. Наявність в повітрі високих концентрацій монооксиду вуглецю може спричинити гостре чи навіть хронічне отруєння;
- Сполуки фтору (F) виникають внаслідок реакцій між фтором і різними складовими матеріалу. Підвищений вміст твердих та газоподібних сполук фтору в повітрі призводить до ураження слизової оболонки верхніх дихальних шляхів, бронхів, розвитку бронхопневмонії.

Усі різновиди зварювання металів відкритою дугою, за винятком зварювання під флюсом, є джерелом видимого випромінювання, ультрафіолетових (УФ) променів, іскор та бризок розплавленого металу і шлаку. Більшість цих процесів супроводжуються інфрачервоним (ІЧ) випромінюванням зварювальної дуги і нагрітого основного металу.

Горіння зварювальної дуги супроводжується випромінюванням яскравих світлових, невидимих ультрафіолетових та теплових інфрачервоних променів. З підсиленням сили струму спектральний склад променів не змінюється, проте інтенсивність випромінювання зростає.

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання належить до електромагнітних випромінювань оптичного діапазону з довжиною хвилі від 10 нм до 400 нм. Воно

має різний вплив на організм людини: від тонізуючого та антирахітного до канцерогенного. УФ випромінювання впливає в основному на шкіру та очі, викликаючи дерматити, екземи, набряки, а також може сприяти утворенню ракових пухлин при довжині хвилі 280-303 нм.

Видиме випромінювання належить до діапазону електромагнітних хвиль з довжиною від 380 нм до 760 нм, яке сприймається оком. Негативний вплив включає осліплення, зниження гостроти зору, втомленість очей, що може призводити до зниження продуктивності та підвищення ризику нещасних випадків.

Інфрачервоне (ІЧ) випромінювання з довжиною хвилі від 760 нм до 1 мм викликає нагрівання тканин і може призводити до опіків, катаракт та інших уражень очей та шкіри при тривалому впливі. Іскри, бризки та розплавлений метал також можуть спричиняти опіки, травми очей та шкіри.

Шум – це хаотичне сполучення звуків різної частоти та інтенсивності, які за частотним діапазоном знаходяться в межах чутливості органів слуху людини. Ультразвук та інфразвук теж вважаються звуковими коливаннями, але, на відміну від шуму, за своїм частотним діапазоном виходять за межі чутливості органів слуху людини.

З фізичної точки зору будь який звук (шум, ультразвук чи інфразвук) – це хвильові коливання пружного середовища, що поширюються з певною швидкістю в газоподібній, рідкій або твердій фазі. Звукові хвилі виникають при порушенні стаціонарного стану середовища внаслідок впливу на них сили збудження та, поширюючись у ньому, утворюють звукове поле. Джерелами цих порушень можуть бути, наприклад, механічні коливання конструкцій або їх частин, нестаціонарні явища в газоподібних або рідких середовищах і т. ін.

Будь який шум в умовах виробництва негативно впливає на стан здоров'я людей та знижує їх працездатність, а в окремих випадках, внаслідок погіршення сприйняття зовнішньої інформації під його дією, може навіть сприяти отриманню травм, особливо при виконанні небезпечних технологічних операцій. При механізованому зварюванні у вуглекислому газі при зміні сили струму з 200 А до

450 А рівень шуму зростає з 86 дБА до 97 дБА, а при зварюванні в аргоні ще більше, і на окремих режимах може перевищувати норму.

Постійне або повторюване статичне навантаження виникає при виконанні робіт, які потребують постійного зусилля м'язів. Це може включати піднімання, утримання або переміщення важких предметів, а також виконання монотонних операцій на конвеєрі. Такі навантаження можуть спричинити фізичну втому, болі в м'язах та суглобах, а також сприяти розвитку хронічних захворювань опорно-рухового апарату.

Рухомі частини обладнання становлять загрозу для працівників через можливість механічних травм, таких як затиснення, удари, порізи або ампутації. Прикладами потенційних джерел небезпеки є: виробничі лінії; конвеєрні системи; транспортери; верстати та інше рухоме обладнання.

Системи, які знаходяться під тиском, що не дорівнює атмосферному можуть створювати ризик вибуху, розриву обладнання або викиду рідин/газів, що може призвести до серйозних травм або смертельних випадків. [26]

6.2. Вимоги безпеки та гігієни праці

6.2.1. Вимоги до технологічних процесів

Вимоги з охорони праці під час електрозварювання металів регламентуються нормативно-правовим актом з охорони праці НПАОП 28.52-1.31-13 [27].

При створенні технологічних процесів зварювання слід передбачити максимально можливу механізацію та автоматизацію процесів зварювання та його окремих елементів. Допустимі показники важкості та напруженості праці зварників повинні не перевищувати II клас згідно з нормами „Гігієнічної класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу”.

