

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ**  
**КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО**  
**ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»**

Відділення транспорту та інженерної механіки

Циклова комісія зварювальних технологій

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**до кваліфікаційної роботи**

**фахового молодшого бакалавра**

**на тему: Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення**  
**стовпчика обмежувального**

Виконав: студент II курсу, групи ПМ-422ск  
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**Владислав ШИЛІВСЬКИЙ**

Керівник

**Микола ПІДГУРСЬКИЙ**

Рецензент

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ  
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО  
ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ»

|                                 |                                   |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Відділення                      | транспорту та інженерної механіки |
| Циклова комісія                 | зварювальних технологій           |
| Освітньо-кваліфікаційний рівень | фаховий молодший бакалавр         |
| Галузь знань                    | 13 Механічна інженерія            |
| Спеціальність                   | 131 Прикладна механіка            |

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Голова циклової комісії  
Марія ДРАНІВСЬКА

« 11 » травня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я**

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

**ШИЛІВСЬКОМУ Владиславу Петровичу**

**Тема роботи** Проект вдосконалення технологічного процесу виготовлення  
стовпчика обмежувального

**Керівник роботи** ПІДГУРСЬКИЙ Микола Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджений наказом від 20. 04. 2026 року № 4/9-200

**Термін подання студентом роботи** 19.06.2026р.

**Вихідні дані до роботи** креслення виробу, базовий технологічний процес  
виготовлення виробу

**Зміст розрахунково-пояснювальної записки**

**1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ**

1.1 Опис конструкції зварного виробу

1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

1.3 Технічні умови на виготовлення зварного виробу (зварної конструкції)

1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварного виробу  
(конструкції) та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

**2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

2.2 Вибір зварювальних матеріалів

2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

2.5 Вибір методу контролю якості виробу

2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварного  
виробу (конструкції)

2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварного виробу  
(конструкції) і витрат матеріалів та електроенергії

**3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ**

3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при  
виготовленні виробу чи конструкції

3.2 Опис роботи зварювального пристосування

#### 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кількості обладнання

4.2 Розрахунок кількості працівників

4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

4.4 Розрахунок фонду оплати праці

4.5 Калькуляція собівартості деталі

4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

#### 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Джерела та оцінка мікроклімату робочої зони при виконанні зварювання

5.2 Вимоги до організації робочого місця зварювальника

#### Перелік графічного матеріалу

1. Технологічний процес виготовлення стовпчика обмежувального – 1.0 (форм. А1)

2. Складальне креслення стовпчика обмежувального – 1.0 (форм. А3)

3. Складальне креслення маніпулятора – 1.0 (форм. А1)

4. Складальне креслення складально-зварювального стелажа – 1.0 (форм. А1)

#### Консультанти розділів роботи

| Розділ                           | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата                              |                                           |
|----------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                  |                                           | завдання видав                            | завдання прийняв                          |
| Організаційно-економічний розділ | Наталія ІГНАТОВА, викладач                | <div>( підпис )</div> <div>( дата )</div> | <div>( підпис )</div> <div>( дата )</div> |
| Охорона праці                    | Геннадій ГОРЯЧЕК, викладач                | <div>( підпис )</div> <div>( дата )</div> | <div>( підпис )</div> <div>( дата )</div> |

Дата видачі завдання 18.05.2026р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Аналітичний розділ                            | 21.05.2026                     |          |
| 2     | Технологічний розділ                          | 25.05.2026                     |          |
| 3     | Конструкторський розділ                       | 03.06.2026                     |          |
| 4     | Організаційно-економічний розділ              | 08.06.2026                     |          |
| 5     | Охорона праці                                 | 11.06.2026                     |          |
| 6     | Графічна частина                              | 15.06.2026                     |          |
| 7     | Перевірка на плагіат                          | 19.06.2026                     |          |

Студент

( підпис )

Владислав ШИЛІВСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

Керівник роботи

( підпис )

Микола ПІДГУРСЬКИЙ

(ім'я, прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Процеси зварювання відіграють важливу роль при виготовленні металевих конструкцій будь-якого рівня складності. Особливістю технологічного процесу виготовлення стовпчика обмежувального є вдосконалення вже наявного заводського варіанту зі зміною способу зварювання, обладнання, матеріалів та інших виробничих операцій. В загальному технологія виготовлення конструкції представлена заготівельними, складальними, зварювальними, опоряджувальними, допоміжними та контрольними операціями. Виконання економічних розрахунків дозволяє оцінити можливість доцільності застосування даного технологічного процесу у виробництві. Дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці займають важливе місце у технологічних процесах виготовлення конструкцій, оскільки від цього безпосередньо залежить здоров'я працівників підприємства.

