

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Фізико-технічний, інженерно-фізичний  
(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва  
(повна назва кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Розробка технологічного процесу складання  
та зварювання головної балки мостового  
крану ВІТ-32т

Виконав: студент VI курсу, групи ІФ-329м

Спеціальності 131 Прикладна механіка,

Освітня програма (спеціалізація)

Технології та устаткування  
зварювання

Білик А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Биковець О.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Єфанов В.С.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Інженерно - фізичний  
 Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва  
 Ступінь вищої освіти Магістр  
 Спеціальність 131 Прикладна механіка  
 (код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) «Технології та устаткування зварювання»  
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Обтинников  
Олександр Володимирович  
 « 10 » 10 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Білик Антон Олександрович  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка технологічного процесу складання та зварювання головної балки мостового крана ГП-32т

керівник проекту (роботи) Биковський Олег Григорійович д.т.н. професор  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 29 » 11 2019 року № 425 ✓

2. Строк подання студентом проекту (роботи) \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Головна балка, мостовий кран зварювальний портал, зварювання у середовищі захисних газів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Призначення, конструкція і матеріал головної балки мостового крана ГП-32т. Технічні умови на виготовлення та приймання зварного виробу. Розробка технології виготовлення виробу. Проектно-конструкторські розробки. Техніко-економічні розрахунки. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

1-Головна балка 2-Самохідний складальний портал. 3-Портал для зварювання поясних швів. 4-Схема складання ксядритів та віадррам з верхнім поясом. 5-Хімічний склад основного матеріалу і зварювального дроту та параметри режиму зварювання 6-Технологічна послідовність збирання-зварювання головної балки 7-Показники ефективності та результативності 8-План ділянки з виготовлення головної балки

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
V	Кучуліковська В.В. год.	10.10.19	18.06.20
IV	Нестеров О.В. год. з об. каф.		
I - IV	Биковський О.Г. д.т.н. професор	10.10.19	
Нормоконтроль	Шумілії Г.О.		

7. Дата видачі завдання « 10 » 10 2020 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

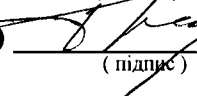
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Призначення, конструкція і матеріал головної балки мостового крана ГП-32т	24.02.2020	виконано
2	Технічні умови на виготовлення та приймання зварного виробу	9.03.2020	виконано
3	Розробка технології виготовлення виробу	30.03.2020	виконано
4	Проектно-конструкторські розробки	11.05.2020	виконано
5	Техніко-економічні розрахунки	18.05.2020	виконано
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	8.06.2020	виконано

Студент(ка)

  
(підпис)

Білик А.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

Биковський О.Г.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 108 с., 35 табл., 12 рис., 4 дод., 20 джерел.

### ГОЛОВНА БАЛКА, МОСТОВИЙ КРАН, ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ПОРТАЛ, ЗВАРЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ.

Об'єкт дослідження – технологічний процес складання та зварювання в середовищі захисних газів головної балки мостового крану ГП-32 т.

Мета дипломного проекту – розробити технологію складання та зварювання головної балки мостового крану; спроектувати ділянку складання та зварювання.

Методи дослідження – аналіз літературних даних та серійних технологій виробництва балочних конструкцій, їх застосування та удосконалення.

Для зварювання поясних швів головної балки була спроектована установка яка складається із порталу для зварювання ESAB MechTrac 2500, вона дозволяє за один прохід одночасно зварювати два поясних шва.

Розроблена маршрутна карта технологічного процесу. Спроектована ділянка складання та зварювання головної балки.

Проведено техніко – економічне обґрунтування розробленої технології. Розроблені загальні заходи з техніки безпеки і охорони навколишнього середовища.

## **ABSTRACT**

Explanatory note: 108 p., 35 table., 12 fig., 4 additional, 20 sources.

### **MAIN BEAM, BRIDGE CRANE, WELDING PORTAL, WELDING IN THE ENVIRONMENT OF PROTECTIVE GASES.**

The object of research is the technological process of Assembly and welding in the environment of protective gases of the main beam of the bridge crane GP-32 t.

The purpose of the diploma project is to develop the technology of Assembly and welding of the main beam of the bridge crane; to design the site of Assembly and welding.

Research methods - analysis of literature data and serial production technologies of beam structures, their application and improvement.

For welding the belt seams of the main beam, the installation consists of a portal for welding ESAB MechTrac 2500, it allows you to simultaneously weld two belt seams in one pass.

A route map of the technological process has been developed. The section of Assembly and welding of the main beam is designed.

A feasibility study of the developed technology was carried out. General safety and environmental protection measures have been developed.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Призначення, конструкція і матеріал головної балки мостового крана ГП-32 т.....	10
1.1 Умови експлуатації головної балки.....	14
1.2 Труднощі, пов'язані зі зварюваністю матеріалу і шляхи їх подолання...	15
1.3 Аналіз технології складання та зварювання виробу на базовому підприємстві.....	17
1.4 Альтернативної варіант технологічного процесу складання і зварювання виробу.....	19
2 Технічні умови на виготовлення та приймання зварного виробу.....	21
2.1 Технічні умови на складання, зварювання, контроль якості.....	21
2.2 Вимоги до основного матеріалу.....	23
2.3 Вимоги до зварювальних матеріалів.....	24
3 Розробка технології виготовлення виробу.....	28
3.1 Підготовка кромки.....	28
3.2 Вибір електродних матеріалів.....	30
3.3 Вибір параметрів режиму зварювання.....	31
3.4 Технологія і техніка складання та зварювання головної балки.....	35
3.5 Зварювальні напруження і деформації, заходи боротьби з ними.....	40
3.6 Контроль якості зварного виробу.....	41
4 Проектно-конструкторські розробки.....	45
4.1 Технічна характеристика прийнятого стандартного обладнання і оснащення.....	45
4.2 Установка для зварювання поясних швів.....	51
5 Техніко – економічні розрахунки.....	53
5.1 Організація виробництва продукції.....	53

5.1.1 Технічне нормування операцій.....	53
5.1.2 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки.....	55
5.1.3 Розрахунок чисельності персоналу ділянки.....	59
5.2 Планування витрат на виробництво.....	61
5.2.1 Матеріальні витрати.....	61
5.2.2 Вартість основних засобів.....	64
5.2.3 Фонд оплати праці.....	65
5.2.4 Собівартість виробу.....	71
5.2.4.1 Прямі витрати.....	71
5.2.4.2 Непрямі витрати.....	72
5.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок.....	77
5.3.1 Ефективність та результативність.....	78
6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	81
6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	81
6.2 Заходи забезпечення безпеки.....	82
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	88
6.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	91
6.4.1 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки.....	91
6.4.2 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	92
Висновки.....	98
Перелік джерел посилання.....	99
Додаток А Маршрутна карта.....	102
Додаток Б Специфікація «Головна балка».....	106
Додаток В Специфікація «Самохідний портал».....	107
Додаток Г Специфікація «Портал для зварювання поясних швів».....	108

## ВСТУП

В основних напрямках економічного і соціального розвитку України, перед промисловістю поставлено завдання підняти технічний рівень галузі, підвищити якість продукції. Для цього необхідно оновлювати застарілі основні фонди, впроваджувати прогресивні технології і обладнання, удосконалювати структуру виробництва. Слід нарощувати випуск машин і агрегатів, що забезпечують докорінне технічне переозброєння базових галузей важкої індустрії, перейти від виробництва окремих машин, в основному, до створення технологічних ліній і комплексів з високим ступенем автоматизації, суттєво збільшити випуск високотехнологічного обладнання.

Рішення поставлених завдань нерозривно пов'язане з прискоренням науково-технічного прогресу в металургії та машинобудуванні, з створенням економічних високопродуктивних машин і агрегатів високої надійності і довговічності, збільшенням виробництва засобів механізації та автоматизації підйомно-транспортних, вантажно-розвантажувальних і складських робіт для значного скорочення сфери застосування ручної, малокваліфікованої і важкої фізичної праці.

В умовах науково-технічного прогресу особливо важливий розвиток визначальних його галузей науки, техніки та виробництва. До таких галузей може бути віднесено і зварювання, яке в багатьох галузях промисловості є одним з основних факторів, що визначають темпи технічного прогресу, і має суттєвий вплив на ефективність суспільного виробництва. Практично немає жодної галузі машинобудування, приладобудування та будівництва, в яких не застосовувалось б зварювання. Зварне виконання багатьох видів металоконструкцій дозволило найбільш ефективно використовувати заготовки, отримані прокаткою, штампуванням, литтям і ковкою, а також метали з різними фізико-хімічними властивостями.



Потреба в вантажопідйомному обладнанні продовжує зростати. Це пояснюється тим, що більшу частку механізації різних виробничих процесів складають підйомно-транспортні машини. Мостові крани є основним вантажопідйомним обладнанням виробничих цехів. В якості вантажозахватного органу кранів служать: гаки, грейфери, електромагніти (мостові крани загального призначення), захвати й інші спеціальні пристрої (спеціальні мостові крани, призначені для обслуговування металургійних цехів).

При виробництві головної балки мостового крана необхідно збільшувати продуктивність праці для збільшення обсягу виробництва і скорочення часу на виготовлення конструкцій. Поліпшення якості продукції веде до тривалої і безпечної експлуатації даної зварної конструкції. Підвищення рівня комплексної механізації та автоматизації скоротить витрати часу на складально-зварювальні операції, замінить ручну працю на машинну, що спричинить за собою підвищення якості зварних конструкцій.

## 1 ПРИЗНАЧЕННЯ, КОНСТРУКЦІЯ І МАТЕРІАЛ ГОЛОВНОЇ БАЛКИ МОСТОВОГО КРАНА ГП-32 т

Мостовими називаються крани, у яких вантажопідйомний механізм розташований на візку, що переміщається по рухомий пролітної конструкції — мосту, а міст пересувається по рейках, розташованих на підкранових балках, що спираються на консолі колон будівлі або колон спеціальної естакади. Мостові крани використовуються практично у всіх сферах промислової діяльності людини. Монтажні схеми мостових кранів допускають їх використання, як в закритих приміщеннях, так і на відкритих місцевостях при будь-яких умовах навколишнього середовища. Ця обставина сприяє тому, що вони широко використовуються на складах, заводах різного профілю і митних терміналах.

Мостовий кран (рис. 1.1) складається: з вантажопідйомного візка 3 з механізмом підйому і пересування та моста 6 який представляє собою дві головні коробчаті балки 2, приєднані до кінцевих балок 1, в які вмонтовані приводні і не приводні колеса.



Умовні позначки:

- 1 – кінцева балка;
- 2 – головна балка;
- 3 – вантажопідйомний візок;
- 4 – прохідна галерея;
- 5 – кабіна управління;
- 6 – міст.

Рисунок 1.1 – Мостовий кран ГП-32 т

Управління всіма механізмами крана здійснюється з кабіни 5, прикріпленої до моста крана. Електродвигуни всіх механізмів крана живляться від цехових тролей. На головних балках моста є прохідні і непрохідні галереї. Прохідні галереї 4 пов'язані з кабіною через люк виходу на настил моста. Вони служать для огляду обладнання на мосту і візку. На другій головній балці непрохідні галереї, уздовж яких розташований допоміжний токопідвід [3].

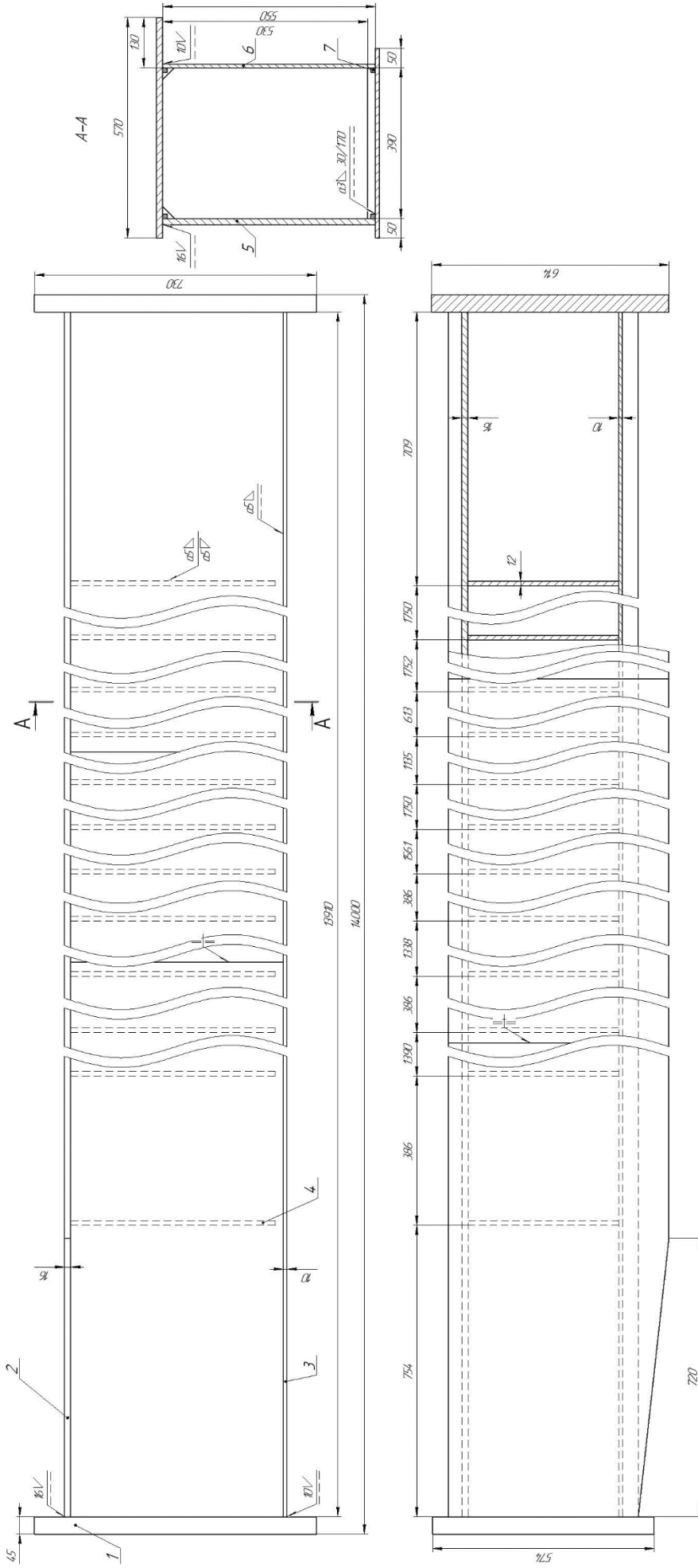
Залежно від типу приводу розрізняють двобалочні мостові крани з ручним і електричним приводом. Міст переміщається по підкрановим шляхах (уздовж цеху), покладеним на підкранові балки, що спираються на колони будівлі. Механізм пересування моста складається з електродвигуна і редуктора, встановлених в середині прольоту, і довгого валу, що з'єднує редуктор з ходовими колесами. У кранів великої вантажопідйомності застосовують індивідуальні приводи ходових коліс. По рейках, покладеним уздовж моста крана, пересувається вантажний візок з розташованою на ньому вантажопідйомною лебідкою і механізмом пересування візка. Для того щоб вантажний гак крана при підйомі і опусканні не мав поперечного переміщення, застосовується зрівняльний блок, а вантажопідіймальний канат запасовується двома кінцями з протилежних торців барабана. Управління мостовими кранами здійснюється з кабіни кранівника, що розташовується в більшості випадків біля краю моста. Тихохідні крани можуть мати управління з підлоги. При вантажопідйомності мостових кранів 15 т і вище застосовують дві вантажопідійомні лебідки — основну і допоміжну для підйому легких вантажів з більшою швидкістю.

Живлення крана електроенергією здійснюється через головні тролей, розташовані уздовж підкранової балки. Для обслуговування їх на мосту крана є майданчик. Кранові суцільностінчасті мости виготовляють автоматичним або напівавтоматичним зварювання. Візок являє собою конструкцію, що складається з зварної рами, одного або двох механізмів підйому, механізму пересування. Механізми пересування, як правило, виконуються за схемою з тихохідним валом. Передача електроенергії двигунів механізмів мостових кранів

здійснюється двома способами: за допомогою гнучкого підвісного кабелю на катух опорах (шторна підвіска кабелю) або за допомогою тролей, натягнутих вздовж підкранової колії і по мосту крана, і струмознімачів, укріплених на мості і на вантажному візку. Крім того, в залежності від монтажною схеми мостових кранів, можна виділити: кран підвісний і кран опорний. Кран підвісний при монтажі кріпиться до нижніх опор кранового шляху, а кран опорний монтується на металеві конструкції, які, в свою чергу, прикріплені до стін будівлі. Мостові крани зазвичай виготовляються з вантажопідйомним гаком, рідше-з одноканатним або двоканатним грейфером, з магнітною плитою і зі штабелюючим пристроєм. Вантажопідйомний механізм грейферних мостових кранів складається з двох лебідок, що працюють як спільно, так і порізно [1].

Головна балка є основним несучим вузлом кранових металоконструкцій. До головних балок кріплять рейки і майданчики для механізму пересування і для тролей. Її виконують у вигляді ферми з профільного прокату або з листа двотаврового або коробчастого перетину. Виготовлення балок коробчастого перетину на відміну від ферми з профільного прокату дозволяє широко застосовувати механізовані способи зварювання [1]. Головні балки в залежності від вантажопідйомності моста і його прольоту відрізняються розмірами перетину коробки і кількістю вварених діафрагм. Проведена уніфікація головних балок дозволила отримати вісім типорозмірів балок по висоті і чотири по ширині з довжиною прольоту від 10 000 до 34 500 м і масою від 0,9 до 19 т, що дозволило створити типові технологічні процеси їх виготовлення [1].

Головна балка (рис. 1.2) коробчастого перерізу мостового крана складається з нижнього поясу 3, бічних вертикальних стінок 5 і 6, великих діафрагм 4, верхнього поясу 2, квадратів 7 і опорних пластин 1. Вертикальні стінки, нижній і верхній поясу складаються з окремих елементів, зварених устик. Всі стики вертикальних стінок листових коробчастих конструкцій виконують зварюванням устик, без накладок, так як вони знижують вібраційну міцність з'єднання.



1 – опорна пластина; 2 – верхній пояс; 3 – нижній пояс; 4 – діафрагма; 5,6 – бічна стінка; 7 – квадрат

Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд головної балки

Матеріалом для елементів металоконструкцій головної балки служить листовий і квадратний прокат зі сталі 9MnSi5 (аналог 09Г2С). Хімічний склад і механічні властивості сталі 9MnSi5 представлені в табл. 1.1 і табл. 1.2 відповідно.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад листового і сортового прокату із сталі 9MnSi5 згідно EN 10025-2:2004, % по масі [2]

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	Fe
≤0,11	0,55 – 0,75	1,05 – 1,25	≤0,025	≤0,025	≤0,15	≤0,15	≤0,10	Основа

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 9MnSi5 при T = 20°C згідно EN 10025-2:2004 [2]

Межа плинності $\sigma_T$ , МПа	Межа міцності $\sigma_B$ , МПа	Відносне подовження $\delta$ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж
345	490	21	29

### 1.1 Умови експлуатації головної балки

Головна балка є однією з основних частин мостового крана, призначеного для виконання вантажно-розвантажувальних і транспортних операцій в цехах сучасних промислових підприємств, на монтажних і контейнерних майданчиках, на відкритих і закритих складах. Вони переміщуються по рейкових шляхах, розташованим на значній висоті від підлоги, мало займають корисного простору цеху.