Необхідно використовувати такі види та марки зварювальних матеріалів (електроди, дріт, флюси, захисні гази тощо), які під час зварювання забезпечують

мінімальне виділення шкідливих речовин у повітря. Використання зварювальних матеріалів, що не пройшли гігієнічну оцінку в установленому порядку, не допускається.

Зварювальне обладнання, що застосовується у технологічних процесах зварювання, повинно відповідати загальним вимогам таких нормативних документів: ДНАОП 0.00-1.21- 98 [28] та ДНАОП 0.00-1.32-01 [29].

Обов'язковим етапом проєктування технологічних процесів зварювання є розробка відповідних засобів та заходів колективного захисту від впливу шкідливих та небезпечних виробничих факторів, характерних для цього процесу. Одним із таких заходів є застосування пристроїв місцевої витяжної вентиляції з системами очищення видаленого повітря від аерозолів та газів відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 [30].

Місцевими повітроприймачами необхідно видаляти повітря:

- під час дугового зварювання в CO_2 – не менше ніж $50 \text{ м}^3/\text{год}$;
- під час дугового зварювання в інертних газах та сумішах газів, а також під час автоматичного зварювання в CO_2 – не менше ніж $150 \text{ м}^3/\text{год}$.

Експлуатація балонів і контейнерів зі стиснутим і скрапленим газом, а також рамп, повинна здійснюватись відповідно до норм ДНАОП 0.00-1.07-94 [31]. Балони зі стиснутими газами слід розташовувати на відстані не менш ніж 5 м від зварювального пальника та 1 м від опалювальних приладів. У разі наявності на опалювальних приладах екранів, що захищають балони від нагрівання, відстань від балона до екрана повинна бути не меншою за 0,1 м.

Безпека праці під час механізованого зварювання має відповідати вимогам ДСТУ 2456-94 [32].

6.2.2. Вимоги до виробничих приміщень

Відстань між устаткуванням, від устаткування до стін та колон приміщення, інших споруд, ширина проходів та проїздів повинні відповідати чинним будівельним нормам та нормам технологічного проєктування заготівельно-зварювальних цехів ДБН В.2.2-28:2010 [33].

Робочі місця для дугового зварювання повинні бути захищені стаціонарними або переносними світлонепроникними огорожами з негорючих матеріалів, висота яких має бути не менш ніж 2,5 м та забезпечувати надійний захист.

Ширина проходів по периметру робочого стола, стенда, зварювального виробу повинна бути не менш 1 м.

Підлоги у виробничих приміщеннях для виконання дугового та електрошлакового зварювання мають бути виконані з негорючих матеріалів з малою теплопровідністю. Підлога повинна мати рівну, нековзку поверхню.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 [30].

Повітрообмін у зварювальних цехах має бути розрахований на розведення шкідливих речовин, не вловлених місцевими витяжними пристроями, до рівня ГДК (гранично допустимих концентрацій).

Видалене з виробничих приміщень повітря повинно проходити фільтрацію (очищення) від шкідливих речовин до концентрацій, що не перевищують допустимих рівнів викидів.

Подавання припливного повітря слід здійснювати в робочу зону або у напрямку робочої зони. Температура повітря, що подається вентиляційними установками, повинна бути не нижче +20 °С згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [34]. У випадку відсутності місцевого або загальноцехового вентилявання повітря до рівня ГДК слід передбачати примусове подавання чистого повітря під маску зварника в об'ємі від 6 до 8 м³/год, підігрітого в холодну пору року до температури не нижче +18 °С згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [34].

У випадку відсутності місцевого або загальноцехового вентилявання повітря до рівня ГДК слід передбачити примусове попадання чистого повітря під маску зварника в об'ємі від 6 до 8 м³/год, підігрітого в холодну пору року до температури не нижче +18°C згідно ДСН 3.3.6.042-99 [34].

Параметри мікроклімату виробничих приміщень повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99 [34]. Якщо інтенсивність теплового опромінення працюючих перевищує значення цих норм, слід передбачати спеціальні засоби захисту, такі як екранування джерела, повітряне душення та використання засобів індивідуального захисту.

Рівні шуму, ультразвуку, інфразвуку та загальної і місцевої вібрації повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 [35].

Освітлення цехів, ділянок і робочих місць, де виконуються роботи з дугового і електрошлакового зварювання, повинно відповідати вимогам, встановленим ДБН В.2.5-28-2006 [36].

6.2.3. Вимоги щодо організації робочих місць

Організація, облаштування та оснащення робочих місць для зварювання мають відповідати вимогам НПАОП 28.5-1.02-07 [37].

Постійні робочі місця, які живляться електричною енергією від багатопостових джерел повинні бути обладнані щитками з сигнальною лампою, що показує зварнику на наявність або відсутність напруги у зварювальному ланцюгу. Під час виконання зварювальних робіт в одному приміщенні з іншими роботами необхідно вживати заходи, що виключають можливість впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів на працюючих.