## ANNOTATION

Welding processes have an important part in the manufacture technology of metal constructions. Complication of metal constructions can be of different levels. The feature of technological process are the improvement of factory process of boundary post manufacturing. The main improvements are change welding process, equipment, materials and others operations of manufacture. The technological process of constructions manufacturing are present of technological operations, such as procurement, assembling, welding, equipment, additional and control. The economic calculations allow estimating the possibility of practical applying the technological process. The safety equipment and fire protection is consider in this report yet.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                     | с. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП . . . . .                                                                                                                                     | 6  |
| 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .                                                                                                                      | 7  |
| 1.1 Опис конструкції зварного виробу . . . . .                                                                                                      | 7  |
| 1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу . . . . .                                                                                                  | 9  |
| 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу . . . . .                                                                                              | 9  |
| 1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції . . . . .                                                                                    | 10 |
| 1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів . . . . .                                                                                              | 10 |
| 1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів . . . . .                                                                              | 11 |
| 1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу . . . . .                                                                                                   | 12 |
| 1.3.4 Вимоги до складання . . . . .                                                                                                                 | 13 |
| 1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції . . . . .                                                                                                | 13 |
| 1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної<br>конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної<br>роботи . . . . . | 14 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ . . . . .                                                                                                                    | 15 |
| 2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання . . . . .                                                                                   | 15 |
| 2.2 Вибір зварювальних матеріалів . . . . .                                                                                                         | 16 |
| 2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання . . . . .                                                                                      | 18 |
| 2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування . . . . .                                                                                      | 22 |
| 2.5 Вибір методу контролю якості виробу . . . . .                                                                                                   | 24 |
| 2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення<br>зварної конструкції . . . . .                                                             | 24 |
| 2.6.1 Заготівельні операції . . . . .                                                                                                               | 25 |
| 2.6.2 Складальні операції . . . . .                                                                                                                 | 26 |
| 2.6.3 Складально-зварювальні операції . . . . .                                                                                                     | 27 |

|           |      |             |        |      |                                                                                                                   |                                 |      |         |
|-----------|------|-------------|--------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|---------|
|           |      |             |        |      | <i>КР.422.35.00.00.000.ПЗ</i>                                                                                     |                                 |      |         |
| Зм.       | Арк. | № докум.    | Підпис | Дата |                                                                                                                   |                                 |      |         |
| Розроб.   |      | Шилівський  |        |      | Проект вдосконалення техно-<br>логічного процесу виготовлення<br>стовпчика обмежувального<br>Пояснювальна записка | Літ.                            | Арк. | Аркушів |
| Перевір.  |      | Підгурський |        |      |                                                                                                                   |                                 | 4    | 68      |
| Реценз.   |      |             |        |      |                                                                                                                   | ВСП «ТФК ТНТУ»,<br>гр. ПМ-422ск |      |         |
| Н. Контр. |      | Залуцька    |        |      |                                                                                                                   |                                 |      |         |
| Затв.     |      | Дранівська  |        |      |                                                                                                                   |                                 |      |         |

|       |                                                                |   |   |   |   |   |    |
|-------|----------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|----|
| 2.6.4 | Опоряджувальні операції                                        | . | . | . | . | . | 27 |
| 2.6.5 | Допоміжні операції                                             | . | . | . | . | . | 28 |
| 2.6.6 | Контроль якості                                                | . | . | . | . | . | 28 |
| 2.7   | Нормування технологічного процесу виготовлення зварної         |   |   |   |   |   |    |
|       | конструкції і витрат матеріалів та електроенергії              | . | . | . | . | . | 29 |
| 3     | КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ                                        | . | . | . | . | . | 32 |
| 3.1   | Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при |   |   |   |   |   |    |
|       | виготовленні конструкції.                                      | . | . | . | . | . | 32 |
| 3.2   | Опис роботи зварювального пристосування                        | . | . | . | . | . | 34 |
| 4     | ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ                               | . | . | . | . | . | 36 |
| 4.1   | Розрахунок кількості обладнання                                | . | . | . | . | . | 36 |
| 4.2   | Розрахунок кількості працівників                               | . | . | . | . | . | 42 |
| 4.3   | Визначення витрат і вартості основних матеріалів               | . | . | . | . | . | 45 |
| 4.4   | Розрахунок фонду оплати праці                                  | . | . | . | . | . | 46 |
| 4.5   | Калькуляція собівартості виробу                                | . | . | . | . | . | 52 |
| 4.6   | Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого              |   |   |   |   |   |    |
|       | технологічного процесу та його економічної ефективності        | . | . | . | . | . | 52 |
| 4.7   | Основні техніко-економічні показники розробленого              |   |   |   |   |   |    |
|       | технологічного процесу                                         | . | . | . | . | . | 54 |
| 5     | ОХОРОНА ПРАЦІ                                                  | . | . | . | . | . | 57 |
| 5.1   | Джерела та оцінка мікроклімату робочої зони при виконанні      |   |   |   |   |   |    |
|       | зварювання                                                     | . | . | . | . | . | 57 |
| 5.2   | Вимоги до організації робочого місця зварювальника             | . | . | . | . | . | 61 |
|       | ВИСНОВКИ                                                       | . | . | . | . | . | 65 |
|       | ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ                                               | . | . | . | . | . | 66 |
|       | ДОДАТКИ                                                        | . | . | . | . | . | 68 |

## ВСТУП

Зварювання – це технологічний спосіб поєднання матеріалів у єдине ціле, коли їхні поверхні під дією тепла чи тиску переходять у стан взаємного зчеплення на атомному рівні. У результаті утворюється міцний шов, який стає невід’ємною частиною конструкції.

Характерними особливостями процесу зварювання є наступне:

- після зварювання деталі вже неможливо роз’єднати без руйнування – вони перетворюються на моноліт;
- джерело енергії (дуга, газове полум’я, лазер) нагріває метал до температури плавлення, створюючи рідку зону, яка після охолодження кристалізується;
- метал у зоні шва та навколо нього зазнає перебудови, що впливає на його міцність і пластичність.