В процесі експлуатації на головну балку діють статичні, динамічні і вібраційні навантаження від ваги вантажу, механізмів підйому і пересування, kabіни, а також від власної ваги. Вона постійно сприймає навантаження від маси

вантажу, що перевозиться, а також сприймає згинальний момент від діючої маси вантажу, що перевозиться.

Вертикальне навантаження від сили ваги візка і вантажу передається на вертикальні стінки порівну, оскільки рейки покладенні симетрично щодо вертикальної осі головної балки. Горизонтальні навантаження при пуску або гальмуванні крана сприймаються верхнім і нижнім поясами. Жорсткість головних балок забезпечується великими діафрагмами. Причому великі діафрагми забезпечують стійкість стінок головної балки. Великі діафрагми виконують з листа з вирізом або з кутників; приварюються по внутрішньому периметру головної балки. Головна балка в умовах експлуатації піддається впливу температури в межах від  $-25^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ .

Так як мостовий кран є конструкцією особливо відповідального призначення, то вимоги до швів повинні бути жорсткими. Шви повинні бути міцними і щільними, відповідати вимогам технологічної документації на дану конструкцію.

## 1.2 Труднощі, пов'язані зі зварюваністю матеріалу і шляхи їх подолання

Під зварюваність матеріалів розуміється комплексна технологічна характеристика металу або сплаву, яка відображає їх реакцію на процес зварювання і показує придатність даного матеріалу для отримання надійного зварного з'єднання.

Легуючі елементи істотно впливають на показники зварюваності сталей. Збільшення вмісту елементів, що підвищують гартування, супроводжується зниженням опору зварних з'єднань утворенню холодних тріщин. Елементи, зміцнюючи твердий розчин, сприяють, як правило, зниження ударної в'язкості металу в околошовній ділянці зони термічного впливу зварних з'єднань [4].

Для оцінки схильності сталей до утворення холодних тріщин користуються показником еквівалент вуглецю  $C_e$ , який розраховується за емпіричною формулою [4]:

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

Тут символи позначають вміст відповідних хімічних елементів у відсотках.

$$C_e = 0,11 + \frac{1,25}{20} + \frac{0,15}{10} + \frac{0,15}{15} = 0,20$$

Стали у яких  $C_e \leq 0,20$  відносяться до групи добре зварюваних сталей вони зварюються без обмежень, в широкому діапазоні режимів зварювання незалежно від товщини металу, жорсткості конструкцій, температури навколишнього середовища в звичайних виробничих умовах без попереднього підігріву.

При виготовленні повно розмірних балок мостового крана всі основні операції по заготівлі листових елементів і подальшому збиранню і зварюванню виконують у механізованих потокових лініях. Вузким місцем виробництва таких балок коробчатого перерізу є виконання таврового з'єднання діафрагм і стінок кутовими швами. Невелика відстань між стінками ускладнює автоматичне зварювання в горизонтальному положенні, а вручну зварювальнику доводиться виконувати ці шви у вкрай незручному положенні. Особливу увагу при виконанні цієї операції слід звернути на забезпечення ефективної витяжної місцевої вентиляції практично замкнутого простору всередині балки



### 1.3 Аналіз технології складання та зварювання виробу на базовому підприємстві

На базовому підприємстві ПАТ «Запоріжжкран» виготовлення головних балок проводиться в наступному порядку.

Перший етап. Згідно розкрию на складальний стіл укладають елементи верхнього і нижнього пояса і фіксують їх за упорами після чого перевіряють довжину і ширину поясів, а також прямолінійність поверхні. Потім виконують зварювання під шаром флюсу елементів верхнього і нижнього поясів за допомогою трактора А6 Mastertrac фірми ESAB.

Другий етап. За попередньо виставленими упорами для забезпечення будівельного підйому на складальний стіл укладають елементи бічних стінок балки. Перевіряють їх довжину, ширину і прямолінійність поверхні. Після чого виконують зварювання під шаром флюсу елементів бічних стінок за допомогою трактора А6 Mastertrac фірми ESAB. Зварені пояси і бічні стінки пред'являють ВТК для контролю якості зварних швів і перевірки геометричних розмірів.

Третій етап. На складальний портал АРМ 600x1500 укладають лист верхнього пояса головної балки (див. рис. 1.1, поз. 2) і перевіряють паралельність по торцях швелером стенду. Розмічають верхній пояс для установки квадратів згідно з кресленням. За нанесеною розміткою встановлюють квадрати (див. рис. 1.1, поз. 7) і приварюють їх до верхнього поясу за допомогою напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500.

Четвертий етап. Розмічають верхній пояс для установки діафрагм згідно з кресленням. В першу чергу від краю пояса відкладається креслярський розмір до центру балки – цей розмір є базовим при подальшій розмітці місць для установки діафрагм, так як розмітка ведеться від центру балки. Перевіряють перпендикулярність ліній розмітки до поясів косинцем або різницею діагоналей (за допомогою нівеліра).

Встановлюють на розмітку магнітний куточок і підганяють під нього діафрагму (див. рис. 1.1, поз. 4), так що б кут знаходився на розмітці. Вивіряють діафрагми з двох сторін по прямовису. Виконують першу прихватку по центру діафрагми і знову перевіряють положення за допомогою прямовису. Потім роблять прихватку по центру діафрагми з протилежного боку. Зварювання діафрагм з верхніх поясів виконують за допомогою напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500.

П'ятий етап. На верхній пояс з привареними діафрагмами по розмітці встановлюють вертикальні стінки (див. рис. 1.1, поз. 5 і 6) за допомогою траверси і притискають їх до діафрагм і верхнього поясу за допомогою гідроприжимів на порталі. За допомогою напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500 прихвачують вертикальні стінки до верхнього поясу, а потім до діафрагм. Перевіряють геометричні розміри на відповідність кресленню.

Виконують зварювання внутрішньої частини балки за допомогою напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500 і пред'являють балку ВТК для контролю зварних швів.

Шостий етап. На складальний стіл укладають лист нижнього поясу головної балки (див. рис. 1.1, поз. 3) і перевіряють його геометричні розміри. Розмічають нижній пояс для установки квадратів згідно з кресленням. За нанесеною розмітки встановлюють квадрати (див. рис. 1.1, поз. 7) і приварюють їх до нижнього поясу за допомогою напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500.

Сьомий етап. За допомогою крана встановлюють нижній пояс (див. рис. 1.1, поз. 3) з привареними квадратами на балку, прихвачують одну зі сторін поясу починаючи від центру балки. Перевіряють геометричні розміри балки і прихвачують другу сторону поясу також від центру балки.

Восьмий етап. З допомогою мостового крана перевертають балку на одну з бічних стінок і виконують зварювання поздовжніх швів балки під шаром флюсу з допомогою трактора А6 Mastertrac фірми ESAB. Після чого повторюють операцію на другій бічній стінці.

Дев'ятий етап. На зварену балку встановлюють опорні пластини (див. рис. 1.1, поз. 1) і приварюють їх до балки за допомогою напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500. Пред'являють балку ВТК для остаточного контролю зварних швів.

#### 1.4 Альтернативної варіант технологічного процесу складання і зварювання виробу

Для збільшення продуктивності праці і, як наслідок, зменшення собівартості виробу пропонуємо внести в базову технологію виготовлення головної балки мостового крану наступні зміни:

– замінити зварювання під шаром флюсу поясних швів балки на зварювання в середовищі захисних газів, за допомогою пересувного зварювального порталу з двома зварювальними пальниками. Така зміна дозволить зменшити час, що витрачається на операцію зварювання так як зварювання в середовищі захисних газів більш продуктивніше ніж зварювання під флюсом, а також зменшується трудомісткість так як немає необхідності в прибиранні залишків флюсу після зварювання поздовжніх швів. А наявність двох пальників дозволить одночасно зварювати два поясних шва балки.

Використання автоматизованих способів зварювання підвищить не тільки продуктивність, але і якість виготовленої продукції, що, в свою чергу, призведе до підвищення попиту на продукцію і сприятливо вплине на ставлення з замовниками.

Основні переваги зварювання в середовищі захисних газів (в порівнянні зі зварюванням під флюсом):

- підвищений ступінь захисту металів від окислення на відкритому повітрі;
- зручність у використанні даного типу зварювального апарату при роботі в різних просторових положеннях;

- при використанні в якості захисного газу аргону, на поверхні зварювального шва не виникає шлакових включень і оксидів;
- при використанні зварювання в середовищі захисних газів можливе спостереження за процесом формування зварювального шва і його регулювання;
- велика продуктивність і ефективність, ніж при використанні дугового зварювання під шаром флюсу.

## 2 ТЕХНІЧНІ УМОВИ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ПРИЙМАННЯ ЗВАРНОГО ВИРОБУ

### 2.1 Технічні умови на складання, зварювання, контроль якості

Технічні умови (ТУ) на виготовлення певного типу конструкцій містять перелік вимог, які слід пред'являти до матеріалів, обладнання та виконання технологічних операцій на різних етапах виготовлення конструкції. При складанні ТУ враховують особливості конструкційного матеріалу, призначення конструкції, умови її експлуатації, вимоги точності, економічні міркування. ТУ відображають досвід проектування, виготовлення та експлуатації, накопичені в даній області виробництва.

Вимоги до складання:

- застосування при складанні елементів балки прихваток в місцях, де не передбачено в подальшому накладення швів, не допустимо;
- перенесення і кантування краном важких і великогабаритних балок, зібраних тільки на прихватках, без застосування пристосувань, що забезпечують незмінність її форми, не допустимо;
- всі місцеві уступи і нерівності на зібраних деталях, що перешкоджають їх щільному приляганню, необхідно усувати наплавленням або зачисткою.

Вимоги до зварювання:

- запалювати дугу і виводити кратер на основний метал конструкції за межі шва забороняється. Всі опіки на поверхні основного металу повинні бути зачищені абразивним інструментом на глибину не менше 0,5 мм;
- зварні шви повинні мати гладку і рівномірно-лускату поверхню. Кутові шви повинні мати плавні переходи до основного металу [5];
- стики листів полук і стінок балки повинні виконуватися у стик без накладок із застосуванням двостороннього зварювання. При цьому стики листів полук, щодо стику стінок балки, повинні знаходитися на відстані не менше 100

мм по обидві сторони від стику стінок. Допускається одностороннє зварювання за умови підварювання кореня шва;

- всі зварні шви повинні бути безперервними.

- поверхня стикових швів листів полук в місцях сполучення зі стінками повинна бути зачищена врівень з основним металом. На вимогу споживача допускається зняття посилення стикового шва листів полук і стінок балки з двох сторін;

- при виконанні стикових швів повинен забезпечуватися повний провар. Тимчасовий опір наплавленого металу має бути не нижче тимчасового опору основного металу.

Технічні умови на контроль якості:

- контроль якості повинен здійснюватися систематично в процесі всього виробничого циклу. Порядок контролю вказується в карті технологічного процесу;

- зібрана конструкція повинна бути перевірена виробничим майстром і прийнята конструктором ВТК (відділ технічного контролю). Контроль якості зварних з'єднань може здійснюватися: зовнішнім оглядом і вимірами, ультразвуковим методом контролю;

- зовнішньому огляду піддають 100% довжини швів. Дефектні ділянки допускається видаляти механічним шляхом, газокисневим різакон. Всі виправлені зварні шви повинні піддаватися контролю.

- ультразвуковий метод контролю заснований на здатності ультразвукових хвиль відбиватися по межах розділу двох середовищ, що володіють різними акустичними властивостями. За допомогою ультразвуку можна виявити тріщини, раковини, розшарування в місцях, непровари, шлакові включення, пори.

## 2.2 Вимоги до основного матеріалу

Для виготовлення головної балки використовують листовий і сортовий прокат зі сталі 9MnSi5 який поставляється по EN 10025-2: 2004 і EN 10059: 2003 відповідно.

Вхідний листовий і сортовий прокат повинен мати сертифікат заводу-виробника із зазначенням хімічного складу і механічних властивостей. При відсутності сертифіката або неповноті сертифікатних даних застосування цього матеріалу може бути допущено тільки після проведення необхідних випробувань, що підтверджують відповідність металу всім вимогам стандарту або технічних умов.

До листового прокату пред'являються такі вимоги [2]:

- на поверхні широких граней не повинно бути рванин, наскрізних розривів, розкатаних пригарів, а також бульбашок-здуття, гармошки, тріщин, полон, розкатних забруднень і катаної окалини. Усунення неприпустимих дефектів поверхні проводять зачисткою. Отримані при зачистці заглиблення повинні мати плавні переходи з співвідношення ширини зачистки до її глибини не менше 5:1. Зачистку проводять абразивним інструментом або способами, що не викликають зміну властивостей прокату. Глибина зачистки дефектів не повинна виводити розмір прокату за граничне мінусове відхилення по товщині;
- допускається зачистка дефектів поверхні площею окремо зачищеного ділянки не більше  $100 \text{ см}^2$  на глибину 5% номінальної товщини понад мінусового відхилення по товщині, але не більше 3 мм, при цьому сумарна площа всіх зачищених ділянок даної глибини не повинна перевищувати 2% площі листа;
- загальна площа зачищеної поверхні не повинна перевищувати 20% площі листа;
- зачищена поверхня не повинна мати рисок, видимих неозброєним оком, на границі зони зачистки не повинно бути уступів;

- на поверхні прокату в зоні катаних кромок не повинно бути розшарувань, рванин, тріщин, полон, забруднень, вкатої окалини, волосовин і рисок, що виводять прокату за мінімальні розміри по товщині;
- на обрізаних бічних і торцевих крайках прокату не повинно бути розшарувань, тріщин, зазубрин і рванин, а також задирок висотою більше 2 мм;
- місцева реброва кривизна на 1 м довжини смуги не повинні перевищувати 2 мм;
- максимальне опуклість бічних граней не повинна перевищувати 3 мм, при цьому розміри смуги не повинні перевищувати граничні відхилення по ширині;
- не площинність широкосмугового прокату не повинна перевищувати 0,3% ширини і довжини.

До сортового прокату пред'являються наступні вимоги [6]:

- кривизна прокату не повинна перевищувати 0,5% довжини;
- різниця діагоналей в одному перерізі не повинна перевищувати подвоєною суми граничних відхилень по стороні квадрата;
- скручування прутка прокату не повинно перевищувати 4° на 1 м прокату і не більше 24° на всю довжину прокату.

### 2.3 Вимоги до зварювальних матеріалів

Для зварювання сталі 9MnSi5 рекомендується використовувати зварювальний дріт близьку за хімічним складом до основного металу і який містить меншу кількість вуглецю.

Для механізованого та автоматичного зварювання в середовищі захисних газів використовуємо дріт ESAB OK Aristorod 12.50 а в якості захисного газу для зменшення розбризкування металу застосовуємо суміш захисних газів 92%Ar + 8%CO<sub>2</sub>. Ця газова суміш дозволяє простіше здійснювати струменевий



перенесення, шви виходять більш пластичними, а ймовірність появи пір мінімальна.

Вуглекислий газ має властивість до окислення з залізом і вуглецем, що знаходяться в металі. Щоб захистити метал виробу від цього процесу, рекомендується застосовувати дріт з підвищеним рівнем марганцю і кремнію. Ці компоненти хімічно активніше, ніж залізо, тому спочатку окислюються вони, тим самим беручи на себе «удар» і захищають виріб. Поки в зварювальній зоні присутні ці два елементи, залізо і вуглець не будуть окислюватися. Відходи, тобто оксиди марганцю і кремнію, які утворюються при дії високої температури і окислювальної реакції являють собою легкоплавкі з'єднання, які спливають на поверхню зварювальної ванни і кристалізується у вигляді шлаку. Хімічний склад дроту ESAB ОК Aristorod 12.50 представлений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту ESAB ОК Aristorod 12.50 по ДСТУ ISO 14341-2012, % по масі [7]

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P	V
0,06 – 0,10	0,45 – 0,70	1,20 – 1,50	0,95 – 1,25	≤0,30	0,50 – 0,70	0,025	0,025	0,20 – 0,35

Зварювальний дріт поставляється по ДСТУ ISO 14341-2012, і до нього пред'являються наступні вимоги [7]:

– граничне відхилення діаметра від номінального-0,16 мм, допустима овальність 0,08 мм;

– поверхня дроту повинна бути чистою і гладкою, без тріщин, розшарувань, полон, раковин, забоїн, окалини, іржі, мастила та інших забруднень. На поверхні дроту допускаються різки, подряпини, місцева рябизна і окремі вм'ятини. Глибина зазначених дефектів не повинна перевищувати граничні відхилення по діаметру дроту;

– на поверхні дроту не допускається наявність технологічних мастил, за виключення слідів мильною мастила без графіту і сірки.

Газова суміш для зварювання поставляється по ДСТУ ISO 14175-2010, і до неї пред'являються наступні вимоги [8]:

– чистота і точка роси газової суміші повинна відповідати нормам, представлених в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Норми по чистоті газової суміші 92%Ar + 8%CO<sub>2</sub> [8]

Мінімальна чистота, %	Точка роси при тиску 0,101 МПа, °С	Об'ємна частка водяної пари, ppm, не більше
99,9	-44	80

Для зварювання стиків поясів і стінок під шаром флюсу застосовують флюс ОК FLUX 10.71 спільно з дротом ESAB ОК 12.20. Хімічний склад флюсу ОК FLUX 10.71 і дроту ESAB ОК Autrod 12.20 представлений в табл. 2.3 і 2.4 відповідно [9, 10].

Таблиця 2.3 – Хімічний склад флюсу ОК FLUX 10.71 по ДСТУ ISO 14174-2010, % по масі [9]

SiO <sub>2</sub> +TiO <sub>2</sub>	MnO+ Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO+ MgO	CaF <sub>2</sub>
20,0	35,0	25,0	3,0 – 6,0

Таблиця 2.4 – Хімічний склад дроту ESAB ОК Autrod 12.20 по EN ISO 14171-2011, % по масі [10]

C	Si	Mn	S	P
0,08 – 0,12	≤0,10	0,90 – 1,15	0,020	0,020

Зварювальний флюс ОК Flux 10.71 - керамічний зварювальний флюс алюмінатно-основного типу, призначений для одно - і багатопрохідного електродугового зварювання на постійному і змінному струмі вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей перлітового класу з нормативним

тимчасовим опором розриву до 600 МПа. Цей флюс має високі для основного флюсу зварювально-технологічними властивостями, зберігаючи при цьому низький вміст шлакових включень в наплавленому металі, що забезпечує отримання високої ударної в'язкості при температурах до - 40°C.