Робоче місце зварника щодо розташування робочої поверхні, органів управління та контролю повинно відповідати вимогам ДСТУ 2456-94 [32].

Трубопроводи гідросистем високого тиску, що розташовані в зоні роботи обслуговуючого персоналу, повинні бути закриті захисними екранами.

Стаціонарні робочі місця для зварювання металоконструкцій масою понад 15 кг повинні бути обладнані вантажопідійомними пристроями.

Не допускається проведення зварювальних робіт без вживання заходів, що виключають можливість пожежі як під час зварювання, так і після закінчення. [25]

6.3. Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці

6.3.1. Розрахунок місцевої вентиляції

Розрахунок об'єму повітря, яке необхідно видалити місцевою вентиляцією L_m , визначають, виходячи з заданої швидкості всмоктування біля джерела виділення шкідливих речовин, характеристики спектру швидкостей всмоктування для певної конструкції всмоктувального отвору та наявності поверхонь, що огорожують зону всмоктування:

$$L_m = 3600 \cdot F_0 \cdot V_0,$$

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

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

Площу F_0 визначають конструктивними особливостями технологічного обладнання та вибраного витяжного пристрою. Для нашого випадку $F_0 = 0,01 m^2$.

Значення V_0 знаходять, виходячи з умов забезпечення заданої швидкості повітря V_x в зоні зварювання або різання на відстані x (м) від центра всмоктуючого отвору ($V_x = 0,3 m/s$, оскільки відбувається зварювання в інертних газах).

Швидкість всмоктування повітря з екраном розраховується за формулою:

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

де $d = 0,1 m$ – діаметр входного отвору.

Розрахуємо швидкість повітря в отворі відсмоктувача:

$$V_0 = 8 \cdot V_x \cdot \left(\frac{x}{d} \right)^2 = 8 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{3}{0,1} \right)^2 = 36 m/s.$$

Отже, об'єм повітря , який необхідно видаляти вентиляцією:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V = 3600 \cdot 0,01 \cdot 36 = 1296 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

На рисунку 10 наведено схему місцевої витяжної вентиляції

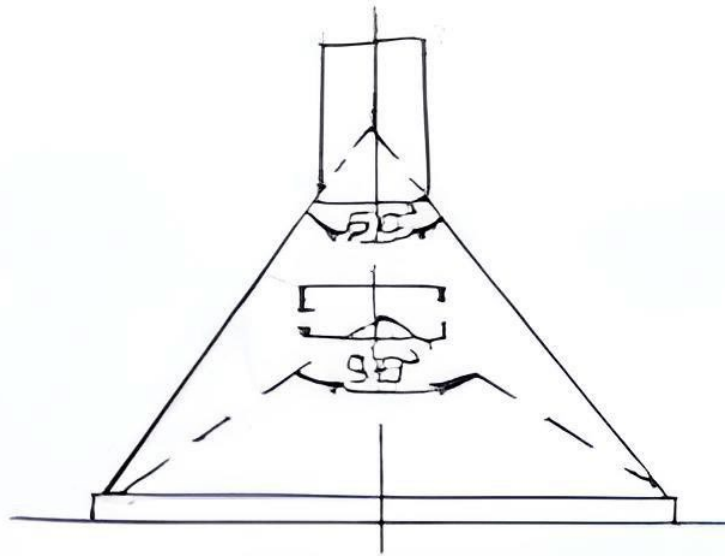


Рисунок 10 - Конструкція місцевої витяжної вентиляції типу зонт [26]

6.3.2. Призначення засобів індивідуального захисту

Щоб забезпечити захист очей та обличчя електрозварника від випромінювання дуги, брызків розплавленого металу та іскор, пропонується використовувати зварювальну маску хамелеон Mächtz MWH-2/254, яка відповідає вимогам стандартів: ДСТУ EN 175-2001 [38] та ДСТУ EN 169-2001 [39].



Рисунок 11 - Зварювальна маска Mächtz MWH-2/254 [40]

Технічні характеристики зварювальної маски Mächtz MWH-2/254 наведені у таблиці 33.

Таблиця 33. -Технічні характеристики зварювальної маски Mächtz MWH-2/254 [40]

Джерело живлення світлофільтра	Сонячна панель + дві Li-ion батареї
Тип батареї	CR 2032
Кількість сенсорів	2
Розмір світлофільтра, мм	110×90×10
Розмір оглядового вікна, мм	93×43
Затемнення в світлому стані	DIN 4
Затемнення в темному стані	DIN 9-13
Час затемнення, с	1/25000
Час освітлення, с	0,1-1
Оптичний клас світлофільтра	1/1/1/2
Маса нетто/брутто, кг	0,5/0,7

Для забезпечення захисту рук призначено використовувати рукавиці Heavy Duty Regular L, які відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN 420-2017 [41]. Ці міцні та гнучкі зварювальні рукавиці виготовлені з коров'ячої шкіри товщиною 1,3 мм, котра забезпечує стійкість до зношування та високих температур. Вони мають посилену конструкцію великого пальця та пошиті кевларовою ниткою. Внутрішня частина манжети виготовлена з вогнетривкої бавовни, а долоні – з флісу.