Зварювання є основою сучасного виробництва: від будівництва мостів і кораблів до виготовлення літаків та енергетичних установок. Воно дозволяє створювати великі й складні конструкції без використання болтів чи заклепок, забезпечуючи надійність і довговічність.

Головною вимогою до зварювання є висока якість з’єднань, тобто досягнення необхідних механічних властивостей шва і зварного з’єднання при відсутності в них дефектів. Одержання необхідних механічних властивостей і запобігання виникненню дефектів забезпечується правильним вибором технології зварювання, що в свою чергу залежить від підготовки деталей до зварювання, хімічного складу та якості матеріалів, справності обладнання, а також кваліфікації зварника [1, с. 4].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Опис конструкції зварного виробу

Обмежувальний стовпчик – це конструктивний елемент, який встановлюють для запобігання в'їзду автомобілів на певну територію. Його головна мета – забезпечити безпеку пішоходів, зберегти охайність та естетичний вигляд прибудинкових і громадських просторів, а також захистити інші ділянки від небажаного транспорту.

У цьому випадку стовпчик використовується як складова частина острівця безпеки, який монтується безпосередньо на дорожньому покритті. Його основне призначення – підвищити рівень захисту пішоходів під час перетину проїжджої частини. Зовнішній вигляд секції такого острівця наведено на рисунку.

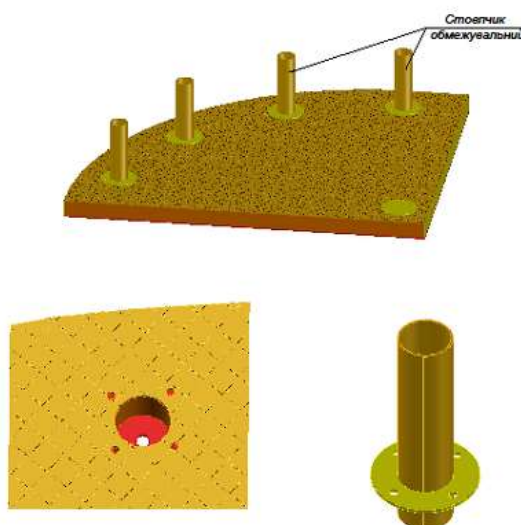


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд секції острівця безпеки

Для досягнення необхідної міцності та жорсткості обмежувальний стовпчик виготовляється зі звичайної маловуглецевої сталі марки Ст3сп. Конструкція виробу складається з труби діаметром 152 мм із товщиною стінки 6 мм та висотою 770 мм, яка доповнюється фланцем діаметром 300 мм і

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

товщиною 10 мм з чотирма отворами діаметром 18 мм для кріплення до основи. Верхня частина закривається заглушкою діаметром 152 мм і товщиною 10 мм. Загальна висота стовпчика становить 780 мм, а його ескіз наведено на рисунку 1.2.