Флюс поставляється по ДСТУ EN 13479-2010, і до нього пред'являються наступні вимоги [11]:

- флюс повинен виготовлятися у вигляді однорідних зерен. Вміст сторонніх часток (нерозчинених частинок сировинних матеріалів, футерування, вугілля, графіту, коксу, металевих частинок та ін.) має бути не більше: 0,5% від маси флюсу;
- колір флюсу ОК Flux 10.71 від жовтого до коричневого всіх відтінків;
- розмір зерен 0,2-1,60 мм; будова зерен-склоподібна; насипна щільність 1,2 кг/дм<sup>3</sup>.

## 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ

### 3.1 Підготовка кромок

Від стану поверхні зварюваних кромок значною мірою залежить якість зварних швів.

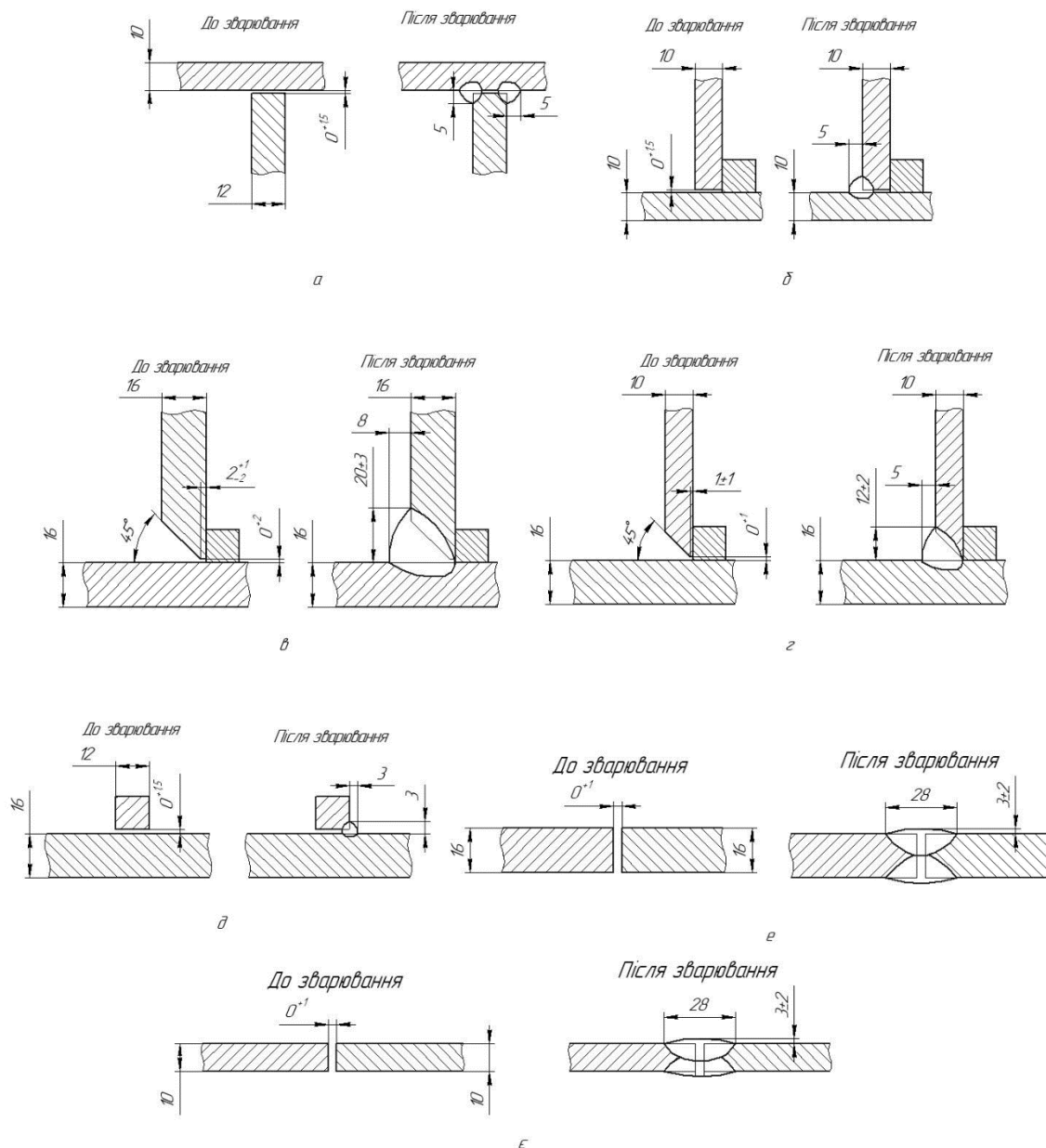
Безпосередньо перед складанням під зварювання кромки деталей і прилеглі до них ділянки завширшки від 30 мм до 50 мм зачищаються від іржі, окалини, фарби, масла та інших забруднень.

Зачистку виконують пневматичною машиною, забезпеченою сталеву дрютяною щіткою або абразивним кругом. Мастило і фарбу видаляють тканиною, змоченою в ацетоні. Чистоту кромок перевіряють перед початком зварювання. Зазори між деталями необхідно витримувати відповідно до вимог стандарту.

Поверхні кромок не повинні мати надривів і тріщин. При обробці абразивним інструментом сліди зачистки повинні бути спрямовані уздовж кромок [5].

На зварювальних кромках стінок (див. рис. 1.1, поз. 5 і 6) виконують фаску під кутом  $45^\circ$  з притупленням  $(1\pm 1)$  мм. Фаски виконують за допомогою кромкофрезерної машини.

Конструктивні елементи підготовлених кромок зварюваних деталей і геометричні розміри зварних швів повинні відповідати ДСТУ ISO 9692-1 – 2016 (рис. 3.1) [12].



- а – діафрагми з вертикальними стінками;
- б – стінки поз. 5 і 6 з нижнім поясом;
- в – стінка поз. 5 з верхнім поясом;
- г – стінка поз. 6 з верхнім поясом;
- д – верхній та нижній пояс з квадратами;
- е, є – листи поясів та вертикальних стінок.

Рисунок 3.1 – Підготовка кромки під зварювання і геометричні розміри зварних швів

### 3.2 Вибір електродних матеріалів

Для зварювання сталі 9MnSi5 рекомендується використовувати зварювальний дріт близьку за хімічним складом до основного металу і який містить меншу кількість вуглецю.

Для механізованого та автоматичного зварювання в середовищі захисних газів використовуємо дріт ESAB ОК Aristorod 12.50 а в якості захисного газу для зменшення розбризкування металу застосовуємо суміш захисних газів 92%Ar + 8%CO<sub>2</sub>. Ця газова суміш дозволяє простіше здійснювати струменеве перенесення, шви виходять більш пластичними, а ймовірність появи пір мінімальна.

Хімічний склад наплавленого металу дротом ESAB ОК Aristorod 12.50 в газовій суміші 92%Ar + 8%CO<sub>2</sub> і механічні властивості зварного шва представлені в табл. 3.1 і табл. 3.2 відповідно.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад наплавленого металу дротом ESAB ОК Aristorod 12.50, % по масі

C	Si	Mn
0,10	0,72	1,11

Таблиця 3.2 – Механічні властивості зварних швів виконаних дротом ESAB ОК Aristorod 12.50

Межа плинності $\sigma_T$ , МПа	Межа міцності $\sigma_B$ , МПа	Відносне подовження $\delta$ , %	Ударна в'язкість КСУ при $T = -20^\circ\text{C}$ , Дж
470	560	26	90

Для автоматичного зварювання стиків поясів і стінок використовуємо зварювальний дріт ESAB ОК 12.20 спільно з флюс ОК FLUX 10.71.

Хімічний склад наплавленого металу дротом ESAB ОК 12.20 спільно з флюс ОК FLUX 10.71 і механічні властивості зварних швів представлені в табл. 3.3 і табл. 3.4 відповідно.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад наплавленого металу дротом ESAB ОК 12.20 спільно з флюс ОК FLUX 10.71, % по масі

C	Si	Mn
0,05	0,30	1,40

Таблиця 3.4 – Механічні властивості зварних швів виконаних дротом ESAB ОК 12.20 спільно з флюс ОК FLUX 10.71

Межа плинності $\sigma_T$ , МПа	Межа міцності $\sigma_B$ , МПа	Відносне подовження $\delta$ , %	Ударна в'язкість КСУ при $T = -20^\circ\text{C}$ , Дж
410	510	29	80

### 3.3 Вибір параметрів режиму зварювання

Параметри режиму зварювання вибирають виходячи з товщини зварюваного металу і необхідної форми зварного шва, яка визначається глибиною проплавлення і шириною шва. Режими зварювання визначають за довідковими таблицями або наближеним розрахунком з подальшою перевіркою на технологічних пробах. Зазвичай режим зварювання вибирають в наступному порядку: в залежності від товщини металу, що зварюється вибирають діаметр електродного дроту, потім в залежності від діаметра встановлюють силу зварювального струму, далі швидкість подачі електрода і швидкість зварювання.

Режими автоматичного зварювання під флюсом включають ряд параметрів. Основні з них – сила зварювального струму, напруга дуги, швидкість

зварювання, діаметр електродного дроту, рід і полярність струму. Додаткові параметри – виліт електрода та ін.

Параметри режиму зварювання вибирають виходячи з товщини зварюваного металу і необхідної форми зварного шва, яка визначається глибиною проплавлення і шириною шва. Режими зварювання визначають за довідковими таблицями або наближеним розрахунком з подальшою перевіркою на технологічних пробах. Зазвичай режим зварювання вибирають в наступному порядку: в залежності від товщини металу, що зварюється вибирають діаметр електродного дроту, потім в залежності від діаметра встановлюють силу зварювального струму, далі швидкість подачі електрода і швидкість зварювання.

Сила зварювального струму. Від сили струму залежить теплова потужність дуги. При збільшенні сили струму кількість теплоти яка виділяється зростає і збільшується тиск дуги на ванну. Це призводить до збільшення глибини проплавлення основного металу і частки участі його у формуванні швів. Ширина шва при цьому практично мало змінюється.

Діаметр електродного дроту. При збільшенні діаметра електродного дроту та незмінному зварювальному струмі щільність струму на електроді зменшується, одночасно посилюється блукання дуги між кінцем електрода і поверхнею зварювальної ванни, що призводить до зростання ширини шва і зменшення глибини провару. І, навпаки, при зменшенні діаметра електродного дроту щільність струму збільшується, зменшується блукання дуги, відбувається концентрація теплоти на малій площі зварювальної ванни, і глибина провару зростає, ширина шва при цьому зменшується. Це дозволяє при зварюванні тонким електродним дротом порівняно на невеликих струмах отримувати глибокий провар.

Напруга дуги. З усіх параметрів режимів автоматичних способів дугового зварювання напруга дуги має найбільший вплив на ширину шва. З підвищенням напруги дуги збільшуються її довжина і рухливість, в результаті чого зростає частка теплоти, що йде на плавлення поверхні основного металу і флюсу. Це призводить до значного збільшення ширини шва, причому глибина



проплавлення зменшується, що особливо важливо при зварюванні тонкого металу. Дещо зменшується і висота опуклості шва.

З підвищенням напруги дуги збільшення ширини шва залежить і від роду струму. При одних і тих же напругах дуги ширина шва при зварюванні на постійному струмі, а в особливості при зворотній полярності, значно більше ширини шва, виконаного на змінному струмі.

Рід струму і полярність. Характер залежності форми і розмірів шва від основних параметрів режимів зварювання при змінному струмі приблизно такий же, як і при постійному. Однак полярність постійного струму чинить різний вплив на глибину проплавлення, що пояснюється різною кількістю теплоти, що виділяється на катоді і аноді. При дугового зварювання під флюсом постійним струмом застосовується, як правило, зворотна полярність.

Швидкість зварювання. Вплив швидкості зварювання на глибину проплавлення і ширину шва носить складний характер. Спочатку при збільшенні швидкості зварювання стовп дуги все більше витісняє рідкий метал, товщина прошарку рідкого металу під дугою зменшується, і глибина проплавлення зростає. При подальшому збільшенні швидкості зварювання (більше 40 – 50 м/год) помітно зменшується погонна енергія і глибина проплавлення починає зменшуватися. У всіх випадках при збільшенні швидкості зварювання ширина постійно зменшується. При швидкості зварювання більше 70 – 80 м/год основний метал не встигає достатньо прогріватися, в результаті чого по обидва боки шва можливі не сплавлення кромок або подрізи.

Виліт електрода. Зі збільшенням вильоту електрода зростає інтенсивність його попереднього підігріву зварювальним струмом. Електрод плавиться швидше, а основний метал залишається порівняно холодним. Крім того, збільшується довжина дуги, що призводить до зменшення глибини проплавлення і деякого збільшення ширини шва. Зазвичай виліт при автоматичної зварюванні становить 40 – 60 мм [13].

Параметри режиму автоматичного зварювання під шаром флюсу головної балки мостового крана представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Параметри режиму автоматичного зварювання під шаром флюсу

Тип шва	Діаметр дроту $d$ , мм	Сила струму $I_{зв}$ , А	Напруга $U_d$ , В	Швидкість зварювання $V_{зв}$ , м/ГОД	Полярність
Стиковий	3	645 – 655	30 – 33	27 – 30	Зворотна

В режими зварювання в середовищі захисних газів входять: рід електричного струму і полярність, сила зварювального струму, напруга дуги, швидкість зварювання, витрата захисного газу, діаметр електродного дроту, швидкість подачі дроту.

При автоматичному і напівавтоматичному зварюванні в середовищі захисних газів зазвичай застосовують постійний струм зворотної полярності, так як зварювання струмом прямої полярності призводить до нестійкого горіння дуги і більшого розбризкування [14].

Із збільшенням сили зварювального струму збільшується глибина провару і підвищується продуктивність процесу зварювання. Чим довше дуга, тим більше напруга. Чим коротше дуга, тим стабільніше процес зварювання, менше розбризкування і вище якість шва. Зі збільшенням напруги дуги збільшується ширина шва і зменшується глибина його провару. Швидкість подачі електродного дроту підбирають так, щоб забезпечувалося стійке горіння дуги при вибраній напрузі. Зі збільшенням вильоту електрода з струмопідводячого мундштука погіршується стійкість горіння дуги і формування шва, а також збільшується розбризкування. Витрата захисного газу визначають в залежності від сили струму, швидкості зварювання, діаметра електродного дроту. В середньому газу витрачається від 5 л/хв до 30 л/хв [13].

Параметри режиму напівавтоматичного зварювання в суміш захисних газів 92%Ar + 8%CO<sub>2</sub> представлені в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Параметри режиму напівавтоматичного зварювання [15]

Тип зварного з'єднання	Діаметр дроту $d$ , мм	Сила струму $I_{зв}$ , А	Напруга $U_d$ , В	Витрата захисного газу, л/хв
Таврове	1,6	340 – 360	34 – 35	14 – 16

Параметри режиму автоматичного зварювання поясних швів балки в суміш захисних газів 92%Ar + 8%CO<sub>2</sub> представлені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Параметри режиму автоматичного зварювання поясних швів балки

Діаметр дроту $d$ , мм	Сила струму $I_{зв}$ , А	Напруга $U_d$ , В	Швидкість зварювання $V_{зв}$ , м/ч	Витрата захисного газу, л/хв
2,0	300 – 450	27 – 35	18 – 30	15 – 20

### 3.4 Технологія і техніка складання і зварювання головної балки

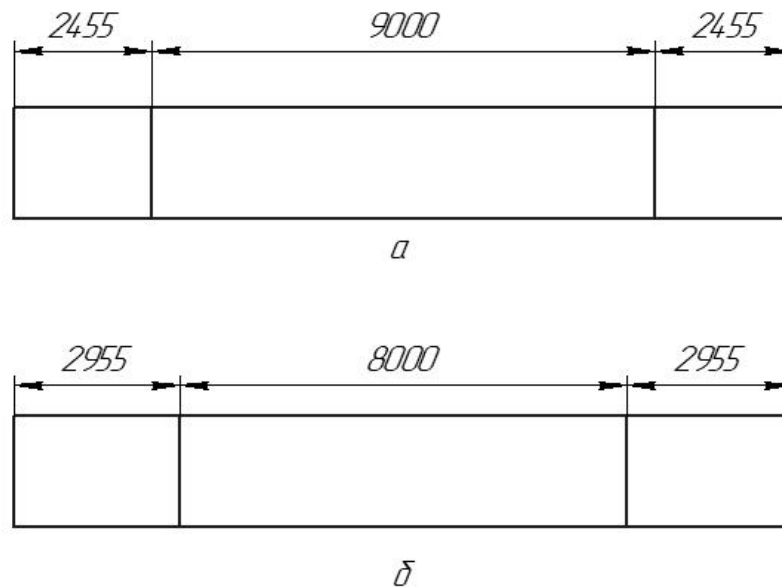
Технологічний процес виготовлення зварних конструкцій складається з окремих операцій, основні з яких заготівельні, складальні, зварювальні, контрольні.

Складання головної балки повинно бути досить точним; особлива увага приділяється симетрії розташування та взаємної перпендикулярності поясів і стінок.

Вимоги точності виготовлення і підвищення продуктивності визначають доцільність застосування складальних порталів. Їх конструкція залежить від розміру балки і обсягу випуску однотипної продукції. Загальною вимогою до накопичувального кондуктору великосерійного виробництва є можливість

регулювання взаємного розташування фіксуючих елементів з метою забезпечення випуску балок різних розмірів.

Згідно розкрию (рис. 3.2) на складальний стіл укладають елементи верхнього і нижнього пояса та стінок і фіксують їх за упорами після чого перевіряють довжину і ширину поясів та стінок, а також прямолінійність поверхні. Потім виконують зварювання під шаром флюсу за допомогою трактора. Після зварювання шви на поясах і стінках зачищають за допомогою шліфувальної машинки. Зварені пояси і стінки пред'являють ВТК для контролю якості зварних швів і перевірки геометричних розмірів.



а – верхній та нижній пояс;

б – стінки.

Рисунок 3.2 – Схема складання поясів і стінок

Розмічають верхній та нижній пояс для установки квадратів згідно з кресленням. За нанесеною розміткою встановлюють квадрати (рис. 3.3) і приварюють їх до поясів за допомогою напівавтомата в середовищі захисних газів.