Рисунок 12 - Рукавиці Heavy Duty Regular L [42]

Для забезпечення безпеки голови під час зварювання великогабаритних виробів в умовах підвищеної небезпеки рекомендується використання захисних касок, які відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN 397:2001 [43].



Рисунок 13 - Каска для захисту голови VOREL [44]

6.3.3. Розрахунок захисного заземлення для зварювального випрямляча

Аналіз нещасних випадків в промисловості показує, що ураження електрострумом є серйозною загрозою. Поглянувши на кількість травм, викликаних дією електрики (порівняно невеликої, що складає 0,5-1% від загальної кількості нещасних випадків), може скластись оманливе враження про незначність загрози, однак відомо що із загальної кількості нещасних випадків зі смертельним наслідком на виробництві (20-40) % трапляється внаслідок ураження електрострумом, що більше ніж внаслідок дії будь-якої з інших причин.

Захисне заземлення є ключовим елементом системи безпеки в електроустановках, зокрема в зварювальному обладнанні. Його основна мета - відвести надлишковий електричний струм у землю, оминаючи небезпечні струми, які можуть спричинити травми або пожежі. Заземлення забезпечує ефективне розведення струму у землю, створюючи безпечну електричну систему під час зварювання.

Металеві частини всього зварювального обладнання, які можуть опинитися під напругою, повинні бути надійно заземлені. Кожна одиниця обладнання повинна

мати окремий провід заземлення, що приєднується до загальної магістралі заземлення. Це стосується не лише корпусів машин, а й пускових кнопок, трансформаторів та інших складових обладнання.

Стандарти безпеки, зокрема ПУЕ-2017 [45], встановлюють вимоги до виконання захисного заземлення на всіх типах зварювального обладнання та визначають гранично допустимі рівні напруги дотику та струмів.

Проведемо розрахунок захисного заземлення для зварювального випрямляча, розрахунок проводиться за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів:

Оскільки, природні заземлювачі відсутні, то $R_{\text{шт.з.}} = R_{\text{д.}}$. Де, $R_{\text{шт.з.}}$ – необхідний опір штучних заземлювачів; $R_{\text{д.}}=4$ Ом – допустимий опір заземлення.

Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту ρ . Питомий опір ґрунту залежить від характеру ґрунту, а також від пори року. Найбільшу величину він має в холодний період у північних районах при промерзанні ґрунту або в теплий період в південних районах, коли ґрунт найбільш сухий. В нашому випадку (глиняний тип ґрунту), приблизне значення питомого опору ґрунту $\rho=40$ Ом·м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту, ρ_p визначається за формулою:

$$\rho_p = \psi \cdot \rho = 1,5 \cdot 40 = 60 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

де ψ – коефіцієнт сезонності, для кліматичної зони II, при нормальній вологості землі, електроду, довжиною $l_e=3$ м, $\psi=1,5$.

Розраховуємо опір розтікання струму вертикального заземлювача R_0 за формулою:

$$R_0 = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot l_e} \cdot \left(\ln \frac{2l_e}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_e}{4t - l_e} \right) = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,2 + 3}{4 \cdot 1,2 - 3} \right) = 18,2 \text{ Ом},$$

де d – діаметр стержня, $d = 0,05$ м.

t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача (рисунок 14), яка визначається за формулою:

$$t = h + \frac{h_{\text{в}}}{2} = 0,8 + \frac{0,8}{2} = 1,2 \text{ м},$$

де $h_{\text{в}}$ – глибина закладання заземлювачів (приймаємо за 0,8 м).