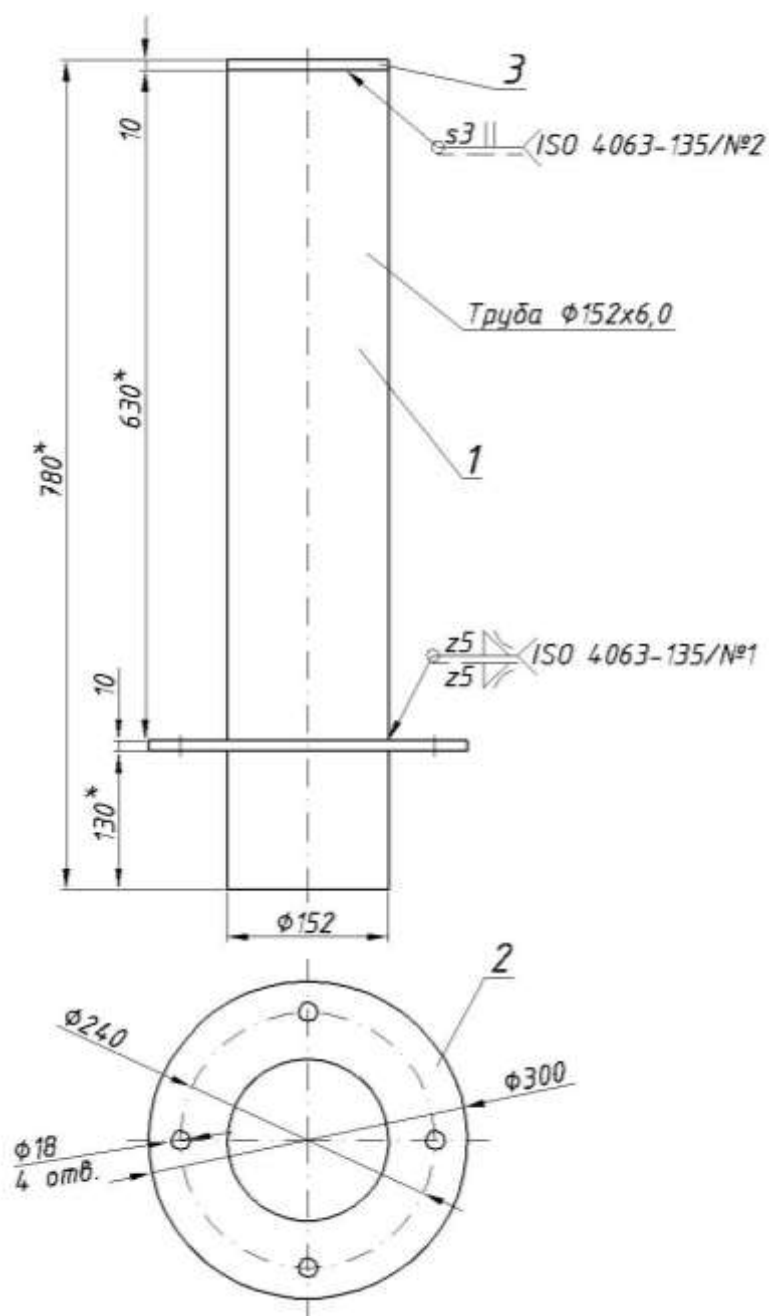


Рисунок 1.2 – Ескіз обмежувального стовпчика

1 – труба, 2 – фланець, 3 – заглушка

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 8    |

### 1.1.1 Технічні вимоги до зварного виробу

Основні технічні вимоги до виготовлення та зварювання обмежувального стовпчика полягають у точному дотриманні розмірів деталей і параметрів режиму зварювання. Режим має гарантувати належну якість зварних з'єднань відповідно до вимог, що визначаються для кожного типу шва залежно від товщини деталей, марки сталі та використаних матеріалів. Після виконання робіт зварні шви повинні бути ретельно очищені від шлаку, а лицеві поверхні, які підлягають цинкуванню згідно стандарту, - від бризок металу. Такі поверхні необхідно чітко зазначати у конструкторській документації, щоб забезпечити правильність подальшої обробки.

Цинкування зварного виробу виконується лише після того, як конструкція пройшла контроль та була прийнята. Допускається правління після зварювання, але лише за умови, що міцність з'єднань не буде порушена. На готовому виробі обов'язково має бути нанесене тавро виробника, яке підтверджує його походження та відповідність вимогам. Усі додаткові технічні умови та особливості обробки повинні бути чітко зазначені у кресленнях.

### 1.2 Характеристика матеріалу зварного виробу

Для виготовлення обмежувального стовпчика застосовується конструкційна маловуглецева сталь звичайної якості марки СтЗсп, яка забезпечує необхідну міцність та технологічність виробу. Її механічні характеристики наведені у таблиці 1.1, а хімічний склад – у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі СтЗсп [2]

| Стан постачання      | $\sigma_{0,2}$ | $\sigma_B$ | $\delta_5$ |
|----------------------|----------------|------------|------------|
|                      | МПа            |            | %          |
|                      | не менше       |            |            |
| Прокат гарячекатаний | 225            | 370-480    | 23         |

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі Ст3сп, % [2]

| C         | Mn        | Si        | P         | S    | Cr   | Ni   | Cu   | As   |
|-----------|-----------|-----------|-----------|------|------|------|------|------|
|           |           |           | не більше |      |      |      |      |      |
| 0,14-0,22 | 0,40-0,65 | 0,12-0,30 | 0,04      | 0,05 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,08 |

Зварюваність металу оцінюють через розрахунок еквівалентного вмісту вуглецю  $C_{\text{екв}}$ , який враховує не лише сам вуглець, а й легуючі елементи, що впливають на міцність і схильність до утворення тріщин [3, с.127]:

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

де C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, Cu, V, B – вміст хімічних елементів у сталі, %.

Отже:

$$C_{\text{екв}} = 0,22 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,30}{24} + \frac{0,30}{10} + \frac{0,30}{5} + \frac{0,30}{15} = 0,45 \quad \%$$

Оскільки еквівалентний вміст вуглецю у даній сталі становить менше 0,45, її зварюваність оцінюється як добра. Це означає, що матеріал можна зварювати всіма поширеними методами без застосування додаткових технологічних операцій, таких як попередній підігрів чи спеціальна термообробка.

### 1.3 Технічні умови на виготовлення зварної конструкції

#### 1.3.1 Вимоги до матеріалів і напівфабрикатів

Для отримання якісних зварних з'єднань важливо застосовувати надійні матеріали, підтверджені сертифікатами. Якщо сертифікати відсутні або на поверхні є видимі дефекти, такі матеріали можуть бути використані лише після проведення хімічного аналізу, механічних випробувань та перевірки на

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 10   |

зварюваність. Такий порядок контролю гарантує відповідність виробів технічним вимогам.

Матеріал, з якого виготовляється виріб, підлягає ретельній перевірці на відсутність дефектів. Металопрокат контролюють щодо чистоти поверхні та можливих пошкоджень, серед яких можуть бути пори, усадочні раковини, тріщини чи вм'ятини. Також перевіряється відсутність покриттів, які є небажаними для даного технологічного процесу зварювання.

Напівфабрикати та деталі слід зберігати у закритих приміщеннях на дерев'яних стелажах у бухтах, що мінімізує ризик контакту з вологою та брудом. Поверхневі дефекти, такі як нерівності чи пошкодження, створюють умови для накопичення вологи й забруднень, що прискорює корозійні процеси та знижує стійкість металу. Для підвищення довговічності виробів необхідно забезпечити чистоту поверхні та ретельно усувати дрібні нерівності.

Усі матеріали та напівфабрикати повинні супроводжуватися сертифікатами постачальника або паспортами якості. За їх відсутності продукція не може бути використана у виробництві без попередніх перевірок.