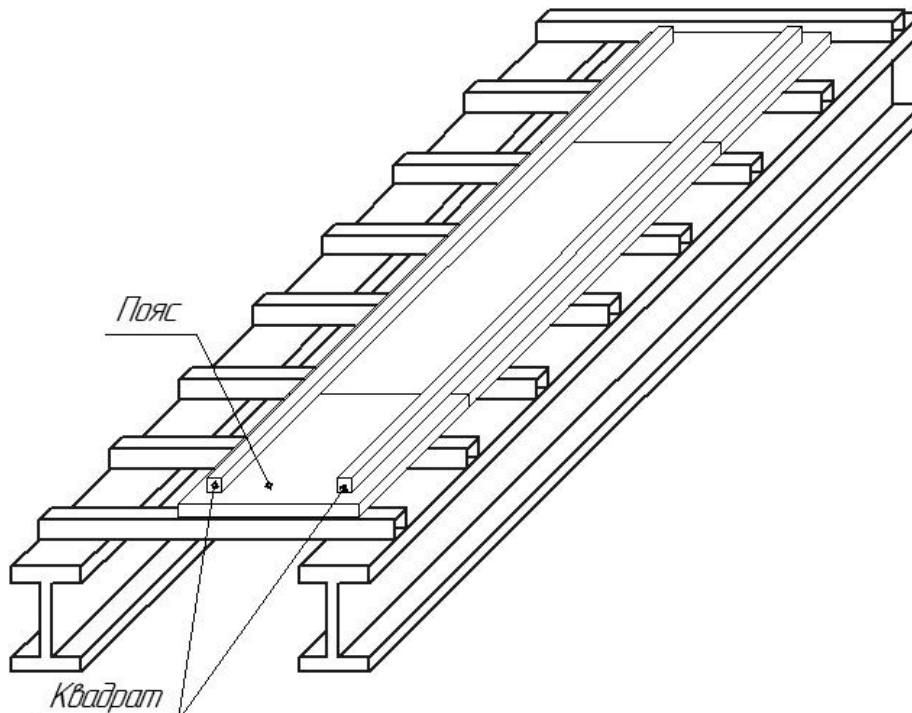


Рисунок 3.3 – Схема приварювання квадратів

На складальний портал АРМ 600х1500 укладають лист верхнього пояса головної балки з привареними квадратами. Розмічають верхній пояс для установки діафрагм згідно ескізу (рис. 3.4).

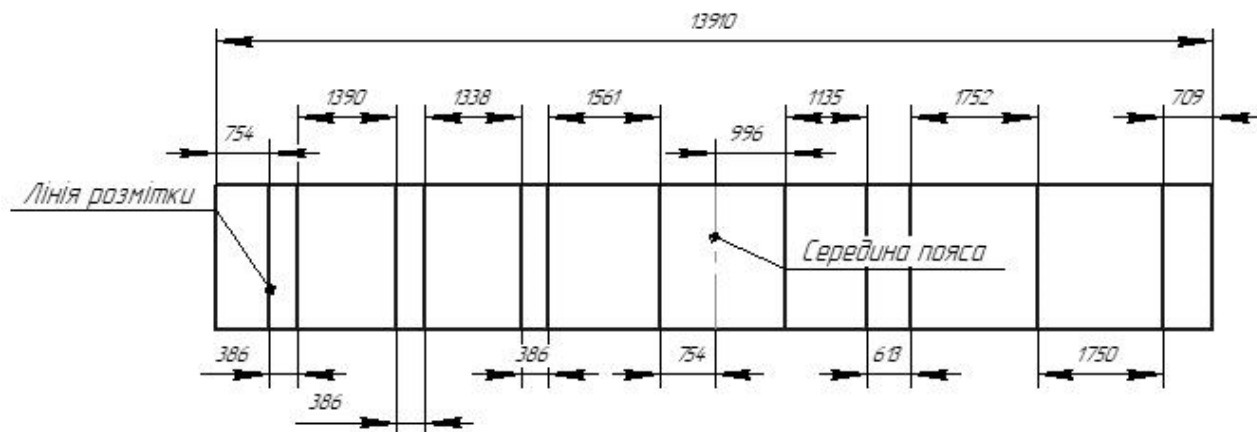


Рисунок 3.4 – Схема розмітки верхнього пояса для установки діафрагм

В першу чергу від краю пояса відкладається креслярський розмір до центру балки – цей розмір є базовим при подальшій розмітці місць для установки діафрагм, так як розмітка ведеться від центру балки. Перевіряють перпендикулярність ліній розмітки до поясів косинцем або різницею діагоналей (за допомогою нівеліра).

Встановлюють на розмітку магнітний кутник так що б кут знаходився на розмітці (рис. 3.5, а) і підганяють під нього діафрагму (рис. 3.5, б). Вивіряють діафрагми з двох сторін по прямовису. Зібрані деталі з'єднують короткими швами – прихватками, щоб зафіксувати деталі в заданому положенні і забезпечити постійний і рівномірний зазор між ними. Виконують першу прихватку по центру діафрагми і знову перевіряють положення за допомогою прямовису. Потім роблять прихватку по центру діафрагми з протилежного боку. Прихвачування виконує кваліфікований зварник в середовищі захисних газів, тими ж зварювальними матеріалами і на тих же режимах, що і зварювання. Довжина прихваток має становити 24 мм, а відстань між ними 80 мм. Катет шва прихваток повинен бути від 2 мм до 3 мм і при накладенні основного шва щоб уникнути непроварів прихватки повинні бути переплавлені [16].

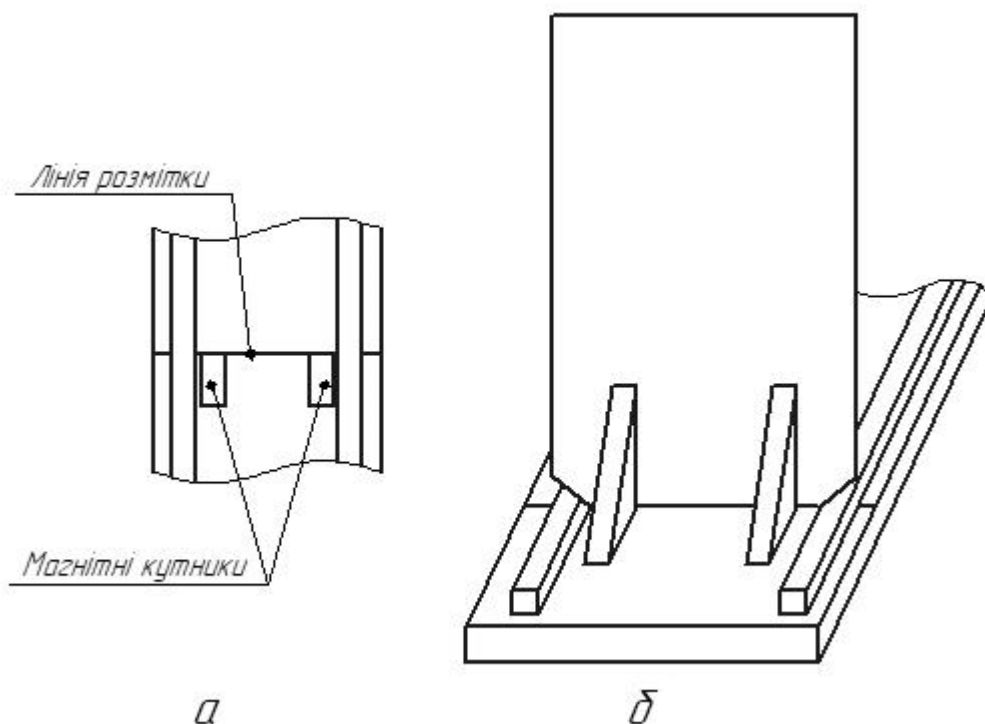
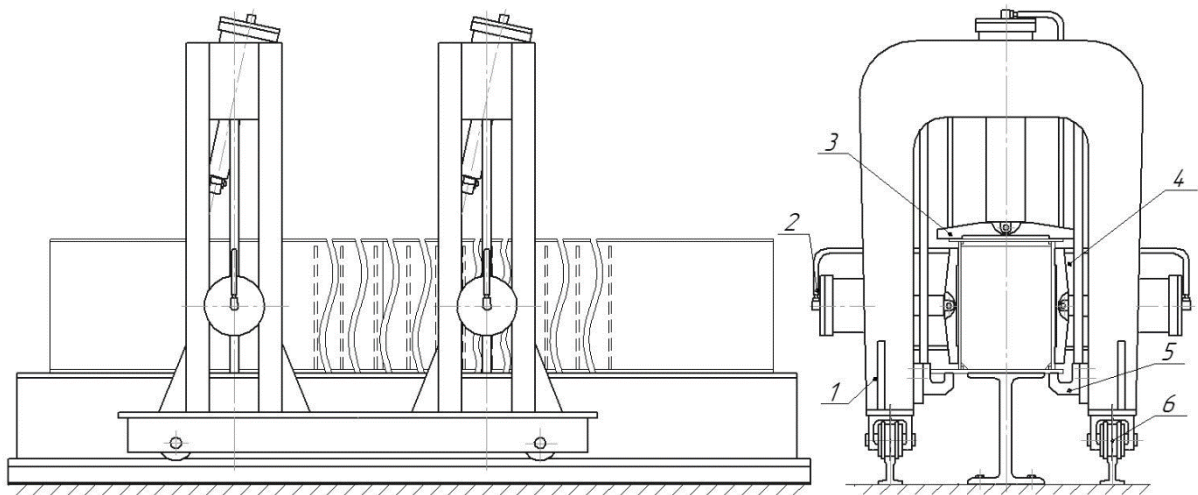


Рисунок 3.5 – Схема постановки діафрагм

Після прихвачування діафрагм прибирають магнітні кутники і виконують зварювання діафрагм з верхніх поясів в середовищі захисних газів. При зварюванні таврових з'єднання кут між вертикальною стінкою виробу та зварювальним пальником має бути в межах від  $25^\circ$  до  $35^\circ$ . Електрод або направляють точно в кут, або зміщують на 1 – 1,5 мм на горизонтальну полку.

На верхній пояс з привареними діафрагмами по розмітці встановлюють вертикальні стінки за допомогою траверси і притискають їх до діафрагм і верхнього поясу за допомогою пневмоприжимів 4 на порталі (рис. 3.6). За допомогою напівавтомата в середовищі захисних газів прихвачують вертикальні стінки до верхнього поясу, а потім до діафрагм. Після цього притиски відводяться і портал пересувається вздовж балки на колесах 6 до місця наступних прихваток на крок прихватки від 350 мм до 400 мм.



Умовні позначки:

- 1 – рама;
- 2 – розподільний кран;
- 3 – вертикальний пневмоприжим;
- 4 – горизонтальний пневмоприжим;
- 5 – захват;
- 6 – колесо.

Рисунок 3.6 – Складання вертикальних стінок з верхнім поясом

Довжина прихваток стінок до верхнього поясу має становити 80 мм. Катет шва прихваток повинен бути від 2 мм до 3 мм і при накладенні основного шва щоб уникнути непроварів прихватки повинні бути переплавлені [16].

Після прихватки відводять портал і виконують зварювання внутрішньої частини балки згідно послідовності показаної на рис. 3.7. Після чого пред'являють балку ВТК для контролю зварних швів.

За допомогою крана встановлюють нижній пояс на балку, і притискають його до стінок за допомогою вертикальних притисків 3 складального порталу. Прихоплюють одну зі сторін пояса починаючи від центру балки. Перевіряють геометричні розміри балки і прихоплюють другу сторону пояса також від центру балки. Розміри і крок прихваточних швів такі ж, як і при прихватці стінок до верхнього поясу.

За допомогою мостового крана встановлюють балку на бічну стінку у зварювальний самохідний портал і виконують зварювання поясних швів головної балки у середовищі захисних газів. Після чого перевертають балку і повторюють операцію на другій бічній стінці.

На зварену балку встановлюють опорні пластини і приварюють їх до балки за допомогою напівавтомата.

Після зварювання балку транспортують на дільницю контролю якості для остаточного контролю якості зварних швів.

### 3.5 Зварювальні напруження і деформації, заходи боротьби з ними

При зварюванні балок коробчастого перерізу можуть виникнути як загальні деформації (вигин і вкорочення всієї балки), так і місцеві деформації поясів або стінок. І загальні і місцеві деформації залежать від розмірів зварних швів, режиму зварювання і послідовності накладення швів.



В процесі виконання зварювальних робіт велике значення має вибір раціональної послідовності виконання зварних з'єднань в конструкції, при цьому слід прагнути до досягнення взаємного врівноваження можливих деформацій від послідовно виконуваних швів, а замикаючі з'єднання, що створюють жорсткий контур у виробі, зварювати в останню чергу.

Процес зварювання діафрагм з бічними стінками починають з приварки середньої діафрагми від середини до країв (рис. 3.7). Потім послідовно приварюються наступні діафрагми до кінців балки.

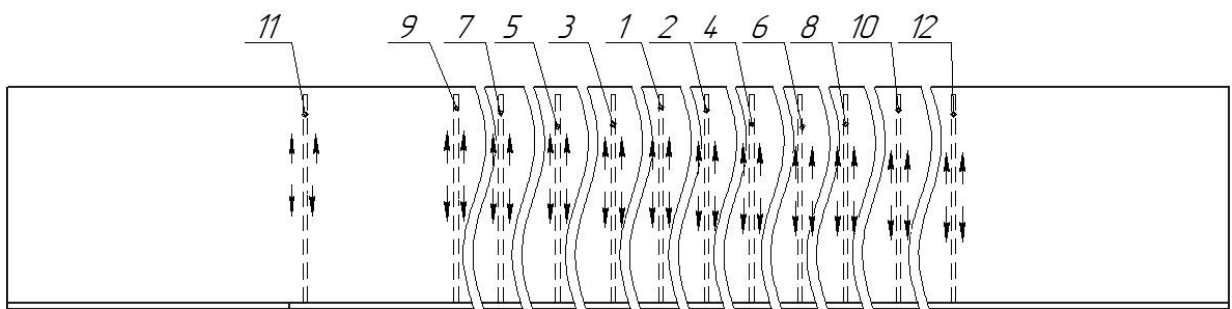


Рисунок 3.7 – Послідовність зварювання діафрагм

### 3.6 Контроль якості зварного виробу

Зварний виріб після завершення всіх технологічних операцій пред'являють для технічного контролю. Контроль здійснюють поетапно.

За етапами процесу технічний контроль класифікується на вхідний, операційний і приймальний.

При вхідному контролі перевіряється якість вихідних матеріалів, що застосовуються для виготовлення виробу, яка повинна задовольняти вимогам, встановленим в стандартах, технічних умовах, договорах і поставках.

При операційному контролі перевіряється відповідність заготовки, складання, дотримання технологічних режимів, виконання технологічного процесу, стан зварювального обладнання та оснащення.

При приймальному контролі перевіряється відповідність якості зварних вузлів вимогам, встановленим у нормативно-технічній документації, а також геометричні розміри зварного виробу. Контроль кінцевої балки виконують зовнішнім оглядом і обміром зварних швів, а також ультразвуковою дефектоскопією.

Контроль якості зварних з'єднань зовнішнім оглядом з перевіркою геометричних розмірів і форми зварних швів виконується у 100% обсязі [5]. Розміри і форма зварних швів перевіряється за допомогою шаблонів, і вони повинні відповідати вимогам ДСТУ ISO 9692-1 – 2016 (див. рис. 3.1).

Візуальний огляд зварних швів виконують із застосуванням лупи з 5 – 10-ти кратним збільшенням. За зовнішнім виглядом шви зварних з'єднань повинні задовольняти наступним вимогам:

- мати гладку або рівномірно лускату поверхню (без напливів, звужень і перерв) і не мати різкого переходу до основного металу;
- наплавлений метал повинен бути щільним по всій довжині шва, не мати тріщин і дефектів, що виходять за межі, зазначені в технологічній документації;
- всі кратери повинні бути заварені.

Неприпустимі дефекти, виявлені при контролі, повинні бути усунені з подальшим контролем виправлених ділянок.

Не допустимі дефекти, виявлені при візуальному контролі повинні виправлятися таким чином:

- надмірні посилення зварних швів потрібно видаляти механічним способом, недостатні посилення виправити підварюванням попередньо зачищеного шва;
- напливи видалити механічним способом і при необхідності підварити;
- підрізи і поглиблення між валиками підварити, попередньо зачистивши місця підварки;

- дефектні ділянки – тріщини, незаплавлені кратери, пори, неметалеві включення і непровари видалити до «здорового» металу, не залишаючи гострих кутів, і підварити до отримання шва нормального розміру. На ділянках шва з тріщиною її кінці перед зачисткою повинні бути засвердлені свердлом діаметром від 2 мм до 4 мм.

Видалення дефектів проводиться механічною зачисткою абразивним інструментом. При видаленні дефектів механічною зачисткою ризику на поверхні металу від абразиву повинні бути направлені уздовж зварного з'єднання.

Якщо при контролі виправленої ділянки будуть виявлені дефекти, то допускається проводити повторне виправлення в тому ж порядку, що і перше. Виправлення дефектів на одній і тій же ділянці зварного з'єднання допускається проводити не більше трьох разів [5].

Ультразвуковий метод контролю заснований на здатності ультразвукових хвиль відбиватися від межі розділу двох середовищ, що мають різні акустичні властивості. За допомогою ультразвуку можна виявити тріщини, непровари, пори, шлакові включення. Робота ультразвукових дефектоскопів – приладів для виявлення дефектів у виробках, в тому числі і в зварних швах, заснована на п'єзоелектричному ефекті.

Ультразвуковий контроль проводиться в наступній послідовності:

- проводиться ретельна підготовка досліджуваної поверхні шляхом механічного видалення залишків шлаку, фарби і іржі зі зварювального шва. До того ж очищають смуги по 50 мм з обох сторін від нього.

- місце проведення дефектоскопії рясно покривають рідкою масою у вигляді води, мінеральних мастил або густих спеціальних клейстерів — це необхідно для можливості безперешкодного проходження ультразвукових хвиль;

- проводиться попереднє налаштування приладу на товщину стінки контрольованої деталі;

- п'єзоелектричний перетворювач УЗК послідовно починають переміщати по зигзагоподібній траєкторії по зварювальному шву;

- після одержання стійкого сигналу необхідно періодично повертати п'єзоелектричний перетворювач в різні боки навколо своєї осі так, щоб отримати на екрані приладу сигнал з максимальною чіткістю зображення;
- при виявленні дефектів, їх фіксують і записують відповідні координати.

## 4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ

### 4.1 Технічна характеристика прийнятого стандартного обладнання та оснащення

Зняття фаски перед зварюванням виконують на кромкофрезерній машині AutoCUT 500. Кромкофрезерна машина призначена для обробки кромки сталевих і алюмінієвих листів перед проведенням зварювальних робіт в автоматичному режимі і дозволяє проводити фрезерування фаски до 30 мм шириною в діапазоні від 15 до 60 градусів. Автоматична подача дозволяє машині рухатися уздовж сталевих листа самостійно, без допомоги оператора.