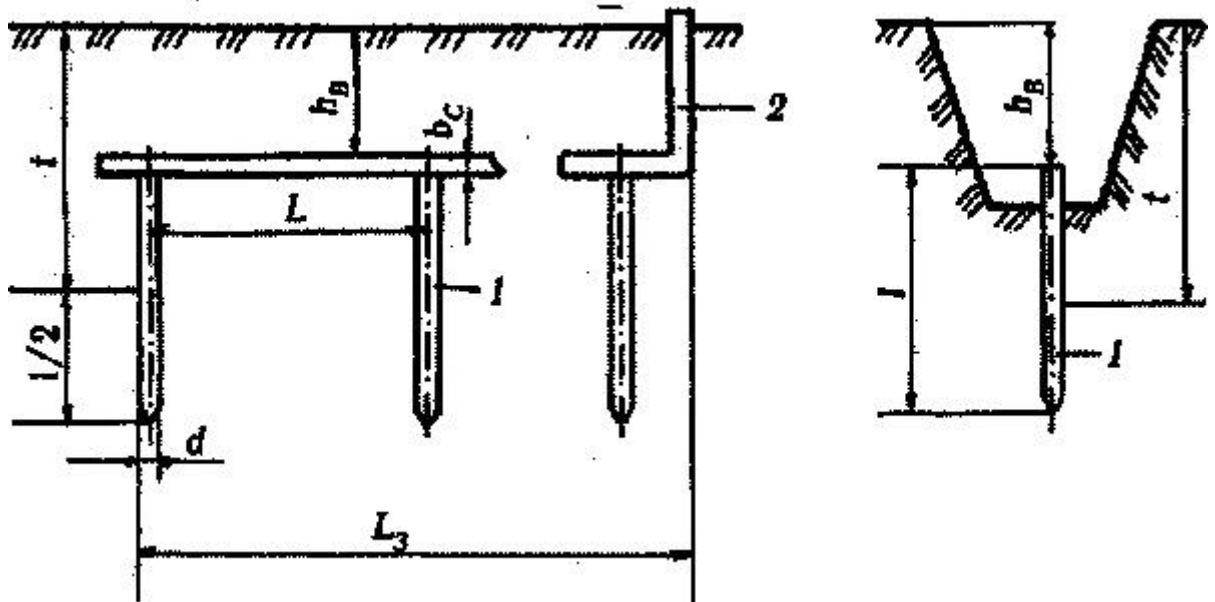


Рисунок 14 - Схема позначення розмірів для розрахунку захисного заземлення

1 – заземлювач; 2 – з'єднувальна стрічка; $h_{\text{в}}$ – глибина закладання вертикальних заземлювачів; L – відстань між заземлювачами; t – відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту; l – довжина заземлювача; $b_{\text{с}}$ – ширина стрічки

Визначаємо теоретичну кількість вертикальних заземлювачів n , без урахування коефіцієнта використання $\eta_{\text{в}}$:

$$n = \frac{R_0}{R_{\text{д}}} = \frac{18,2}{4} = 4,55.$$

Приймаємо $n=5$, фактичний коефіцієнт використання заземлювача $\eta_{\text{в}} = 0,65$.

Визначаємо необхідну кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання, η_B :

$$n_B = \frac{R_0}{R_D \cdot \eta_B} = \frac{18,2}{4 \cdot 0,65} = 7.$$

Визначаємо довжину з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача l_C :

$$l_C = 1,05 \cdot L_B \cdot (n_B - 1) = 1,05 \cdot 3 \cdot (7 - 1) = 18,9 \text{ м},$$

де L_B – відстань між вертикальними заземлювачами (приймаємо $L_B = 3 \text{ м}$).

Визначаємо опір розтікання струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки) R_r :

$$R_r = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot l_C} \cdot \ln \frac{l_C}{d \cdot h_B} = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot 18,9} \cdot \ln \frac{18,9}{0,05 \cdot 0,8} = 3,11 \text{ Ом}.$$

Коефіцієнт використання горизонтального заземлювача $\eta_r = 0,66$, відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів n_B .

Розраховуємо результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_3 = \frac{R_0 \cdot R_r}{R_0 \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B \cdot n_B} = \frac{18,2 \cdot 3,11}{18,2 \cdot 0,66 + 3,11 \cdot 0,65 \cdot 7} = 2,16 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом} = R_D.$$

Схема захисного заземлення згідно рисунку 15.