### **1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів**

Шорсткість поверхні – це показник мікронерівностей, який виражається числовими значеннями та характеризує ступінь відхилення реальної поверхні від ідеально гладкої базової лінії заданої геометричної форми.

Міцність деталей значною мірою визначається станом їхньої поверхні. При наявності шорсткості виникає концентрація напружень, яка особливо небезпечна за змінних навантажень. Саме нерівності стають осередками зародження тріщин, що з часом призводить до руйнування деталей.

Точність виготовлення визначається ступенем відповідності фактичних параметрів виробу – розмірів, форми, розташування та шорсткості поверхні – тим значенням, які закладені у кресленні.

Основні вимоги до виготовлення деталей можна узагальнити так:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

1) мінімальна шорсткість знижує ризик утворення поверхневих тріщин, що виникають через втому металу;

2) дотримання розмірів у межах допусків забезпечує точність відповідності кресленням та правильність складання конструкцій;

3) низька шорсткість часто необхідна не лише з технічних причин, а й для покращення зовнішнього вигляду виробу та зручності підтримання чистоти його поверхонь.

Граничні відхилення геометричних розмірів деталей, що передаються на складання під зварювання, мають відповідати значенням, визначеним у проектній документації. Перевищення встановлених допусків неприпустиме, адже це може негативно вплинути на точність складання та якість зварних з'єднань.

### **1.3.3 Вимоги до зварних з'єднань виробу**

Зварне з'єднання – це ділянка конструкції чи виробу, де елементи з'єднані між собою за допомогою зварювання, незалежно від того, виконані вони з однорідних чи різнорідних матеріалів. Такі з'єднання повинні відповідати вимогам стандартів і не містити дефектів, що виходять за встановлені норми. Якість зварних швів визначає експлуатаційну надійність виробів та конструкцій, яка залежить від їхньої пластичності, довговічності та циклічної міцності.

Основні вимоги до зварних швів формулюються наступним чином:

1) рівномірність шва – він має бути однаковим за шириною та висотою по всій довжині;

2) чистота поверхні – шви повинні бути без свищів, залишків шлаку чи інших дефектів;

3) виведення кінців – при виконанні кутових і стикових з'єднань їхні кінці необхідно виводити на технологічні планки для забезпечення якісного завершення шва.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 12   |

### 1.3.4 Вимоги до складання

Складання – це процес послідовного з'єднання деталей у порядку, визначеному технологічними картами, із подальшим їх закріпленням між собою. Воно повинно забезпечувати точне встановлення елементів відповідно до креслень та створювати оптимальні умови для виконання зварювальних робіт.

У процесі складання необхідно дотримуватися таких вимог:

- підготовлені деталі повинні складатися безпосередньо під зварювання;
- точність складання контролюють за допомогою шаблонів, вимірювальних приладів та щупів;
- великі зазори між деталями не допускаються;
- пристрої для складання використовують із застосуванням прихоплювань – коротких швів, що забезпечують фіксацію;
- встановлення деталей повинно бути точним і відповідати кресленням виробу.

### 1.3.5 Вимоги до якості зварної конструкції

Якість з'єднання безпосередньо визначає працездатність і безпечність зварного виробу чи конструкції під час експлуатації. Для оцінки використовують не лише геометричні параметри, а й якісні показники, наприклад ступінь окислення поверхні шва, що проявляється у вигляді кольорів мінливості. Рівень організації та якість технологічного процесу виготовлення зварних конструкцій визначають їхні техніко-економічні характеристики – надійність, довговічність, економічність у виробництві та експлуатації.

Основні види контролю якості зварних з'єднань включають різні методи, які дозволяють виявити дефекти та оцінити надійність конструкції.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 13   |

#### 1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення зварної конструкції та постановка задач на виконання кваліфікаційної роботи

Технологічний процес виготовлення обмежувального стовпчика складається з послідовних операцій, кожна з яких має своє значення для забезпечення якості готового виробу: розмічування, різання, свердління, складання, зварювання, зачищення, цинкування, операція контролю якості.

Контроль якості зварного з'єднання на всіх етапах виготовлення здійснюють візуально-оптичним способом.

В існуючому технологічному процесі можна виділити кілька суттєвих недоліків:

- використання застарілих чи зношених апаратів знижує продуктивність і якість зварних робіт;
- надмірне розбризкування металу – це ускладнює процес, збільшує трудомісткість та витрати часу на зачищення швів;
- гвинтові притискачі у складальних пристосуваннях – їх застосування призводить до значних витрат часу на складання, що знижує ефективність виробництва.

Ці недоліки можна усунути такими заходами:

- заміна обладнання – використання сучасних апаратів забезпечить стабільні режими зварювання та підвищить якість шва;
- застосування газової суміші MIX-1 (Ar 82% + CO<sub>2</sub> 18%) – вона зменшує розбризкування електродного металу, що скорочує час на зачищення та покращує поверхню шва;
- клавішні пневматичні притискачі – їх використання значно прискорює процес складання порівняно з гвинтовими, знижуючи трудомісткість і витрати часу.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Технічне обґрунтування вибраного способу зварювання

Для виготовлення даного зварного виробу можна застосовувати кілька основних способів зварювання, залежно від вимог до міцності, продуктивності та економічності процесу:

1. Ручне дугове зварювання – універсальний метод, що використовується для різних типів конструкцій, особливо при невеликих обсягах робіт.

2. Напівавтоматичне зварювання в середовищі газів (MIG/MAG) – забезпечує високу продуктивність і якість шва, зменшує розбризкування металу.