Автоматична подача значно збільшує продуктивність роботи, а також зменшує вплив людського фактора на якість підготовки кромки. Швидкість зйомки фаски відносно висока і становить максимум 500 мм в хвилину. Машина найбільш ефективна в застосуванні на заводах, де необхідна обробка довгих сталевих листів. Технічні характеристики кромкофрезерної машини AutoCUT 500 представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики кромкофрезерної машини AutoCUT 500

Параметр	Значення
Потужність, Вт	1100
Подача	автоматична
Швидкість зняття фаски, мм/хв	до 500
Кут фаски	15 – 60°
Ширина фаски, мм	до 30
Потужність головного приводу, кВт	40
Маса, кг	50

Для ультразвукового контролю зварних швів використовують Ультразвуковий дефектоскоп А1214 EXPERT призначений для пошуку дефектів у виробках з металів і пластмас. Виявляє корозію, тріщини і внутрішні розшарування. Визначає координати дефектів і оцінює їх параметри. Працює з прямими і похилими перетворювачами. Діапазон вимірювань глибини залягання дефекту: від 2 до 6 000 мм. Технічні характеристики дефектоскопа представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики ультразвукового дефектоскопа А1214 EXPERT

Параметр	Значення
Діапазон встановлюваних номінальних частот ультразвуку, МГц	0,5 – 15
Максимальна товщина контролюваного матеріалу, мм	6000
Діапазон налаштування на швидкість ультразвуку в матеріалі, м/с	500 – 14999
Час роботи від акумулятору, год.	18
Діапазон робочих температур, °С	-30...+55
Розміри, мм	260 × 166 × 80
Маса, кг	1,8

Для напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів використовують напівавтомат Kemppi WeldForce KPS 4500. Апарат має потужний механізм подачі, і мають в собі останню зварювальну технологію з цифровим управлінням. Характеристики дуги гарантують адаптивність і широкі можливості управління зварювальним процесом. Серія WeldForce MIG/MAG дозволяє вибирати спеціальні опції. Технічні характеристик напівавтомата представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500

Параметр	Значення
Напруга мережі, В	380
Споживана потужність при максимальному навантаженні, кВт	27
Номінальний струм, А	450
Межі регулювання зварювального струму, А	10 – 450
Напруга холостого ходу, В	65
Діаметр присадного дроту, мм	0,6 – 2,4
Габарити Д/Ш/В, мм	690x230x520
Маса, кг	41

Для зварювання стінок і поясів під шаром флюсу використовують трактор-автомат ESAB A6 Mastertrac (рис. 4.1) з блоком управління РЕК. А6 Mastertrac – зварювальний трактор з чотирма приводними колесами. Сучасна електронна система управління з цифровим дисплеєм дозволяє точно вводити параметри і коригувати їх під час процесу зварювання. З А6 Mastertrac легко працювати: під час зварювання оператор тільки спостерігає за його роботою. Технічні характеристик трактора ESAB A6 Mastertrac представлені в табл. 4.4.



Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд трактора ESAB A6 Mastertrac

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики трактора ESAB A6 Mastertrac

Параметр	Значення
Напруга мережі, В	380
Швидкість зварювання, м/хв	0,1 – 2,0
Швидкість подачі дроту, м/хв	0,2 – 4,0
Максимальний зварювальний струм, А	1500
Межі регулювання зварювального струму, А	150 – 1500
Об'єм флюсового бункера, л	10
Діаметр присадного дроту, мм	1,6 – 6,0
Габарити Д/Ш/В, мм	870x400x830
Маса, кг	110

В якості джерела живлення для зварювального трактора використовують трансформатор типу ТДФ-1001 – стаціонарна установка в однокорпусному виконанні з примусовою вентиляцією. Установка складається з трансформатора, мережевого контактора, вентилятора і блок-схеми управління.

Трансформатор типу ТДФ-1001 однопостовий, призначений для живлення дуги при автоматичному дуговому зварюванні під флюсом; забезпечений підмагнічуванням шунтом; має круто падаючу зовнішню характеристику; регулювання режиму зварювання може здійснюватися під навантаженням (під час зварювання).

Ступінчасте регулювання (два ступені) здійснюється перемиканням витків котушок вторинної обмотки. При переході з рівня менших струмів на щабель великих струмів частина витків основний вторинної обмотки вимикається і підключається додаткова частина вторинної обмотки, індуктивний опір трансформатора при цьому знижується. Плавне регулювання струму в межах одного ступеня проводиться підмагнічуванням магнітного шунта. Більшому струму управління відповідає більший зварювальний струм. Технічні характеристики трансформатора ТДФ-1001 представлені в табл. 4.5.



Таблица 4.5 – Технические характеристики трансформатора ТДФ-1001

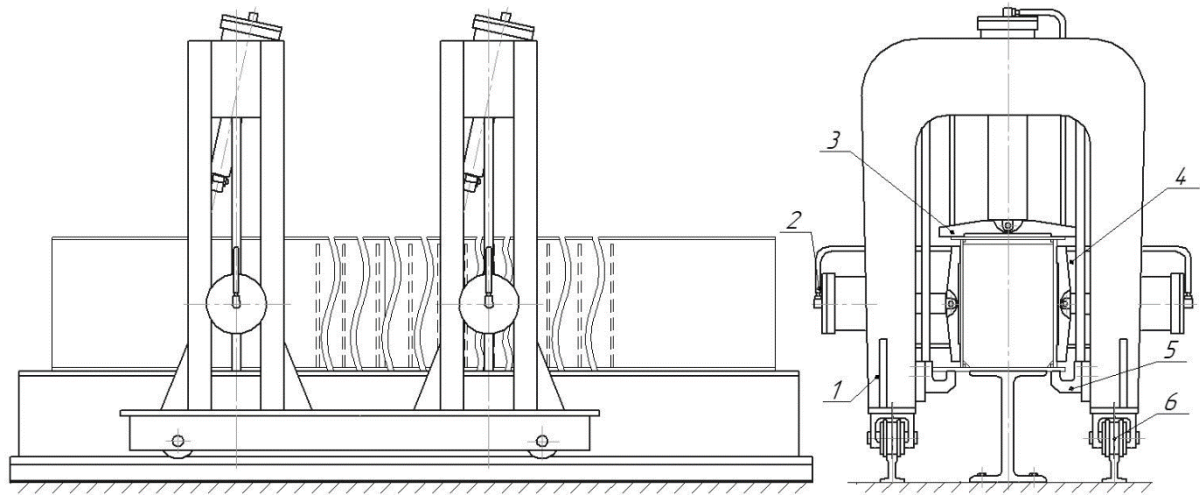
Параметр	Значення
Номинальный сварочный ток, А	1000
Межі регулювання зварювального струму, А на ступені струмів:	
«малих»	400-700
«великих»	700-1200
Вторинна напруга холостого ходу, В, при зварювальному струмі:	
мінімальному	68
максимальному	71
ККД, %	87
Споживана потужність, кВт	82
Маса, кг	740

Зачистку зварних швів від наплівів та видалення дефектів після зварювання виконують за допомогою ручної пневматичної машини Chicago Pneumatic CP9120CR. Технічні характеристики машини представлені в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Технические характеристики пневматичної машини Chicago Pneumatic CP9120CR

Параметр	Значення
Швидкість холостого ходу, об/хв	12 000
Потужність, кВт	0,6
Розмір диска, мм	100
Середнє споживання повітря, л/с	5,5
Довжина, мм	233
Маса, кг	1,9

Для складання на прихватках головної балки використовують самохідний портал (рис. 4.2).



Умовні позначки:

- 1 – рама;
- 2 – розподільний кран;
- 3 – вертикальний пневмоприжим;
- 4 – горизонтальний пневмоприжим;
- 5 – захват;
- 6 – колесо.

Рисунок 4.2 – Самохідний портал для складання балки

Портал складається з двох зварних рам 1, які переміщуються на колесах 6, вертикальних 3 і горизонтальних 4 пневмоприжимів і захватів 5. Захвати і вертикальний притиск складають замкнуту силову систему, що розвантажує раму і ходові колеса порталу від вертикальних зусиль. Повітря від цехової мережі підводиться до пневмоциліндр притисків через розподільні крани 2. Технічні характеристики самохідного порталу представлені в табл. 4.7 [17].

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики самохідного порталу

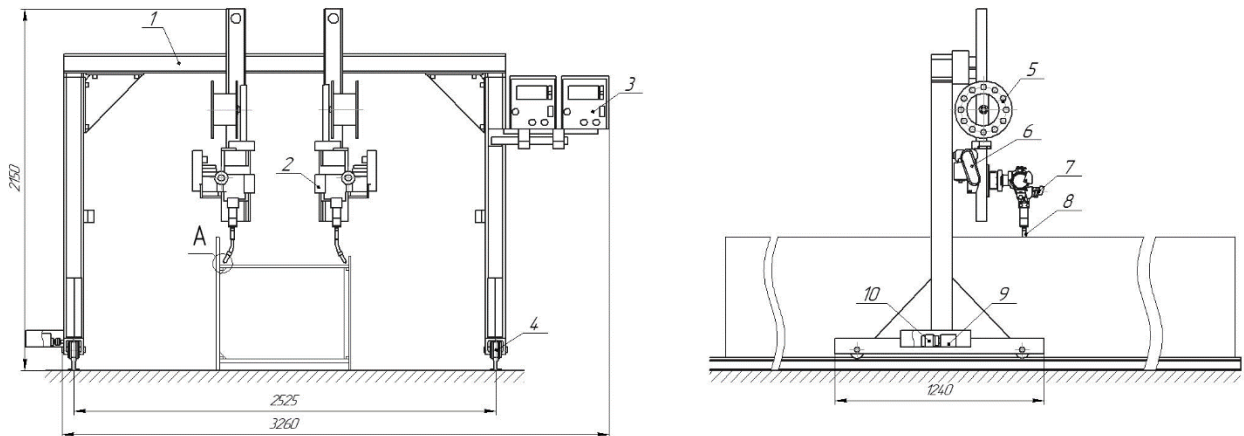
Параметр	Значення
Розміри зібраних балок, мм:	
висота	500 – 780
ширина	200 – 570
Кількість притисків, шт.:	
вертикальних	2
горизонтальних	4
Зусилля притиснення, кгс	1000

#### 4.2 Установка для зварювання поясних швів

Зварювання поясних швів головної балки мостового крана виконують за допомогою порталу для зварювання в середовищі захисних газів ESAB MechTrac 2500 (рис. 4.3).

Портал складається із зварної рами 1, яка переміщається на колесах 4, На рамі закріплені дві зварювальні головки ESAB 2, що дозволяє зварювати за один прохід два поясних шва.

Управління рухом установки і зварювальними параметрами здійснюється з блоку управління 3. Коли на MechTrac встановлені дві зварювальні голови, один з блоків бере на себе управління, як однієї зварювальної головою, так і управління установкою («ведучий»), другий блок управління здійснює управління тільки зварювальними параметрами зварювальної головки («ведомий»).



Умовні позначки:

- 1 – рама;
- 2 – зварювальна головка ESAB A2;
- 3 – блок управління;
- 4 – колесо;
- 5 – котушка з дротом;
- 6 – механізм вертикального переміщення;
- 7 – регулятор нахилу мундштука;
- 8 – мундштук;
- 9 – черв'ячний редуктор;
- 10 – електродвигун.

Рисунок 4.3 – Портал для зварювання поясних швів

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

У розділі представлені організація виробництва, планування витрат на виробництво, ефективність і результативність для ділянки складання і зварювання головної балки мостового крану ГП-32 т.

### 5.1 Організація виробництва продукції

#### 5.1.1 Технічне нормування операцій

Для проектування ділянки складання і зварювання головної балки мостового крану ГП-32 т необхідно:

- пронормувати операції технологічного процесу;
- встановити готову виробничу програму виробів;
- розрахувати кількість обладнання та виробничу площу ділянки;
- розрахувати чисельність персоналу.

Одним із найважливіших завдань організації виробництва є забезпечення найменшої тривалості виробничого процесу, тобто циклу виготовлення продукції.

При нормуванні заготівельних робіт, робіт зі зварювання потрібно брати до уваги серійний характер виробництва, який впливає на структуру норми часу.

Норми часу на процес виготовлення головної балки мостового крану представлені в табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Технічне нормування операцій

№ Операції	Найменування операції	Норма штучного часу за старою технологією, н/год	Норма штучного часу за новою технологією, н/год
5	Підготовка кромки	0,40	0,40
10	Складання та зварювання поясів і стінок	1,44	1,44
15	Контроль якості	0,65	0,65
20	Складання та зварювання квадратів з поясами	1,01	1,01
25	Складання та зварювання діафрагм з верхнім поясом	1,58	1,58
30	Складання стінок з балкою	1,65	1,65
35	Зварювання внутрішньої частини балки	1,20	1,20
40	Контроль якості	0,8	0,8
45	Складання нижнього поясу з балкою	1,54	1,54
50	Зварювання поясних швів	2,82	1,16
55	Складання та зварювання опорних пластин	0,73	0,73
60	Остаточний контроль якості	1,55	1,55
Всього		15,37	13,71

На основі визначених норм часу по виготовленню виробу встановлюємо річну виробничу програму виробів в натуральних одиницях та в нормо-годинах. Розрахунок виробничої програми дільниці наведений в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Виробнича програма виробу за рік

Найменування виробу	Норма часу на одиницю виробу, н/год	Виробнича програма	
		Одиниць	н/год
Головна балка	13,71	1300	17823

### 5.1.2 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою:

$$G_0 = \sum_{i=1}^m \frac{t_i \cdot N_i}{F_{\text{до}}}, \text{ одиниць} \quad (5.1)$$

де  $G_0$  – кількість обладнання за розрахунком, одиниць;

$m$  – кількість видів робіт;

$t_i$  – норма часу  $i$ -тої операції, нормо-годин;

$N_i$  – річна виробнича програма  $i$ -того виробу, одиниць;

$F_{\text{до}}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин.

Прийнята кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини  $G_{\text{po}}$ . Коефіцієнт завантаження обладнання:

$$K_3 = \frac{G_0}{G_{\text{po}}} \quad (5.2)$$

На машинобудівних заводах найбільш поширеним є двозмінний режим роботи при п'ятиденному робочому тижні – 40 годин.

Тривалість робочої зміни – 8 годин.

Номінальний річний фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі – 4160 годин.

Дійсний річний фонд часу роботи обладнання визначається за формулою:

$$F_{\text{до}} = F_{\text{ном}}(1 - K_{\text{в}}), \text{ годин} \quad (5.3)$$

де  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт витрат часу на ремонт та обслуговування обладнання (0,07...0,1).

$$F_{\text{до}} = 4160(1 - 0,1) = 4118 \text{ годин}$$

Для виконання технологічного процесу збирання та зварювання головної балки мостового крану необхідно наступне обладнання: напівавтомат Kemppi WeldForce KPS 4500, трактор ESAB A6 Mastertrac, трансформатор ТДФ-1001, портал для зварювання балок, самохідний портал для збирання. Усі розрахунки по обладнанню наведені в табл. 5.3.



Таблиця 5.3 – Розрахунок обладнання, завантаження та потужності

Найменування обладнання та модель	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження	Потужність двигунів кВт/год.	
	за розрахунком	прийнята		одиниці	усього
Напівавтомат Kemppi WeldForce KPS 4500	2,43	3	0,81	27	81
Трактор ESAB A6 Mastertrac	0,46	1	0,46	5	5
Трансформатор ТДФ-1001	0,46	1	0,46	82	82
Портал для зварювання балок	0,37	1	0,37	8	8
Самохідний портал для збирання	1,89	2	0,95	10	20
Всього	5,61	8	0,61	-	196

Примітка: Низький коефіцієнт завантаження обладнання пов'язан з тим що це обладнання також використовується для виготовлення наступних деталей: підкранова балка, кінцева балка.

Коефіцієнт завантаження напівавтомата Kemppi WeldForce KPS 4500:

$$K_3 = \frac{2,43}{3} = 0,81$$

Коефіцієнт завантаження трактора ESAB A6 Mastertrac:

$$K_3 = \frac{0,46}{1} = 0,46$$

Коефіцієнт завантаження трансформатора ТДФ-1001:

$$K_3 = \frac{0,46}{1} = 0,46$$

Коефіцієнт завантаження порталу для зварювання балок:

$$K_3 = \frac{0,37}{1} = 0,37$$

Коефіцієнт завантаження самохідного порталу для збирання:

$$K_3 = \frac{1,89}{2} = 0,95$$

Виробнича площа ділянки розраховується виходячи з кількості обладнання, робочих місць та питомої площі з додавання 20 % (проходи, проїзди та інше). Площа ділянки  $36 \times 18 = 648 \text{ м}^2$ .

### 5.1.3 Розрахунок чисельності персоналу дільниці

Чисельність основних виробничих робітників дільниці на нормованих роботах розраховується по операціям згідно з розрядами і професіями за формулою:

$$R_o = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot N_i}{F_{др} \cdot K_{в.н}}, \text{ осіб} \quad (5.4)$$

де  $R_o$  – чисельність основних виробничих робітників;

$m$  – кількість видів робіт;

$t_i$  – норма часу  $i$ -тої операції, нормо-годин;

$N_i$  – річна виробнича програма  $i$ -го виробу, одиниці;

$F_{др}$  – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, годин;

$K_{в.н}$  – коефіцієнт виконання норм виробітку ( $K_{в.н}=1,05$ ).

Дійсний річний фонд часу роботи робітника визначається за формулою:

$$F_{др} = F_{ном}(1 - h), \text{ год.} \quad (5.5)$$

де  $F_{ном}$  – береться для однозмінного режиму 2080 год;

$h$  - плановий коефіцієнт невиходів робітників на роботу (0,12...0,15).

$$F_{др} = 2080(1 - 0,12) = 1830,4 \text{ год.}$$

Чисельність допоміжних робітників по професіям розраховується за нормами обслуговування.

Чисельність керівників та спеціалістів дільниці розраховується за штатним розкладом. Загальна чисельність персоналу дільниці наведена в таб. 5.4.



## 5.2 Планування витрат на виробництво

В даному розділі необхідно запланувати матеріальні витрати, витрати на основні засоби, розрахувати фонд оплати праці персоналу, скласти калькуляцію собівартості продукції.

### 5.2.1 Матеріальні витрати

Вартість основних та допоміжних матеріалів розраховується на основі норм використання та цін. Крім того необхідно враховувати транспортно-заготівельні витрати (від 5% до 7% від вартості матеріалів).

До основних матеріалів слід віднести металопрокат для заготовок, виготовлених на складально-зварювальній ділянці. На складально-зварювальну ділянку надходять купівельні комплектуючі вироби та напівфабрикати.

Розрахунок вартості купівельних комплектуючих та напівфабрикатів наведений в табл. 5.5.

Для допоміжних матеріалів слід віднести ті матеріали, які споживаються для здійснення технологічних процесів, наприклад зварювальні та присадочні матеріали, газ для зварювання.

Розрахунок вартості допоміжних матеріалів наведений в табл. 5.6.