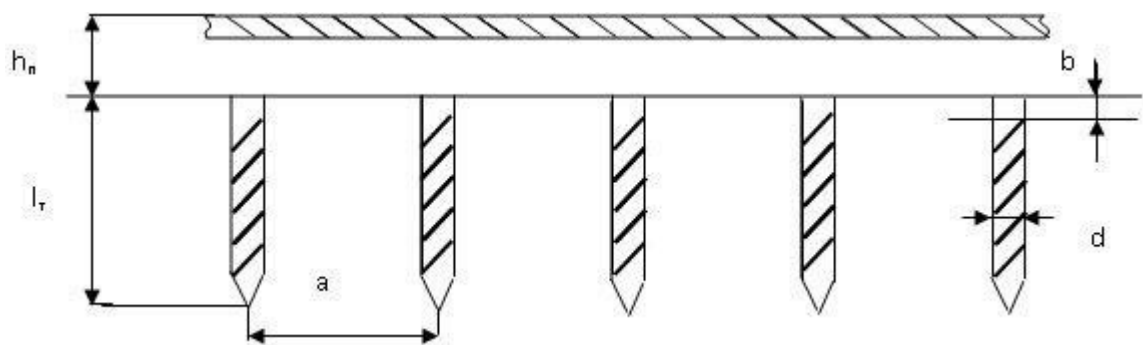


Рисунок 15 - Схема захисного заземлення

6.4. Пожежна безпека

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 [46] приміщення, у яких виконуються зварювальні роботи, за вимогами вибухопожежної небезпеки належать до категорії Г (негорючі речовини й матеріали у гарячому, розжареному, розплавленому стані, процеси обробки яких супроводжуються виділенням променистої теплоти, іскор та полум'я; горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються чи утилізуються у вигляді палива). Згідно з ДНАОП 0.00-1.21-98 [47] та ДНАОП 0.00-1.32-01 [29] у приміщенні виділяється зона II-Па, де обертаються тверді горючі речовини. Категорія за БЕМЗ (безпечний експериментальний зазор між фланцями оболонки, мм) – ПА ($> 0,9$ мм). Група вибухобезпеки сумішей (за температурою самозапалювання) – ТІ (ТС) $B > 450$ °C. Ступінь вогнестійкості будівлі – І (не допускається поширення вогню на основні будівельні конструкції), мінімально допустиме обмеження вогнестійкості – 2,5 год, максимально допустиме обмеження поширення вогню для внутрішніх стін – 25 см. [25]

Пожежна безпека забезпечується системами попередження пожежі, протипожежного захисту та організаційно-технічними заходами (рисунок 16).

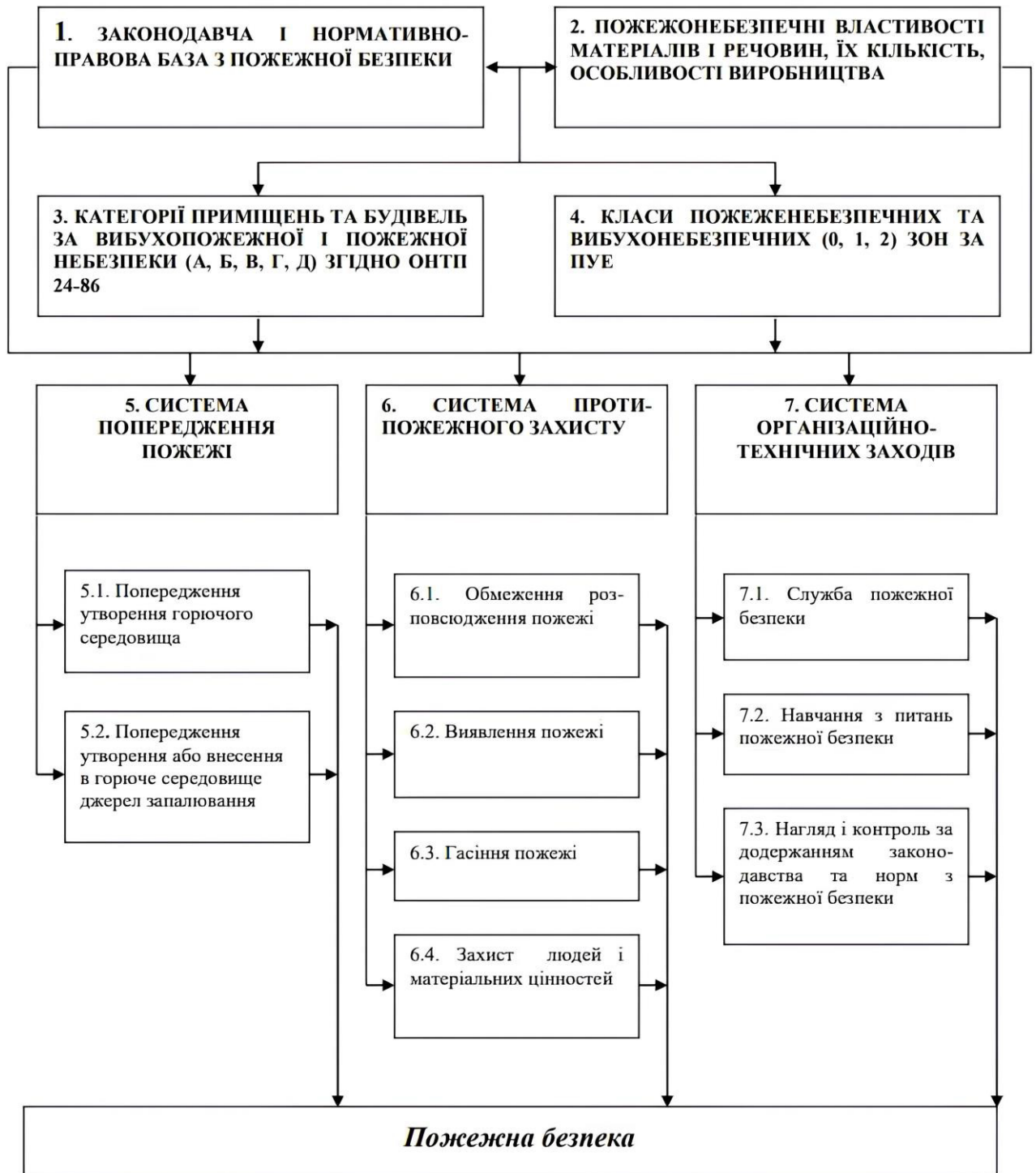


Рисунок 16 - Схема забезпечення пожежної безпеки [26]

При організації технологічного процесу дотримуються усіх вимог електростатичної іскробезпеки.