3. Автоматичне зварювання під флюсом – ефективно для масового виробництва, дає рівномірні та міцні шви.

4. Аргонодугове зварювання (TIG) – використовується для високоякісних швів, особливо при роботі з кольоровими металами чи нержавіючою сталлю.

Кожен із цих способів має свої переваги й обмеження, тому вибір залежить від матеріалу, товщини деталей та умов експлуатації виробу.

Отже, враховуючи форму, геометричні та конструктивні розміри виробу, оптимальним рішенням є застосування електродугового зварювання в середовищі захисного газу (MAG). Цей метод поєднує доступність і мобільність, забезпечує стабільний процес, якісний шов та зменшує кількість дефектів.

Технічними перевагами зварювання в середовищі захисного газу є його універсальність та зручність у виробничих умовах. Цей метод вирізняється:

1) простотою процесу – технологія не потребує складного обладнання й легко освоюється;

2) можливістю автоматизації – процес можна виконувати як у

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 15   |

напівавтоматичному, так і в автоматичному режимі, що підвищує продуктивність;

3) зварюванням у різних положеннях – метод дозволяє якісно виконувати шви незалежно від просторової орієнтації деталей;

4) швидкістю та якістю – поєднання захисного газу та стабільної дуги забезпечує чистий шов із мінімальними дефектами.

Таким чином для зварювання обмежувального стовпчика використовуємо напівавтоматичне зварювання в суміші захисних газів МІХ-1 (Ar 82%+CO<sub>2</sub>18%).

## 2.2 Вибір зварювальних матеріалів

Правильний вибір зварювальних матеріалів має вирішальне значення для забезпечення надійності конструкції. Він безпосередньо впливає на механічні властивості (міцність, пластичність, ударна в'язкість) та фізико-хімічні характеристики (корозійна стійкість, теплопровідність, стабільність структури) металу шва.

Якщо матеріали підібрані правильно, вони:

- забезпечують відповідність шва вимогам експлуатаційної надійності;
- зменшують ризик утворення дефектів під час роботи конструкції;
- підвищують довговічність виробу навіть за умов циклічних навантажень чи агресивного середовища.

В якості захисного газу використовуємо суміш захисних газів МІХ-1:

- аргон (Ar) – 82%;
- вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) – 18%.

У напівавтоматичному зварюванні витрати розподіляються нерівномірно: частка на захисний газ становить лише 5–10%, тоді як на зварювальний дріт припадає понад половину загальних витрат. Саме тому

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 16   |

важливим є застосування сертифікованих газових сумішей, які значно зменшують або навіть повністю усувають кількість бризок металу.

Це дає низку переваг:

- гладкий профіль шва – у порівнянні з використанням чистого CO<sub>2</sub>;
- економія дроту – до 15–25% завдяки зменшенню втрат металу;
- скорочення очищувальних робіт – менше часу витрачається на зачищення швів;
- підвищення швидкості зварювання – що знижує трудові витрати та підвищує продуктивність.

Тому, правильний вибір газової суміші не лише покращує якість шва, а й забезпечує економічність та ефективність усього процесу.

Для виготовлення обмежувального стовпчика використовується зварювальний дріт Св-08Г2С, який широко застосовується в машинобудуванні для роботи з маловуглецевими сталями. Його перевага полягає у поєднанні високої міцності з достатньою пластичністю, що забезпечує надійність конструкції. Рівноміцність шва з основним металом досягається завдяки комплексному легуванню та ефективному розкисленню зварювальної ванни. Це дозволяє отримати якісне з'єднання з мінімальною кількістю дефектів і стабільною структурою металу.

Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С наведений в таблиці.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад зварювального дроту Св-08Г2С [4,с.216-217]

| Марка дроту | Вміст, % |         |           |      |       |           |       |
|-------------|----------|---------|-----------|------|-------|-----------|-------|
|             | C        | Mn      | Si        | Cr   | Ni    | S         | P     |
|             |          |         |           |      |       | не більше |       |
| Св-08Г2С    | 0,5-0,11 | 1,8-2,1 | 0,70-0,95 | 0,20 | ≤0,25 | 0,025     | 0,030 |

## 2.3 Вибір та розрахунок параметрів режиму зварювання

Розрахунок параметрів режиму зварювання є основним завданням при розробленні чи удосконаленні технологічних процесів виготовлення зварних конструкцій. Тому, що саме від цього залежить майбутня якість виконання зварювальних робіт. Якщо параметри режиму розраховані чи підібрані неправильно – це неодмінно призведе до утворення дефектів у зварних з'єднаннях.

Основними параметрами режиму зварювання в суміші захисних газів, які суттєво впливають на розміри і форму швів, є:

- 1) діаметр і марка зварювального дроту  $d_e$ , мм;
- 2) зварювальний струм  $I_{зв}$ , А;
- 3) напруга на дузі  $U_d$ , В;
- 4) швидкість подачі електродного дроту  $V_{п.д.}$ , м/год;
- 5) швидкість зварювання  $V_{зв.}$ , м/год;
- 6) виліт електроду  $l_d$ , мм;
- 7) витрати захисного газу  $Q_{г.}$ , л/хв.

При розрахунку параметрів режиму зварювання необхідно забезпечити одержання катету шва, назначеного конструктором за міцністю.