Таблиця 5.5 – Розрахунок вартості купівельних комплектуючих виробів та напівфабрикатів зі сталі 9MnSi5 (аналог 09Г2С)

Найменування купівельних комплектуючих виробів та напівфабрикатів	Кількість у виробі, одиниць	Вартість за один., грн.	Річна кількість комплектуючих виробів та напівфабрикатів	Річна вартість комплектуючих з урахуванням транспортно-заготівельних витрат, тис. грн.
Верхній пояс (маса 990 кг)	1	24750	1300	33784
Нижній пояс (маса 532 кг)	1	13290	1300	18141
Опорна пластина (маса 157 кг)	2	3950	2600	10784
Квадрат (маса 15,6 кг)	4	390	5200	2130
Діафрагма (маса 19,3 кг)	12	490	15600	8027
Стінка ліва (маса 955 кг)	1	23870	1300	32583
Стінка права (маса 597 кг)	1	14950	1300	20407
Всього	-	-	-	125856

Примітка: Вартість прокату зі сталі 9MnSi5 за тону складає 25 000 грн.

Таблиця 5.6 – Розрахунок вартості допоміжних матеріалів для зварювання

Найменування матеріалу, марка, ГОСТ, розмір	Норма витрат		Ціна за 1 кг матеріалу, грн.	Вартість на програму, тис. грн.
	На виріб	На програму		
Зварювальний дріт, ESAB OK Aristorod 12.50 ДСТУ ISO 14341-2012	15,6 кг	20280 кг	49	994
Зварювальний дріт, ESAB OK 12.20 EN ISO 14171-2011	5,2 кг	6760 кг	76	514
Зварювальний флюс ОК FLUX 10.71 ДСТУ ISO 14174-2010	5,8 кг	7540 кг	47	355
Захисний газ, 92%Ar + 8%CO <sub>2</sub> , ДСТУ ISO 14175-2010	2750 л	3575000 л	0,1	358
Всього	-	-	-	2221

## 5.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних засобів передбачає слідує розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахункової загальної площі (план ділянки) та вартості 1 м<sup>2</sup> будівель, 500 – 800 грн. за 1 м<sup>2</sup>;
- вартість споруд складає 5% вартості будівель;
- вартість обладнання (приведена в табл. 5.7) з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (від 10% до 15%);
- вартість цінних інструментів, приладів, інвентарів (від 3% до 5% балансової вартості обладнання);
- вартість транспортних засобів – 3% балансової вартості обладнання.

Таблиця 5.7 – Розрахункова вартість обладнання [18, 19, 20]

Найменування обладнання	Ціна за одиницю, грн.	Кількість одиниць	Балансова вартість, грн.
Напівавтомат Kemppi WeldForce KPS 4500	90200	3	297660
Трактор ESAB A6 Mastertrac	400000	1	440000
Трансформатор ТДФ-1001	39000	1	42900
Портал для зварювання балок	585000	1	643500
Самохідний портал для збирання	210000	2	462000
Всього	1324200	8	1886060



Розрахунок вартості основних засобів, амортизаційних відрахувань, структури основних засобів наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Вартість основних засобів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, тис. грн.	Структура, %	Термін експлуатації, років	Амортизаційні відрахування, грн.
Будівлі	518,4	12,6	45	11520
Споруди	25,92	0,6	30	864
Обладнання	1886,06	80,3	20	94303
Транспортні засоби	56,58	2,4	15	3772
Цінні інструменти, прилади, інвентар	94,3	4,1	5	18860
Усього	2581,26	100	-	129319

### 5.2.3 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується робітникам підприємства, утворює фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами та системами оплати праці. Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядною формою оплати праці; допоміжних робітників – за погодинною; керівників та спеціалістів – за окладною формою оплати праці.

Заплановані доплати і премії приймаються у розмірі від 50% до 60% від основної заробітної плати. Премії з прибутку складають для робітників – 15% до основної заробітної плати, для керівників і спеціалістів – 40%.

Фонд основної заробітної плати основних робітників – відрядників розраховується за формулою:

$$Z_{\text{відр.}} = N \sum_{i=1}^B P_i \quad (5.6)$$

де  $v$  – кількість операцій технологічного процесу;

$P_i$  – розцінка на  $i$ -ту операцію, грн.;

$N$  – річна виробнича програма виробів, одиниць.

Розцінка на операцію розраховується за формулою:

$$P_i = C_i t_i \quad (5.7)$$

де  $C_i$  – часова тарифна ставка  $i$ -того розряду, грн.;

$t_i$  – норма часу на  $i$ -ту операцію, н-годин.

Розцінка на операцію «Підготовка кромки»:

$$P_5 = 0,4 \cdot 50 = 20 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Складання та зварювання поясів і стінок»:

$$P_{10} = 1,44 \cdot 65 = 93,6 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Складання та зварювання квадратів з поясами»:

$$P_{20} = 1,01 \cdot 65 = 65,65 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Складання та зварювання діафрагм з верхнім поясом»:

$$P_{25} = 1,58 \cdot 65 = 102,70 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Складання стінок з балкою»:

$$P_{25} = 1,65 \cdot 65 = 107,25 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Зварювання внутрішньої частини балки»:

$$P_{35} = 1,2 \cdot 65 = 78 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Складання нижнього поясу з балкою»:

$$P_{45} = 1,54 \cdot 65 = 100,1 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Зварювання поясних швів»:

$$P_{50} = 1,16 \cdot 65 = 75,4 \text{ грн.}$$

Розцінка на операцію «Складання та зварювання опорних пластин»:

$$P_{55} = 0,73 \cdot 65 = 47,45 \text{ грн.}$$

Розрахунок за операціями наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Розрахунок розцінки за операціями

Найменування операції	Норма часу, н- годин	Розряд робіт	Часова тарифна ставка, грн.	Розцінка, грн.
Підготовка кромок	0,40	IV	50	20
Складання та зварювання поясів і стінок	1,44	V	65	93,6
Складання та зварювання квадратів з поясами	1,01	V	65	65,65
Складання та зварювання діафрагм з верхнім поясом	1,58	V	65	102,70
Складання стінок з балкою	1,65	V	65	107,25
Зварювання внутрішньої частини балки	1,20	V	65	78
Складання нижнього поясу з балкою	1,54	V	65	100,1
Зварювання поясних швів	1,16	V	65	75,40
Складання та зварювання опорних пластин	0,73	V	65	47,45
Всього	10,71	-	-	690,15

Фонд основної заробітної плати допоміжних робітників, які знаходяться на погодинній оплаті праці, розраховується за формулою:

$$Z_{\text{погод.}} = C_1 \cdot K_{\text{тар.сер.}} \cdot F_{\text{др}} \cdot R_{\text{доп}} \quad (5.8)$$

де  $C_1$  – часова тарифна ставка 1-го розряду;

$R_{\text{доп}}$  – чисельність допоміжних робітників, осіб;

$K_{\text{тар.сер.}}$  – середній тарифний коефіцієнт.

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i \cdot R_{\text{доп.}i}}{R_{\text{доп}}} \quad (5.9)$$

де  $m$  – кількість розрядів допоміжних робітників;

$K_i$  – тарифний коефіцієнт  $i$ -того розряду;

$R_{\text{доп.}i}$  – кількість допоміжних робітників  $i$ -го розряду.

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{1,5 \cdot 4}{4} = 1,5$$

$$З_{\text{погод.}} = 28 \cdot 1,5 \cdot 1830,4 \cdot 6 = 461261 \text{ грн.}$$

Відрахування до єдиного соціального внеску розраховуються згідно діючого законодавства 22%.

Фонд оплати праці наведено в табл. 5.10.

Таблиця 5.10 – Фонд оплати праці

Категорія персоналу	Чисельність персоналу, осіб	Фонд заробітної плати, грн.			Премія з прибутку, грн.	Фонд оплати праці, грн.	Середня заробітна плата на місяць, грн.	Відрахування до єдиного соц. внеску, грн.
		Основна заробітна плата	Додаткова заробітна плата	Усього				
Основні виробничі робітники	12	897195	448598	1345793	134580	1480373	10280	325682
Допоміжні робітники	6	461261	230631	691892	69190	761082	10570	167438
Керівники	2	192000	96000	288000	76800	364800	15200	80256
Спеціалісти	1	78000	39000	117000	31200	148200	12350	32604
Всього	21	1628456	814229	2442685	311770	2754455	12100	605980

## 5.2.4 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається усіма витратами дільниці за наступними статтями прямих і непрямих витрат.

### 5.2.4.1 Прямі витрати

1. Основні та допоміжні матеріали – 2221 тис. грн.
2. Купівельні комплектуючі вироби та напівфабрикати – 125856 тис. грн.
3. Основна заробітна плата основних робітників – 897195 грн.
4. Додаткова заробітна плата основних робітників – 448598 грн.
5. Відрахування до єдиного соціального внеску – 325682 грн.
6. Паливо та енергія на технологічні цілі – 1730481 грн.

В статтю 6 має бути включено розрахунок вартості палива та енергії на здійснення технологічного процесу, виходячи із норм витрат та витрат за одиницю енергоносіїв.

Витрати на силову електроенергію знаходимо за формулою:

$$З = Sk \cdot W \quad (5.10)$$

де  $Sk = 2,68$  грн. – вартість 1 кВт електроенергії;

$W$  – річні витрати електроенергії яка споживається обладнанням.

$$W = \sum P_d \cdot F_{до} \cdot \eta_s \quad (5.11)$$

де  $\sum P_d = 196$  кВт – сумарна потужність двигунів;

$F_{до}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

$\eta_s = 0,8$  – коефіцієнт завантаження обладнання по потужності.

$$W = 196 \cdot 4118 \cdot 0,8 = 645702 \text{ кВт} \cdot \text{годин}$$

$$З = 2,68 \cdot 645702 = 1730481 \text{ грн.}$$

#### 5.2.4.2 Непрямі витрати

Непрямі витрати є комплексними і містять декілька статей витрат, кожна з яких в свою чергу розраховується за відповідними статтями.

Непрямі витрати вміщують наступні статті:

- загальнопромислові витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на збут.

Загальнопромислові витрати розраховуються за наступними статтями витрат.

1. Утримання та експлуатація обладнання, робочих місць.

Ця стаття є комплексною і охоплює такі витрати:

1. Утримання обладнання, робочих місць, будівель та споруд, інвентарю:
  - вартість силової електроенергії розраховується за формулою:

$$E_s = C \cdot F_{до} \cdot W \cdot K_3 \cdot K_s \quad (5.12)$$

де  $C$  – ціна 1 кВт електроенергії, грн.;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження обладнання;

$K_s$  – коефіцієнт попиту, який враховує витрати електроенергії в мережах 0,8.



$$E_s = 2,68 \cdot 4118 \cdot 196 \cdot 0,61 \cdot 0,8 = 1055594 \text{ грн.}$$

– вартість освітлювальної енергії розраховується за формулою:

$$E_{os} = \frac{C \cdot q \cdot S \cdot F_{os}}{1000} \quad (5.13)$$

де  $q$  – норма використання електричної енергії за 1 годину на 1 м<sup>2</sup> площі ( $q = 20$  Вт);

$S$  – площа ділянки, м<sup>2</sup>;

$F_{os}$  – тривалість освітлення за рік, год (2000 год. при двозмінній роботі ділянки).

$$E_{os} = \frac{2,68 \cdot 20 \cdot 648 \cdot 2000}{1000} = 69466 \text{ грн.}$$

– витрати на технічну воду для виробничих цілей та на побутові потреби, пара на опалення.

Витрати на воду для побутових потреб:

– на господарсько-питні – 1,46 л/чол. на годину

За рік на 21 робочих –  $1,46 \cdot 21 \cdot 1830,4 = 56120$  л

– на душ – 40 л за зміну

Витрата води на душ за рік буде дорівнювати –  $40 \cdot 260 \cdot 21 = 218400$  л

– на умивання – 5 л на одного працюючого за зміну

За рік на 21 робітників -  $5 \cdot 260 \cdot 21 = 27300$  л

Всього споживається чистої питної води за рік – 301820 л

Вартість питної води за 1000 л – 16,72 грн.

Витрати на воду будуть дорівнювати –  $16,72 \cdot 301,820 = 5046$  грн.

Витрати на пару для опалення розраховується за формулою:

$$Q_{\text{п}} = \frac{d_{\text{т}} \cdot T_{\text{о}} \cdot V \cdot \text{Ц}_{\text{п}}}{540 \cdot 1000} \quad (5.14)$$

де  $d_{\text{т}} = 14$  ккал/чол - питома витрата тепла на  $1 \text{ м}^3$  будівлі;

$T_{\text{о}} = 4320$  - кількість годин в опалювальний період;

$V = 3888 \text{ м}^3$  – об'єм приміщення;

$\text{Ц}_{\text{п}} = 300$  грн/т - вартість енергоносія за тонну.

$$Q_{\text{п}} = \frac{14 \cdot 4320 \cdot 3888 \cdot 300}{540 \cdot 1000} = 130637 \text{ грн.}$$

– витрати на допоміжні матеріали (змащувальні мастила, керосин, емульсія і т.п.), визначаються в розмірі 3% від балансової вартості приміщення – 15552 грн.

2. Заробітна плата допоміжних робітників, керівників, спеціалістів та відрахування до єдиного соціального внеску – 1554380 грн.

3. Поточний ремонт будівель, споруд, обладнання, транспортних засобів та цінного інструменту, приладів та інвентарю – 5% від їх вартості – 129013 грн.

4. Амортизація основних засобів ділянки – 129319 грн.

5. Відтворення малоцінних та швидкозношуваних предметів – 50% від їх вартості (вартість – 2% вартості обладнання) – 18861 грн.

6. Витрати на проведення дослідів, раціоналізацію та винахідництво приймаються 100 грн. на рік на одного працівника – 2100 грн.

7. Витрати на охорону праці складають 300 грн. на одного працівника на рік – 6300 грн.

8. Інші витрати складають 5% від суми витрат попередніх статей – 155813 грн.

Складаємо кошторис загально виробничих витрат, який наведено в табл. 5.11.

Таблиця 5.11 – Кошторис загально виробничих витрат

Найменування статей витрат	Сума, грн.
1. Утримання обладнання, робочих місць, будівель та споруд, інвентарю	1276295
2. Заробітна плата допоміжних робітників, керівників, спеціалістів та відрахування до єдиного соціального внеску	1554380
3. Поточний ремонт будівель, споруд, обладнання, транспортних засобів та цінного інструменту, приладів та інвентарю	129013
4. Амортизація основних засобів ділянки	129319
5. Відтворення малоцінних та швидкозношуваних предметів	18861
6. Витрати на проведення дослідів, раціоналізацію та винахідництво	2100
7. Витрати на охорону праці	6300
8. Інші витрати	155813
Всього	3272081

Загально виробничі витрати розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих робітників.

Розраховується процент загально виробничих витрат за формулою:

$$\alpha = \frac{\sum \text{ЗВВ}}{\text{ЗПо}} \cdot 100 \quad (5.15)$$

де ЗВВ – загально виробничі витрати;

ЗПо – заробітна плата основних робітників.

$$\alpha = \frac{3272081}{1480373} \cdot 100 = 221\%$$

Розмір загальновиробничих витрат, що припадає на одиницю виробу розраховується за формулою:

$$ЗВВі = \frac{\alpha}{100} \cdot Зoi \quad (5.16)$$

де  $Зoi$  – основна заробітна плата на одиницю продукції, грн.

$$ЗВВі = \frac{221}{100} \cdot 690,15 = 1525 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати – це витрати на управління, виробниче та господарське обслуговування на рівні підприємства як єдиної системи.

Сума адміністративних витрат визначається прямим розрахунком або укрупнено відповідним відсотком до основної заробітної плати виробничих робітників (від 150% до 200%).

Витрати на збут вміщують витрати пов'язані з утриманням складів готової продукції, витрати на упаковку, транспортування готової продукції і інші (2% виробничої собівартості).

Собівартість виробничої програми та одиниці продукції розраховується на основі складання калькуляції собівартості продукції табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Калькуляція собівартості зварювальних робіт

Статті витрат	Витрати	
	всього витрат, грн.	на один., грн.
1. Основні та допоміжні матеріали	2221000	1708
2. Купівельні комплектуючі та напівфабрикати	125856000	96812
3. Основна заробітна плата основних робітників	897195	690

## Продовження таблиці 5.12

4. Додаткова заробітна плата основних робітників	448598	345
5. Відрахування до єдиного соціального внеску основних робітників	325682	250
6. Паливо та енергія на технологічні цілі	1730481	1331
7. Загальновиробничі витрати	3272081	2517
8. Собівартість виробнича	134751037	103655
9. Адміністративні витрати	1345793	1035
10. Витрати на збут	2695020	2073
11. Собівартість повна	138791850	106763

В разі, якщо вироби будуть реалізовані за межі підприємства, необхідно розрахувати ціну продажу:

$$C_{\text{пр}} = C_i + \Pi + \text{ПДВ} \quad (5.17)$$

де  $C_i$  – повна собівартість одиниці продукції, грн.;

$\Pi$  – прибуток, грн (норматив рентабельності 25%);

ПДВ – податок на додану вартість (20%).

$$C_{\text{пр}} = 106763 + 26690 + 21353 = 154806 \text{ грн.}$$

## 5.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок

Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта рішення господарської задачі.

Показник приведених витрат:

$$Z = C_i + E_n \cdot K_i \quad (5.18)$$

Показник приведених витрат за проектною технологією:

$$Z_2 = 106763 + 0,15 \cdot 1986 = 107061 \text{ грн.}$$

Показник приведених витрат за базовою технологією:

$$Z_1 = 109690 + 0,15 \cdot 1333 = 109890 \text{ грн.}$$

де  $C_i$  – поточні витрати (повна собівартість) за  $i$ -тим проектом, грн.;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_i$  – капітальні вкладення за  $i$ -тим проектом, грн.

Економічний ефект за розрахунковий рік:

$$E = Z_1 - Z_2 \quad (5.19)$$

$$E = (109890 - 107061) \cdot 1300 = 3677700 \text{ грн.}$$

### 5.3.1 Ефективність та результативність

Оцінку ефективності та результативності діяльності можна здійснити за показниками:

1. Річний випуск виробів
  - в натуральному вимірі, одиниць;
  - за трудомісткістю, нормо-годин;
  - в грошовому виміру, грн.;

2. Виробнича площа ділянки, м<sup>2</sup>;
3. Вартість основних засобів, грн.;
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб  
в тому числі:
  - основні робітники
  - допоміжні робітники
  - керівники і спеціалісти
5. Фонд оплати праці, грн.;
6. Середня заробітна плата на місяць, грн.;
7. Продуктивність праці одного працівника, грн./осіб:

$$ПП = \frac{C_n}{R} = \frac{138791850}{21} = 6609136 \text{ грн./осіб} \quad (5.20)$$

де  $C_n$  – повна собівартість виробів за рік, грн.;

$R$  – чисельність персоналу, осіб.

8. Фондовіддача, грн./грн.:

$$f = \frac{C_n}{\Phi_{\text{осн}}} = \frac{138791850}{2581260} = 53,77 \text{ грн./грн.} \quad (5.21)$$

де  $\Phi_{\text{осн}}$  – основний капітал, грн.;

9. Коефіцієнт завантаження обладнання ділянки;
10. Фондомісткість, грн./грн.:

$$f' = \frac{\Phi_{\text{осн}}}{C_n} = \frac{2581260}{138791850} = 0,02 \text{ грн./грн.} \quad (5.22)$$

11. Собівартість одиниці продукції, грн.;
12. Економічний ефект за розрахунковий рік, грн.