Передбачається також аварійне зливання пожежонебезпечних рідин, аварійне витравлювання горючих газів із апаратури.

Рекомендована періодична очистка робочого місця, цеху, апаратури від горючих відходів, відкладання пилу, вилучення пожежонебезпечних відходів виробництва, заміна ЛВЖ і ГЖ на пожежонебезпечні технічні миючі засоби.

Для гасіння пожеж необхідно використовувати вогнегасники:

- для пожеж типу В – хімічний пінний ОХП-10, повітряно-пінний ОВП-10, хімічно-повітряно-пінний ОХВП-10;
- для пожеж типу Е – порошкові ОП-5, ОП-10.

Типи пожеж: В – неметалічні матеріали, в тому числі ізоляція струмоведучих шин; Е – пожежа, викликана збоями в роботі електроустановок.

На дільницях виробничого приміщення, де застосовується зварювання, передбачаємо встановлення протипожежних щитів, укомплектованих вуглекислотними вогнегасниками, баграми, ломами, відрами, сокирами. Біля щитів передбачаємо наявність ящиків з піском, сухість якого регулярно перевіряється. Для гасіння можливих пожеж передбачаємо також використання азбестових покривал. Для автоматичного виявлення пожеж в виробничому приміщенні, в якому виконується зварювання, передбачаємо наявність датчиків, які своєчасно сповіщають про виниклу пожежу і дають команду на вмикання автоматичної системи гасіння пожежі. [25]

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В дипломному проєкті була розроблена технологія складання-зварювання плити перекриття відповідно до експлуатаційних умов. Зокрема, було спроектовано технологію зварювання: обрано спосіб зварювання; режими зварювання; зварювальні матеріали та устаткування; розроблено технологічний процес складання-зварювання виробу.
2. В першому розділі був проведений аналіз конструкції “Плита перекриття”, на основі вхідних даних був вибраний спосіб зварювання MIG (131) в суміші газів ($\text{Ar } 75\% + \text{CO}_2 \text{ } 25\%$). Вибір способу зварювання проводився за характеристиками основного металу та за характеристиками зварювальних швів. В роботі було проведено розрахунки режимів зварювання для всіх швів.
3. Для зварювання поздовжніх швів між KE 1 і KE 3, KE 3 і KE 6, KE 1 і KE 2, використовується зварювальна головка A-1406. Переміщення головки A-1406 здійснюється глагольним візком ГТ-1.
Для інших швів призначене механізоване зварювання за допомогою зварювального напівавтомату A-547-4 Ум.
4. Складання плити перекриття виконано на складальному стенді, котрий був закріплений у кантувачі, який дозволяє забезпечити необхідне обертання виробу для виконання швів в положенні РА (у човник).
5. На основі виконаних у розділі 4.2 розрахунків та з урахуванням нормативних вимог спроектована виробнича площа для складання та зварювання плити перекриття.
6. Було проведено маркетинговий аналіз стартап-проєкту, який дозволив визначити можливість його ринкового впровадження та можливість використання агресивної ринкової стратегії.

7. Визначено основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які впливають на організм при виконанні зварювання в середовищі захисних газів плавким електродом. Були розглянуті вимоги безпеки та гігієни праці. Розраховано місцеву вентиляцію, призначені засоби індивідуального захисту, розраховано захисне заземлення для зварювального випрямляча. Були розглянуті системи забезпечення пожежної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДСТУ 2651. Сталь вуглецева звичайної якості.
2. Metinvest / [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st3sp>
3. ДСТУ 8803. Прокат товстолистовий з вуглецевої сталі звичайної якості.
4. Бойко В.П., Котик В.Т., Корінець І.П. “Технологія та устаткування зварювання плавленням”. [Текст]: Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни для студентів усіх форм навчання напрямку підготовки 6.050504. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2012. 58с.
5. В. В. Квасницький та ін. Виконання атестаційної роботи (дипломного проекту) [Електронний ресурс]: рекомендації до виконання дипломного проекту: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» спеціальності 131 Прикладна механіка. 2-ге вид., переробл. та доповн. - Електрон. текст. дані (1 файл). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 116 с.
6. Paton / [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://paton.ua/svarochnaya-provoloka/omednennaya-provoloka/zvaryuvalniy-dr-t-er70-s6-sv-08g2s-1-2-mm-15-kg/>
7. Метизи-94 / [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://setka-rabica.com/ua/product/provoloka_svarochnaya_sv08g2s_12_mm
8. ДСТУ EN ISO 14175:2014. Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання.
9. Корінець І.П., Бойко В.П. Технологія та устаткування зварювання плавленням. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2012. 68с.
10. ДБН В.2.6-163:2010 Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу.