Визначаємо площу наплавленого металу  $F_n$  за формулою [5, с.196]:

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

де  $K$  – катет шва,  $K=5$  мм,

$$F_n = \frac{5^2}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \quad \text{мм}^2.$$

Визначаємо висоту наплавленого металу  $a$  за формулою [5, с.192]:

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

$$a = \sqrt{12,5} = 3,5355 \quad \text{мм}.$$

|     |      |          |        |      |                        |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 18   |

Визначаємо ширину шва  $b$ , за формулою [5, с.192]:

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

$$b = \sqrt{2 \cdot 25} = 7,071 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальну висоту шва  $H$  за формулою [5, с.193]:

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

тоді,

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

попередньо вибравши значення  $\psi_m$  з рекомендованої межі 0,8-2,0 мм [5,с.196],  
приймаємо  $\psi_m=1,3$ , отже :

$$H = \frac{7,071}{1,3} = 5,4392 \text{ мм.}$$

Менше значення  $\psi_m$  відповідає великим струмам, відповідно великій продуктивності зварювання.

Визначаємо глибину проплавлення  $h_0$ , за формулою [5, с.192]:

$$h_0 = H - a, \quad (2.6)$$

$$h_0 = 5,4392 - 3,5355 = 1,9037 \text{ мм.}$$

Для зварювання конструкції із маловуглецевої сталі катетом 5 мм,  
вибираємо електродний дріт діаметром 1,2 мм.

Визначаємо зварювальний струм  $I_{зв}$  за формулою [5, с.192]:

$$I_{зв} = \frac{h_0}{K_a} \cdot 100, \quad (2.7)$$

де  $K_a$  – коефіцієнт пропорційності,  $K_a=1,45$  [5, с.193],

|     |      |          |        |      |                        |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 19   |

$$I_{зг} = \frac{1,9037}{1,45} \cdot 100 = 131,2896 \quad I_{зг} \approx 140 \quad \text{А.}$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту за формулою [5, с.194]:

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

де  $\alpha_p$  – коефіцієнт розплавлення,  $\alpha_p = 15 \text{ г/А} \times \text{год}$  [5, с.189],

$\gamma$  – густина електродного дроту, для сталі  $\gamma = 7,8 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ ,

$F_{ел}$  – площа поперечного перерізу електрода,

$$F_{ел} = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,2^2}{4} = 1,13 \quad \text{мм}^2.$$

Отже:

$$V_{н.д.} = \frac{15 \cdot 10^{-3} \cdot 140}{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 7,8 \cdot 10^3} = 131,25 \quad \text{м/год.}$$

Приймаємо  $V_{п.д.} = 130 \text{ м/год.}$

Розраховуємо напругу на дузі за формулою [5, с.183]:

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

$$U_{\partial} = 20 + \frac{50 \cdot 140}{1000 \cdot \sqrt{1,2}} \pm 1 = 26,4 \pm 1 \quad \text{В.}$$

Приймаємо  $U_{д} = 26 \pm 1 \text{ В.}$

Визначаємо швидкість зварювання за формулою [5, с.183]:

$$V_{зг} = \frac{F_{ел} \cdot V_{н.д.}}{F_n}, \quad (2.10)$$

$$V_{зг} = \frac{1,13 \cdot 10^{-6} \cdot 131,25}{12,5 \cdot 10^{-6}} = 11,8 \quad \text{м/год.}$$

|     |      |          |        |      |                        |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                        | 20   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Приймаємо  $V_{зв}=12$  м/год.

Перевіряємо діаметр електродного дроту за формулою [5, с.193]:

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

де  $\gamma$  – допустима густина електричного струму, для електродного дроту діаметром 1.2 мм  $\gamma=75\dots300$  А/мм<sup>2</sup> [5, с.193],

$$d_e = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{140}{125}} = 1.1958 \text{ мм},$$

що є допустимо.

Виліт електрода приймаємо  $l_d=15$  мм [4, с.223].

Витрати захисного газу  $Q_{\Gamma} = 12$  л/хв [4, с.223].

Розраховані параметри режиму зварювання наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри режиму зварювання

| ПАРАМЕТР                            |              |                     | Значення |
|-------------------------------------|--------------|---------------------|----------|
| Назва                               | Символ       | Одиниці вимірювання |          |
| Сила зварювального струму           | $I_{зв}$     | А                   | 140      |
| Напруга на дузі                     | $U_d$        | В                   | 26±1     |
| Діаметр електродного дроту          | $d_e$        | мм                  | 1,2      |
| Виліт електрода                     | $l_d$        | мм                  | 15       |
| Швидкість зварювання                | $V_{зв}$     | м/год               | 12       |
| Швидкість подачі електродного дроту | $V_{п.д.}$   | м/год               | 130      |
| Розхід захисного газу               | $Q_{\Gamma}$ | л/хв                | 12       |

## 2.4 Вибір і обґрунтування зварювального устаткування

Зварювання стовпчика обмежувального буде виконуватися за допомогою інверторного напівавтомата марки DeWalt DXWDMIG200E.

Зварювальний інверторний напівавтомат DeWALT DXWDMIG200E дозволяє виконувати зварювання в трьох режимах: напівавтоматичний MIG/MAG, ручний дуговий MMA і TIG з підняттям електрода Lift – підходить для робіт з різними типами металу [6].