Розрахунок показників ефективності та результативності наведений в табл. 5.13.

Таблиця 5.13 – Показники ефективності та результативності

Найменування показника	Значення показника
1. Річний випуск виробів:	
– в натуральному вимірі, одиниць	1300
– за трудомісткістю, нормо-годин	17823
– в грошовому виміру, грн.	138791850
2. Виробнича площа дільниці, м <sup>2</sup>	648
3. Вартість основних засобів, грн.	2581260
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб:	
– основні робітники	12
– допоміжні робітники	6
– керівники і спеціалісти	3
5. Фонд оплати праці, грн.	2754455
6. Середня заробітна плата на місяць, грн.	12100
7. Продуктивність праці одного працівника, грн./осіб	6609136
8. Фондовіддача	53,77
9. Коефіцієнт завантаження обладнання дільниці	0,61
10. Фондомісткість	0,02
11. Собівартість одиниці продукції, грн.	106763
12. Економічний ефект за розрахунковий рік, грн.	3677700

Отриманий економічний ефект у розмірі 3677700 грн. показує, що технологія зварювання головної балки, запропонована в даному дипломному проекті економічно ефективна. Рекомендовано використовувати дану технологію у виробництві.



## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі розглянуті основні заходи з охорони праці при розробці технологічного процесу виготовлення головної балки мостового крана методом зварювання у середовищі захисних газів.

### 6.1 Аналіз потенційних небезпек

а) недоліки щодо організації навчання та перевірки знань з охорони праці, проведення інструктажів та надання інформації про можливі небезпеки;

б) можливість ураження електричним струмом. Головними причинами ураження можуть бути невиконання правил електробезпеки, невикористання індивідуальних засобів захисту, відсутність захисного заземлення, частково оголені проводи, відкриті скрутки, пробій ізоляції, що може призвести до електричних травм або летальних наслідків;

в) можливість отримання механічних травм, що може бути пов'язанно з невикористання або невідповідністю індивідуальних засобів захисту, зокрема: спеціального одягу, спеціального взуття, спеціальних рукавиць, що може призвести до травмування нижніх кінцівок при падінні заготовок або деталей, порізів гострими кромками;

г) раптове руйнування судин для зберігання робочих газів під тиском. Основними причинами можуть бути: використання балонів з терміном придатності, який скінчився; порушення правил зберігання балонів; порушення правил переміщення балонів; порушення правил експлуатації судин під тиском, що може призвести до масштабних руйнувань виробничих приміщень, тяжких травм та летальних наслідків;

д) електроофтальмія, причинами якої є ультрафіолетове випромінювання зварювальної дуги, що може призвести до ушкодження органів зору;

е) можливість отримання термічних опіків внаслідок випадкового торкання нагрітих поверхонь обладнання, деталей або заготовок, порушення правил з техніки безпеки або не використання індивідуальних засобів захисту;

є) незадовільні параметри повітряного середовища в приміщенні лабораторії та на зварювальній ділянці, причинами яких є неефективна система опалення та повітрообміну, що призводить до зниження комфортності праці та виникнення загальних захворювань;

ж) незадовільне освітлення робочого простору, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної їх забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, і як наслідок до травмування;

з) можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, виток горючих робочих газів, коротке замикання, що може призвести до пожеж;

и) неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є не підготовленість персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може призвести до тяжких травм або летального наслідку;

## 6.2 Заходи забезпечення безпеки

а) основним нормативним актом, що встановлює порядок та види навчання, а також форми перевірки знань з охорони праці є «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці - НПАОП 0.00-4.12-05 (Наказ Державного комітету України по контролю за охороною праці від 26.01.2005 №15). Цей нормативний документ спрямований

на реалізацію в Україні системи безперервного навчання з питань охорони праці, яка проводиться з працівниками в процесі трудової діяльності.

Всі працівники, що приймаються на роботу, а також в період роботи проходять на підприємстві навчання, інструктажі з питань: охорони праці; надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків; правила поведінки при виникненні аварій.

На роботах з підвищеною небезпекою відповідно до НПАОП 0.00-2.24-05 «Перелік робіт з підвищеною небезпекою» або у разі необхідності професійного відбору, працівники проходять попереднє спеціальне навчання (не менше 30 навчальних годин) і перевірку знань з питань ОП не рідше одного разу на рік.

Інші посадові особи і фахівці, при прийомі на роботу, а також періодично один раз на три роки, проходять навчання (не менше 20 навчальних годин), і перевірку знань питань ОП.

Всі зварювальники на підприємстві підлягають атестації згідно «НПАОП 0.00-1.16-96 Правила атестації зварників».

Атестація зварників поділяється на первинну, додаткову, періодичну і позачергову. До первинної атестації допускаються зварники, не молодша за 18 років, яка раніше не проходили перевірку на допуск до зварювання об'єктів та обладнання, мають документ про присвоєння кваліфікації зварника і виробничий стаж виконання зварювальних робіт за присвоєною кваліфікацією не менше 6 місяців, а також пройшли спеціальну теоретичну і практичну підготовку за програмами, складеними окремо для кожного виду робіт і для кожного способу зварювання з урахуванням специфіки зварювальних робіт, за якими зварник підлягає атестації.

Розробка програм спеціальної теоретичної та практичної підготовки зварників здійснюється УАКЗ або атестаційною комісією. Програми, розроблені атестаційною комісією, підлягають узгодженню в УАКЗ.

Додаткова атестація зварників, що пройшли первинну атестацію, проводиться перед допуском до виконання зварювальних робіт не зазначених в

їхніх посвідченнях, а також після перерви у виконанні відповідних зварювальних робіт понад 6 місяців.

Періодичну атестацію проходять усі зварники з метою підтвердження рівня їхньої професійної кваліфікації і продовження терміну дії посвідчення на допуск до виконання відповідних зварювальних робіт.

Термін періодичної атестації - не рідше одного разу на 2 роки.

Позачергову атестацію проходять зварники перед допуском до виконання зварювальних робіт після тимчасового усунення від роботи за незадовільну якість робіт і порушення технології зварювання.

б) для попередження ураження електричним струмом необхідно здійснювати наступні заходи захисту:

Організаційні заходи: до виконання робіт допускаються особи віком не молодше 18 років, що пройшли навчання та перевірку знань з електробезпеки згідно НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» та отримали допуск з електробезпеки відповідної групи.

Для кожного електроспоживного обладнання повинні бути складені експлуатаційні схеми нормальної і аварійної роботи.

Технічні заходи: Всі не ізольовані струмопровідні елементи електрообладнання повинні бути надійно огорожені суцільними огороженнями, зняття або відкриття можливе тільки за допомогою спеціальних пристроїв.

Розташування струмоведучих частин на недоступній висоті. Висота розташування визначається значенням напруги: при напрузі до 1000 В – не менше 3,5 м, при напрузі більше 1000 В – не менше 6 м. Зварювальні проводи мають бути гнучкими з гнучкою та міцною ізоляцією, довжина дроту до електродотримача  $\leq 3$  м.

Захисне заземлення або занулення. Принцип дії захисного заземлення або занулення полягає у зниженні до безпечних значень напруги дотику, яка обумовлена замиканням на корпус. Електрообладнання необхідно заземлювати або занулювати у відповідності з ПУЕ - 2015 «Правила улаштування

електроустановок». Огороджувальні пристрої та інші металеві неструмоведучі частини повинні бути заземлені.

При роботах, що пов'язані з можливістю ураження електричним струмом необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту: сухі брезентові рукавиці, роба, взуття.

Використовувати на робочих місцях при зварюванні діелектричні килимки згідно ГОСТ 4997-75 «Килими діелектричні гумові. Технічні умови», ізолюючі підставки і інші електрозахистні засоби, що забезпечують електробезпеку. Для попередження працівників про можливість ураження електричним струмом на ділянках зварювання повинні бути вивішені попереджувальні написи, плакати та знаки безпеки.

Загальні технічні умови» в відповідності з НПАОП 40.1-1.01.97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Для виключення можливості враження електричним струмом, передбачено проведення навчання з електробезпеки, атестації на відповідну групу електробезпеки та отриманням посвідчення встановленого зразку, відповідно НПАОП 0.00.4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», проводити періодичний контроль ізоляції не рідше одного разу на рік виміром її активного опору при випробуванні підвищеною напругою протягом 1 хвилини.

Перед початком роботи перевірити наявність і справність: огорожень і запобіжних пристроїв, струмоведучих частин електричної апаратури (пускачів, трансформаторів, кнопок і інших), заземлювальних пристроїв, захисних блокувань. При виявленні несправностей до роботи не приступати, про несправності повідомити своєму безпосередньому керівнику.

в) для виключення механічного травмування передбачається ряд заходів: наявність знаків безпеки; проведення навчання і перевірки знань з охорони праці; забезпечення працівників спеціальним одягом і спеціальними засобами індивідуального захисту.

Робітники зварювальних ділянок повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация», брезентові захисні костюми згідно ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБТ Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования», рукавиці брезентові згідно ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия», спеціальне взуття (ботинки, напівсапоги) із захисними носками згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень», спеціальні окуляри захисні - ГОСТ 12.4.038-83.

Перед початком роботи необхідно: оглянути робоче місце, привести його в порядок, звільнити проходи і не захаращувати їх, оглянути, привести в порядок і надіти засоби індивідуального захисту, переконатися в тому, що підлога суха;

г) для попередження руйнування судин під тиском слід виконувати наступні вимоги ДНАОП 0.00-1.07-94 «Правила будови та безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском»:

Недопуск балонів без відповідного маркування або з нечітким маркуванням: на верхній сферичній частині горловини марковані: номер, ємність балону, робочий та випробувальний тиск, дата випробування та дата наступного випробування, наявність паперового сертифікату. Важливим є забарвлення балонів;

Балони повинні зберігатися в спеціальних приміщеннях, які є легкоруйнуючимися. Допускаються зберігання балонів під навісом. Зберігання в одному приміщенні кисневих та ацетиленових балонів неприпустимо;

Зберігання в вертикальному положенні на спеціальних пристосуваннях з кріпленням хомутами;

Переміщення балонів допускається тільки в спеціальних візках. При транспортуванні наявність запобіжного ковпака є обов'язковою;

Експлуатація балонів потребує певного часу витримки в умовах дільниці для вирівнювання температури;

Для з'єднання вентиля балона з технологічним обладнанням використовують гнучкі шланги. З'єднання виконуються обмідненим гайковим ключем для уникнення іскроутворення. Особливу увагу слід приділяти усуненню жирових та масляних забруднень. Перед комутацією слід продути вентиль, відкривши його на  $\frac{1}{4}$  оберту;

Відстань від будь-якого джерела тепловипромінення  $\geq 5$  м. Відкриття вентиля має бути плавним. Тиск на манометрі редуктора не має перевищувати технологічний. Протікання газу неприпустиме (перевірити пробою на омилування);

Випрацьовувати повністю газ не можна (залишковий тиск має складати 1...2 атм). Для виключення надмірного підвищення тиску внаслідок надмірного нагріву балонів (40°C) необхідно передбачати спреєрне охолодження.

При зварюванні в середовищі захисних газів можна застосовувати тільки редуктори згідно ГОСТ Р 54791-2011 «Обладнання для газового зварювання, різання та споріднених процесів» з справними манометрами.

При експлуатації редуктора можуть виникнути наступні несправності:

Самоплив – поступання газу при закритому вентилі, – такий редуктор має бути заміненим;

Замерзання редуктора – відігрівання відкритим полум'ям заборонено, лиш гарячою водою;

Спрацьовуваність різьби на штуцерній або відкидній гайці – потребує негайної заміни.

д) для захисту від впливу ультрафіолетового опромінення передбачено використання щитків зі світлофільтрами ГОСТ 12.4.035-78 «ССБТ Щитки защитные лицевые для электросварщиков. Технические условия», захисних окулярів типу ГС-3, ГС-7, ГС-12 або встановлення світлофільтрів в камері наплавлення;

е) для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних захисних засобів, зокрема, рукавиці брезентові - ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия»;

### 6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

є) для забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища на ділянці для зварювання передбачено влаштування загально обмінної механічної вентиляції згідно ДСТУ 12.4.021-75 «Система стандартів безпеки труда. Системы вентиляционные. Общие требования», а також пристрої системи водяного або парового опалення згідно СНиП 2.04.05-91 «Строительные нормы. Отопление, вентиляция и кондиционирование», враховувалися вимоги згідно ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і СН 245-71 «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий», що забезпечує оптимальні параметри, які вказані в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Метеорологічні умови в приміщенні ділянки

Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	18-22	40-60	0,1-0,3
Теплий	20-23	40-60	0,1-0,4

Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях приведені в таблиці 6.2.



Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони у виробничих приміщеннях

Молибден, мг/м <sup>3</sup>	Окис вуглецю, мг/м <sup>3</sup>	Окис заліза, мг/м <sup>3</sup>	Хромовий ангідрид, мг/м <sup>3</sup>
2	20	4	0,01

Для зменшення концентрації шкідливих речовин на робочих місцях до гранично допустимих, застосовані місцеві витяжні панелі і фільтровитяжні агрегати, витяжні шафи та ін., згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Для забезпечення встановлених норм мікрокліматичних параметрів і чистоти повітря в дослідницькій лабораторії використовується кондиціонер. У приміщенні повинен забезпечуватися приплив свіжого повітря, кількість якого становить 50-60 м<sup>3</sup> на одну людину.

Для забезпечення цих умов передбачено піддавати повітря яке подається в лабораторію двоступеневому очищенню в системі кондиціонування.

Для попереднього очищення використовуються фільтри другого і третього класів (типу ФСВУ, ФППУ), а для остаточної очистки – фільтри тонкого очищення першого і другого класів (типу ФПП, ФЯП).

ж) Для забезпечення достатнього освітлення передбачено проектування та застосування бокового та верхнього природного, штучного рівномірного освітлення згідно ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Приміщення лабораторії повинне мати природне і штучне освітлення. Штучне освітлення може бути як загальне, так і комбіноване. Освітленість на поверхні столу в зоні розміщення документів має бути 300-500 лк. Для підсвічування документів допускається застосування світильників місцевого освітлення. Робочі місця слід розміщувати таким чином, щоб монітор комп'ютера був орієнтований бічною стороною до світлових прорізів, а природне світло падало переважно ліворуч.

Блесткость усувається раціональним розміщенням робочих місць і вибором відповідного світильника. Світильники місцевого освітлення повинні мати непрозорий відбивач із захисним кутом не менше 40°.

Необхідно регулювати положення світильника так, щоб на екрані монітора не виникало відблисків. Періодично слід регулювати яскравість екрану, при необхідності перевіряючи її спеціальним приладом (яркоміром). Рівень штучного освітлення слід регулярно перевіряти з допомогою люксометра.

Згідно СНиП 11-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» проектування природного і штучного освітлення здійснюється з урахуванням особливості технологій і габаритів ділянки. У виробничих одноповерхових приміщеннях з висотою 6 м освітлення – верхнє природне, штучне освітлення – система загального освітлення, при цьому світильники вбудовані в стелю.

Рівні освітлення, встановлені відповідно до діючих нормативних документів і становлять 150 лк, для забезпечення загального освітлення і для освітлення підсобних приміщень згідно СНиП 11-4-79 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования». Для освітлення ділянки для наплавлення використовуємо люмінесцентні лампи, які, незважаючи на свої недоліки, мають ряд переваг:

- а) значна світловіддача (в 5-7 разів більше ламп розжарювання);
- б) великий термін служби (6-14 тисяч годин);

Рекомендовано використовувати лампи типу ДРЛ потужністю 250 Вт – з розрахунку 1 лампа на 5-6 м<sup>2</sup> виробничої площі.

## 6.4 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

### 6.4.1 Заходи по забезпеченню пожежної безпеки

Для виключення можливості загорянь, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, необхідно проводити інструктаж і перевірку знань правил пожежної безпеки, відповідно до НПАОП 28.52-1.15-60 «Правила по техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах», НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки України» і НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Ділянка складання і зварювання, згідно НАПББ 03.002 - 2007 «Норми визначення категорій приміщень, будівель і зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» відноситься до категорії «Г», а клас можливої пожежі, згідно ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва», визначається як «С».

Площа ділянки складає 432 м<sup>2</sup>. Виходячи з цього, згідно НАПБ.03.001-2004 «Типові норми причетності вогнегасників» вибирається три порошкових вогнегасника ємністю 12 літрів.

На ділянці розташований пожежний щит. До складу щита входить:

- вогнегасник - 4 шт.;
- ящик з піском - 1 шт.;
- покривало розміром 2 х 2 - 1 шт.;
- гаки - 3 шт.;
- лопати - 2 шт.;
- лом - 2 шт.;
- сокира - 2 шт.

#### 6.4.2 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Головним і невід'ємним елементом всієї системи захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру є інформація та оповіщення.

Зміст інформації мають становити відомості про надзвичайні ситуації, що прогноуються або вже виникли, з визначенням їхньої класифікації, меж поширення і наслідків, а також заходи реагування на них.

Оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, методи та способи їх захисту, заходи безпеки зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації центральні та місцеві органи виконавчої влади та виконавчі органи рад.

Оповіщення про загрозу виникнення надзвичайних ситуацій і постійне інформування про них населення забезпечується шляхом:

- завчасного створення, підтримання в постійній готовності загальнодержавної і територіальних автоматизованих систем централізованого оповіщення населення;
- організаційно-технічного з'єднання територіальних систем централізованого оповіщення і систем оповіщення на об'єктах господарювання;
- завчасного створення та організаційно-технічного з'єднання із системами спостереження і контролю постійно діючих локальних систем оповіщення та інформування населення в зонах можливого катастрофічного затоплення, районах розміщення радіаційних і хімічних підприємств та інших об'єктів підвищеної небезпеки;
- централізованого використання загальнодержавних і галузевих систем зв'язку, радіопровідного, телевізійного оповіщення, радіотрансляційних мереж та інших технічних засобів передавання інформації.

Оповіщення населення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації у мирний, в особливий період та постійне інформування його про наявну обстановку — одне з важливих завдань цивільного захисту України. Для цього створюється система, організаційно-технічне об'єднання засобів для передачі сигналів і розпоряджень органів управління цивільного захисту.

Система оповіщення та інформативного забезпечення створюється завчасно в усіх ланках пунктів управління.

Основу системи оповіщення утворюють автоматизована система централізованого оповіщення мережі зв'язку та радіомовлення, а також спеціальні засоби.

Автоматизована система оповіщення створюється завчасно на базі загальнодержавної мережі зв'язку та радіомовлення і поділяється на державну та територіальну. Вона може забезпечити оповіщення населення, поєднавши місцеву телефонну мережу для подачі сигналу "Увага всім!" та повну інформацію за допомогою засобів радіомовлення й телебачення.