11. ДСТУ EN ISO 5817:2022. Зварювання. Зварні шви під час зварювання плавленням сталі, нікелю, титану та інших сплавів (крім променевого зварювання). Рівні якості залежно від дефектів.
12. Flagma / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://flagma.ua/n3121-nozhnicy-gilotinnye-12h2000-mm-est-drugie-stanki-o14483743.html>
13. Flagma / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://flagma.ua/uk/stanok-nozhovochny-otreznoy-872m-samovyvoz-krivoy-rog-bu-zavod-im-kalinina-o12171922.html>
14. Promstart / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://promstart.com.ua/ua/p1105933185-standok-vertikalno-sverlilnyj.html>
15. ТОВ “ПНЕВМОПРИВОД”, SPECIALIST / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://shop.spc.com.ua/ua/p2083883006-gorizontarno-frezernij-standok.html>
16. Makita.com.ua / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://makita.com.ua/makita-9031>
17. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві [Текст]: навч. посібник. 2-ге видання, переробл. та доповн. Київ: Арістей, 2006. 272 с.
18. ТЕХВАГОНМАШ / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.tvagonm.com.ua/catalog/mechanicheskoe_svarochnoe_oborudovanie/Head_stock_and_tailstock_positioners/
19. Hotline / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hotline.ua/ua/tools-svarochnye-inventory/artem-a-547-um/>
20. Kakhovka plant of electric welding equipment/[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kzes.com/ru/catalog/electric-welding-equipment/machines-for-arc-welding-and-facing/a-1406/>

21. Зварконтакт / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.svarkontakt.com.ua/products/kommunar/vdunch-350-mag>
22. В.В. Перемітько. Проектування зварювальних цехів. Методичні вказівки до виконання практичних завдань та контрольної роботи для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньо-професійною програмою «Технології та устаткування зварювання». Кам'янське: ДДТУ, 2018. 32 с.
23. В.О. Гаєвський. Технологічне проектування виробничих площ [Електронний ресурс].- Електронний опорний конспект лекцій з кредит. модулю для студ. 131 “Прикладна механіка” спеціалізації «Технології та інжиніринг у зварюванні» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 48 с.
24. О. А. Гавриш, С. О. Солнцев, В. В. Дергачова, О. В. Зозульов та ін. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. 28 с.
25. О. Г. Левченко. Розділ з охорони праці в дипломних роботах: Рекомендації до виконання [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» (зварювальні та споріднені спеціалізації). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 28 с.
26. О. Г. Левченко. Охорона праці та цивільний захист [Електронний ресурс] : навч. посіб. Для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» спец. 131 Прикладна механіка. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 362 с.
27. НПАОП 28.52-1.31-13. Правила охорони праці під час зварювання металів.
28. ДНАОП 0.00-1.21- 98. Правила безпечної експлуатації електроустановок Споживачів.
29. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

30. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.
31. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.
32. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки.
33. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення.
34. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
35. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
36. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
37. НПАОП 28.5-1.02-07. Правила охорони праці при термічній обробці металів.
38. ДСТУ EN 175-2001. Засоби індивідуального захисту очей та обличчя під час зварювальних та споріднених процесів.
39. ДСТУ EN 169-2001. Засоби індивідуального захисту очей. Фільтри під час виконання зварювання та споріднених процесів. Вимоги до пропускання та рекомендації щодо використання.
40. Machtz / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://machtz.com.ua/products/svarochnaya-mask-mchtz-mwh-2254?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=Svarochnue_maski&utm_content=Shopping&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwyJqzBhBaEiwAWDRJVCcp8SwjbVm2royyvyhMLOu9c-WUQtOr10cKd0dsHR2KcDBYft3KrBoCmUUQAvD_BwE
41. ДСТУ EN 420:2017. Рукавички захисні. Загальні вимоги та методи випробування.
42. Промпоставка / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://prompostavka.in.ua/ua/p1702811583-rukavitsy-dlya-svarki.html>

43. ДСТУ EN 397-2001. Каски захисні промислові.
44. Rozetka / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://rozetka.com.ua/ua/vorel-74172-v/p426102507/?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw65-zBhBkEiwAjrQRMHsDhNQvB0Su5LTfrj_4JK5WTv0F0rgLDedJzgNbfuzoNm4c6Kbo7hoCXXMQAvD_BwE
45. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок.
46. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
47. ДНАОП 0.00–1.21–98. Правила безпечної експлуатації електроустановок Споживачі.

ДОДАТКИ