Оповіщення підпорядкованих штабів, органів управління цивільного захисту і населення організовується і забезпечується старшими органами управління.

Додатково в Україні створюється локальна державна система оповіщення про загрозу катастрофічного затоплення в разі руйнування гідроспоруд на р. Дніпро.

Відповідальним за організацію оповіщення про загрозу і виникнення надзвичайної ситуації і постійне інформування населення про становище є органи управління цивільного захисту відповідної адміністративно-територіальної одиниці.

Сигнали передаються каналами зв'язку, радіотрансляційними мережами і засобами телебачення. Одночасно з інформацією про надзвичайну ситуацію передаються вказівки про порядок дій формувань цивільного захисту і населення. Сигнали, подані вищим органом управління цивільного захисту, мають дублюватися всіма підпорядкованими підсистемами. Дублювати сигнали

на об'єктах і в населених пунктах можна за допомогою місцевого радіотрансляційного вузла, гудків підприємств, сирен транспорту, ударами в рейку, дзвони.

Для своєчасного попередження населення введені сигнали попередження населення у мирний і воєнний час.

Сигнал "Увага всім!" повідомляє населення про надзвичайну обстановку в мирний час і на випадок загрози нападу противника у воєнний час. Сигнал подається органами цивільного захисту за допомогою сирени і виробничих гудків. Тривалі гудки означають попереджувальний сигнал.

Почувши їх, необхідно включити радіо, телевізор і прослухати текст інформації про дії населення після одержання сигналу. Якщо немає радіо, телевізора або вони не працюють, слід з'ясувати значення і зміст інформації у сусідів або інших людей, які знають про неї.

Після одержання інформації необхідно виконати всі вказівки тексту інформації сигналу.

Сигнали і варіанти оповіщення населення в мирний час такі.

"Аварія на атомній електростанції". Повідомляються місце, час, масштаби аварії, інформація про радіаційну обстановку та дії населення. Якщо є загроза забруднення радіоактивними речовинами, необхідно провести герметизацію житлових, виробничих і складських приміщень. Провести заходи захисту від радіоактивних речовин сільськогосподарських тварин, кормів, урожаю, продуктів харчування та води. Прийняти йодні препарати. Надалі діяти відповідно до вказівок штабу органів цивільного захисту.

"Аварія на хімічно небезпечному об'єкті". Повідомляються місце, час, масштаби аварії, інформація про можливе хімічне зараження території, напрямок та швидкість можливого руху зараженого повітря, райони, яким загрожує небезпека. Дається інформація про поведінку населення. Залежно від обставин: залишатися на місці, у закритих житлових приміщеннях, на робочих місцях чи залишати їх і, застосувавши засоби індивідуального захисту, вирушити на місця

збору для евакуації або в захисні споруди. Надалі діяти відповідно до вказівок штабу органів управління цивільного захисту.

"Землетрус". Подається повідомлення про загрозу землетрусу або його початок. Населення попереджається про необхідність відключити газ, воду, електроенергію, погасити вогонь у печах; повідомити сусідів про одержану інформацію; взяти необхідний одяг, документи, продукти харчування, вийти на вулицю і розміститися на відкритій місцевості на безпечній відстані від будинків, споруд, ліній електропередачі.

"Затоплення". Повідомляється район, в якому очікується затоплення в результаті підйому рівня води в річці чи аварії дамби.

Населення, яке проживає в даному районі, повинне взяти необхідні речі, документи, продукти харчування, воду, виключити електроенергію, відключити газ і зібратись у вказаному місці для евакуації. Повідомити сусідів про стихійне лихо і надалі слухати інформацію штабу органів управління цивільного захисту.

"Штормове попередження". Подається інформація для населення про посилення вітру. Населенню необхідно зачинити вікна, двері. Закрити в приміщеннях сільськогосподарських тварин. Повідомити сусідів. Населенню, по можливості, перейти в підвали, погреби.

Сигнали оповіщення населення у воєнний час такі.

Сигнал "Повітряна тривога" подається для всього населення.

Попереджається про небезпеку ураження противником даного району. По радіо передається текст: "Увага! Увага! Повітряна тривога! Повітряна тривога!" Одночасно сигнал дублюється сиренами, гудками підприємств і транспорту. Тривалість сигналу 2—3 хв.

При цьому сигналі об'єкти припиняють роботу, транспорт зупиняється і все населення укривається в захисних спорудах. Робітники і службовці припиняють роботу відповідно до інструкції і вказівок адміністрації. Там, де неможливо через технологічний процес або через вимоги безпеки зупинити виробництво, залишаються чергові, для яких мають бути захисні споруди.

Сигнал може застати у будь-якому місці й будь-який час. В усіх випадках необхідно діяти швидко, але спокійно, впевнено, без паніки.

Суворо дотримуватися правил поведінки, вказівок органів цивільного захисту.

Сигнал "Відбій повітряної тривоги". Органами цивільного захисту через радіотрансляційну мережу передається текст: "Увага! Увага! Громадяни! Відбій повітряної тривоги!". За цим сигналом населення залишає захисні споруди і повертається на свої робочі місця і в житла.

Сигнал "Радіаційна небезпека" подається в населених пунктах і в районах, в напрямку яких рухається радіоактивна хмара, що утворилася від вибуху ядерного боєприпасу.

Почувши цей сигнал, необхідно з індивідуальної аптечки АІ-2 прийняти 6 таблеток радіозахисного препарату № 1 із гнізда 4, надіти респіратор, протипилову пов'язку, ватно-марлеву маску або протигаз, взяти запас продуктів, документи, медикаменти, предмети першої потреби і направитися у сховище або ПРУ.

Сигнал "Хімічна тривога" подається у разі загрози або безпосереднього виявлення хімічного або бактеріологічного нападу (зараження). При цьому сигналі необхідно прийняти з індивідуальної аптечки АІ-2 одну таблетку препарату при отруєнні фосфорорганічними речовинами з пенала з гнізда 2 або 5 таблеток протибактеріального препарату № 1 із гнізда 5, швидко надіти протигаз, а за необхідності — і засоби захисту шкіри, якщо можливо, та укритися в захисних спорудах. Якщо таких поблизу немає, то від ураження аерозолями отруйних речовин і бактеріальних засобів можна сховатися в житлових чи виробничих приміщеннях.

При застосуванні противником біологічної зброї населенню буде подана інформація про наступні дії.

Успіх захисту населення залежатиме від дисциплінованості, своєчасної і правильної поведінки, суворого дотримання рекомендацій і вимог органів цивільного захисту.



Таким чином найбільш важливими заходами з охорони праці є:

Для виключення можливості враження електричним струмом, передбачено проведення навчання з електробезпеки, атестації на відповідну групу електробезпеки та отриманням посвідчення встановленого зразку, відповідно НПАОП 0.00.4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці», проводити періодичний контроль ізоляції не рідше одного разу на рік виміром її активного опору при випробуванні підвищеною напругою протягом 1 хвилини.

Для виключення механічного травмування передбачається ряд заходів: наявність знаків безпеки; проведення навчання і перевірки знань з охорони праці; забезпечення працівників спеціальним одягом і спеціальними засобами індивідуального захисту.

Робітники зварювальних ділянок повинні забезпечуватись захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами згідно ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты ног и рук. Классификация», брезентові захисні костюми згідно ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБТ Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования», рукавиці брезентові згідно ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия», спеціальне взуття (ботинки, напівсапоги) із захисними носками згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень».

## ВИСНОВКИ

В дипломному проекті розроблялась технологія складання та зварювання головної балки мостового крану ГП-32 т, з проектування зварювальної ділянки.

Базовою технологією зварювання головної балки є напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів при зварюванні внутрішньої частини балки та автоматичне зварювання під шаром флюсу при зварюванні поясних швів та листів поясів та стінок.

Для збільшення продуктивності праці і, як наслідок, зменшення собівартості виробу автоматичне зварювання під шаром флюсу поясних швів було замінено на зварювання у середовищі захисних газів за допомогою зварювального порталу.

На підставі розробленої технології складена маршрутна карта і спроектована ділянка для складання і зварювання.

Техніко-економічні розрахунки показали, що використання запропонованої технології для зварювання головної балки дозволить отримати економічний ефект у розмірі 519600 грн.

В проекті передбачені заходи по охороні праці для забезпечення безпеки робітників при роботі на зварювальній ділянці.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Иванченко Ф. К. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин [Текст]: Учеб. пособие для техн. вузов / Ф. К. Иванченко, В. С. Бондарев, Н. П. Колесник, В. Я. Барабанов. – Изд. 2 – е, перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1978. – 574 с.

2. Косилова А. Г. Технология производства подъемно-транспортных машин [Текст]: учебное пособие для вузов по специальности "Подъемно-транспортные машины и оборудование" / А. Г. Косилова, М. Ф. Сухов. – Изд. 2 – е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 301 с.

3. EN 10025 – 2:2004. Технические условия поставки для нелегированных конструкционных сталей [Текст]. – Взамен DIN EN 10025-2(2003-04); введ. 2005 – 01 – 04. – 38 с.

4. Сварка и свариваемые материалы: Справочник: в 3 т. / Под общ. ред. д-ра техн. наук В. Н. Волченко. – М.: Изд – во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998.

5. Лукьянов В. Ф. Изготовление сварных конструкций в заводских условиях: Учебное пособие для студентов специальности 150202 "Оборудование и технология сварочного производства" / В. Ф. Лукьянов, В. Я. Харченко, Ю. Г. Людмирский. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 314 с.

6. EN 10059:2003. Прокат сортовой стальной горячекатаный квадратный. Сортамент [Текст]. введ. 2004 – 01 – 02. – 12 с.

7. ДСТУ ISO 14341-2012. Материалы сварочные. Электродная проволока и наплавленный металл применительно к дуговой сварке плавящимся электродом в защитном газе нелегированных и мелкозернистых сталей. Классификация [Текст]. введ. 2012 – 05 – 03. – 34 с.

8. ДСТУ ISO 14175-2010. Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов [Текст]. введ. 01 – 01 – 2012. – 10 с.

9. ДСТУ ISO 14174-2010. Материалы сварочные. Флюсы для дуговой сварки. Классификация [Текст]. введ. 01 – 01 – 2012. – 10 с.

10. EN ISO 14171-2011. Материалы, расходуемые при сварке. Проволочные электроды, трубчатые фитильные электроды и комбинации электрод/флюс для дуговой сварки под флюсом нелегированной и мелкозернистой стали. Классификация [Текст]. – Взамен DIN EN 756(2004-06); введ. 2011 – 25 – 05. – 26 с.

11. ДСТУ EN 13479-2010. Материалы сварочные. Общие требования к присадочным материалам и флюсам для сварки металлов плавлением [Текст]. введ. 01 – 01 – 2012. – 12 с.

12. ДСТУ ISO 9692-1-2016. Сварка и родственные процессы. Типы подготовки соединений. Часть 1. Сварка ручная дуговая плавящимся электродом, сварка дуговая плавящимся электродом в защитном газе, сварка газовая, сварка дуговая вольфрамовым электродом в инертном газе и сварка лучевая сталей [Текст]. введ. 01 – 06 – 2018. – 14 с.

13. Виноградов В. С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для професс. учеб. / В.С. Виноградов. – М.: Высшая школа. Издательский центр «Академия», 2000 – 319 с.

14. Потапьевский А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом [Текст] / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 239 с.

15. Биковський, О. Г. Довідник зварника [Текст] / О. Г. Биковський, І. В. Пінковський. – К.: Техніка, 2002. – 336 с.

16. Банов М.Д. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов; под ред. Ю. В. Казакова. – Изд 3, стер. – М.: Academia, 2003 – 398 с.

17. Гитлевич А. Д. Альбом механического оборудования сварочного производства [Текст] : учеб. пособие для курсов инструкторов по внедрению в нар. хоз-во передовых методов сварки и плавки металлов / А. Д. Гитлевич, Л. А. Животинский, А. И. Клейнер. – М.: Высш. школа, 1974. – 159 с.

18. Вся сварка. Сварочное оборудование и расходные материалы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vsysvarka.ru/svarochnyj-traktor-esab-a6-mastertrac-a6tf-tandem-pek>

19. Промышленность. Каталог промышленного оборудования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://promyshlennost.com/catalogue/?equipment=10005>

20. Стан-Комплект [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stankom.all.biz/transformator-svarochnyj-tdf-1001-g16786729>

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Білик	
Провер.	Биковський	
Н.конт.	Шумиків	

Листов 4 Лист 1

ГКІО		
ДП		

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ  
 НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ПОГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес збирання та зварювання головної балки мостового крану ГП-32 т

ЗАТВЕРДЖУЮ

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Нормоконтроль к.т.н., Шумикін С.О.

Дата

Впроваджено у виробництво

Акт № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_.

Зав. кафедрою ОТЗВ д-р техн. наук, проф. Овчинников

Дата 18.06.2020

Комплект документів

відповідає

ТД

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
														Листов 4		Лист 2				
Разраб.			Билик												ГКІЮ					
Пров.			Биковський												ГКІЮ					
Н. контр.			Шумикін												ГКІЮ					
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.			Код. наименование операции				Обозначение документа									
Б	Код. наименование оборудования						С	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт				
М																				
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала						Обозначение, код				ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх					
А 01	05 Слюсарна																			
Б 02	Кромкофрезерна машина																			
О 03	Підготовити кромки для зварювання						IV									0,40				
О 04																				
Т 05																				
А 06	10 Дугове зварювання																			
Б 07	Стіл для складання; Трактор ESAB A6 Mastertrac																			
О 08	Виконати складання та зварювання стінок і поясів						V									1,44				
М 09	ESAB ОК Autrod 12.20																			
Р 10	I <sub>зв</sub> = 645-655А; V <sub>зв</sub> =27-30 м/год																			
А 11	15 Контроль якості																			
Б 12	Шаблони; Лупа; А1214 EXPERT						IV													
О 13	Виконати УЗ контроль зварних з'єднань															0,65				
О 14																				
Т 15																				
А 16	20 Дугове зварювання																			
Б 17	Стіл для складання; WeldForce KPS 4500																			
О 18	Виконати складання та зварювання квадратів з поясами						V									1,01				
М 19	ESAB ОК Aristorod 12.50																			
Р 20	I <sub>зв</sub> = 340-360А; Q <sub>ar+co2</sub> =14-16 л/хв																			

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листов 4		Лист 3	
Разраб.			Білик											
Пров.			Биковський											ГКІЮ
Н. контр.			Шумикін											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования				С	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
					М									
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
А 22	25 Дугове зварювання													
Б 23	Самохідний портал; WeldForce KPS 4500													
О 24	Виконати складання та зварювання діафрагм з верхнім поясом				V					1,58				
О 25	ESAB ОК Aristorod 12.50													
Т 26	Ізв= 340-360А; Q <sub>ar+co2</sub> =14-16 л/хв													
А 27	30 Збирання													
Б 28	Самохідний портал; WeldForce KPS 4500													
О 29	Виконати складання стінок з балкою				V					1,65				
М 30	ESAB ОК Aristorod 12.50													
Р 31	Ізв= 340-360А; Q <sub>ar+co2</sub> =14-16 л/хв													
А 32	35 Дугове зварювання													
Б 33	Самохідний портал; WeldForce KPS 4500													
О 34	Виконати зварювання внутрішньої частини балки				V					1,20				
О 35	ESAB ОК Aristorod 12.50													
Т 36	Ізв= 340-360А; Q <sub>ar+co2</sub> =14-16 л/хв													
А 37	40 Контроль якості													
Б 36	Лупа; Шаблоні; Рулетка													
О 38	Перевірити візуальним оглядом зварні з'єднання				IV					0,80				
Т 39	на наявність дефектів													
40														



Дубл.														
Взам.														
Подл.														
											Листов 4	Лист 4		
Разраб.			БІЛІК											
Пров.			Биковський								ГКІЮ			
Н. контр.			Шумикін											
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования				С	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Наименование детали сб. единицы или материала				Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
А 41	45 Збирання													
Б 42	Самохідний портал; WeldForce KPS 4500													
О 43	Виконати складання нижнього поясу з балкою				V					1,54				
М 44	ESAB OK Aristorod 12.50													
Р 45	Ізв= 340-360А; Q <sub>ar+co2</sub> =14-16 л/хв													
А 46	50 Дугове зварювання													
Б 47	Портал для зварювання.													
О 48	Виконати зварювання поясних швів				V					1,16				
Т 49	ESAB OK Aristorod 12.50													
50	Ізв= 300-450А; Q <sub>ar+co2</sub> =15-20 л/хв; V <sub>зв</sub> =30-35 м/год													
А 51	55 Дугове зварювання													
Б 52	WeldForce KPS 4500													
О 53	Виконати складання та зварювання опорних пластин				V					0,73				
О 54	ESAB OK Aristorod 12.50													
Т 55	Ізв= 340-360А; Q <sub>ar+co2</sub> =14-16 л/хв													
А 56	60 Контроль якості													
Б 57	Рулетка; Шаблони; А1214 EXPERT													
О 58	Виконати УЗ контроль зварних з'єднань				IV					1,55				
Р 59														
60														

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			ГКІЮ 010920. 001	Складальне креслення	1	
<u>Складальні одиниці</u>						
б/к		1		Опорна пластина	2	
б/к		2		Верхній пояс	1	
б/к		3		Нижній пояс	1	
б/к		4		Діафрагма	12	
б/к		5		Стінка	1	
б/к		6		Стінка	1	
б/к		7		Квадрат	4	
ГКІЮ 010920. 001						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Білик А.О.	<i>[Signature]</i>		Лит.	Лист
Пров.		Буковський О.	<i>[Signature]</i>		Д	П
Н.контр.		Щурикін С.О.	<i>[Signature]</i>		1	1
Утв.		Овчинников О.В.	<i>[Signature]</i>		Група ІФ-329м	

Головна балка

Копировал

Формат А4



Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<u>Документація</u>			
		A1			ГКІЮ 010920.003	Загальний вид			
						<u>Складальні одиниці</u>			
Справ. №		б/к		1		Рама	1		
		б/к		2		Зварювальна головка ESAB A2	2		
		б/к		3		Блок управління	1		
		б/к		4		Колесо	4		
		б/к		5		Катушка з дротом	2		
		б/к		6		Механізм вертикального переміщення	2		
		б/к		7		Регулятор нахилу	2		
		б/к		8		Мундштук	2		
		б/к		9		Черв'ячний редуктор	1		
		б/к		10		Електродвигун	1		
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Инв. № дубл.									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
							ГКІЮ 010920.003		
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Білик А.О.	<i>[Signature]</i>		Лит.	Лист	Листов	
		Пров.	Буковський В.В.	<i>[Signature]</i>		Д\П	1	1	
		Н.контр.	Щурикін С.О.	<i>[Signature]</i>		Портал для зварювання			
		Утв.	Обчинніков О.В.	<i>[Signature]</i>		поясних швів			
							НУ"ЗП", каф. ОТЗВ		
							Група ІФ-329м		

Копировал

Формат А4