Цифровий дисплей і синергічні режими дозволяють точно налаштовувати і контролювати струм і напругу. Автоматична синхронізація подачі дроту і напруги спрощує роботу на апараті. Потужний зварювальний струм до 200 А і 90% ПН, застосовується у всіх режимах – MIG, MMA, TIG – можливість тривалої роботи на максимальній потужності завдяки продуманому охолодженню [6].

Функції Hot Start, Arc Force, Anti Stick, VRD [6]:

- 1) Hot Start – полегшений розпалювання дуги;
- 2) Arc Force – згладжує і стабілізує дугу;
- 3) Anti Stick – запобігає залипанню електрода;
- 4) VRD – знижує напругу холостого ходу, підвищуючи безпеку [6].

Примусове повітряне охолодження із захистом від перегріву, вбудований вентилятор ефективно відводить тепло, забезпечуючи стабільну роботу тривалий час. Широкі можливості по використовуваних матеріалах, напівавтомат підтримує зварювальний дріт SG2, INOX, Al, FLUX, а також алюмінієвий spool gun [6].

Характеристики даного зварювального напівавтомату представлені в таблиці 2.3, а його загальний вигляд представлений на рисунку 2.1.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики напівавтомата DeWALT DXWDMIG200E [6]

| Показник                                        | Значення               |
|-------------------------------------------------|------------------------|
| Максимальна споживча потужність, кВт            | 5,8                    |
| Максимальний зварювальний струм, А              | 200                    |
| Напруга холостого ходу, В                       | 65                     |
| Регулювання зварювального струму, А             | 16 – 200               |
| Робочий цикл апарата на максимальному струмі, % | 90                     |
| Діаметр зварювального дроту, мм                 | 0,6-1,2                |
| Максимальний діаметр котушки, мм                | 200                    |
| Ступінь захисту корпусу                         | 21S                    |
| Клас ізоляції                                   | Н                      |
| Охолодження                                     | примусове<br>повітряне |
| Розміри, мм                                     | 600x260x375            |
| Вага, кг                                        | 27,0                   |



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд напівавтомата DeWALT DXWDMIG200E [6]

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 2.5 Вибір методу контролю якості виробу

Завдання контролю полягає у визначенні наявності чи відсутності дефектів у зварних швах, а також у встановленні їхніх розмірів і характеру. Це дає змогу: оцінити можливість ремонту, виявити причини утворення дефектів та запобігти повторній появі шляхом удосконалення технології.

У даному випадку можливе застосування таких методів контролю якості:

- 1) візуально-оптичний контроль – швидке виявлення поверхневих дефектів;
- 2) механічні випробування – визначення міцності та пластичності металу шва;
- 3) металографічні дослідження – аналіз структури металу для виявлення внутрішніх дефектів;
- 4) рентгенівський та гамма-контроль – просвічування швів для виявлення прихованих тріщин і пор;
- 5) ультразвуковий метод – неруйнівний контроль внутрішніх дефектів;
- 6) магнітний контроль – виявлення поверхневих і підповерхневих тріщин.

Враховуючи умови експлуатації стовпчика обмежувального, дана конструкція відноситься до невідповідального типу. Тому контроль якості буде здійснюватися візуально-оптичним методом із застосуванням встановленої технології та інструментів.

## 2.6 Опис вибраного технологічного процесу виготовлення зварної конструкції

Особливості технологічного процесу виготовлення зварного виробу полягають у комплексному поєднанні підготовчих, зварювальних та контрольних операцій.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Поєднання сучасного обладнання, якісних матеріалів та ефективних методів контролю дозволяє отримати виріб із високими експлуатаційними характеристиками, мінімізувати витрати та забезпечити стабільність виробництва.

### 2.6.1 Заготівельні операції

Для отримання заготовок, з яких складається стовпчик, необхідно виконати такі базові операції:

- розмічування;
- різання;
- свердління.

Розмічування для труби виконується із застосуванням шаблонів, рулетки та маркера, що забезпечує точність підготовки заготовки. Для деталей фланця та заглушки розмічування не потрібне, адже використовується автоматична установка плазмового різання MaxPro 200. Ця установка працює за попередньо внесеною програмою, де задаються рухи різака відповідно до креслення заготовки. Завдяки цьому забезпечується висока точність різання, повторюваність процесу та мінімізація людського фактору. Дана установка показана на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Установка плазмового різання MaxPro 200

|     |      |          |        |      |                        |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                        | 25   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Для виконання отворів, які служать для кріплення стовпчика, використовується операція свердління із застосуванням свердлильного верстата марки Bosch PBD 40, який представлений на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд свердлильного верстата Bosch PBD 40

### 2.6.2 Складальні операції

Перед складанням виробу проводиться візуальна перевірка деталей на відповідність кресленню, після чого забезпечується їх правильне взаємне розташування, яке відповідає готовій конструкції. Складальний вузол має бути достатньо жорстким і міцним, щоб уникнути деформацій під час зварювання. Для виконання складання та подальшого зварювання обмежувального стовпчика застосовується спеціальне складально-зварювальне обладнання.

Складання конструкції проводимо наступним чином:

- встановити у пристосування трубу;
- надіти фланець на раніше встановлену трубу;
- приставити заглушку до труби, дотримуючись необхідного зазору;
- закріпити встановлені деталі в пристосуванні притискачами;

|     |      |          |        |      |                        |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 26   |

- виконати прихоплення встановлених елементів у відповідних місцях.

### 2.6.3 Складально-зварювальні операції

Під час складання, коли всі елементи виробу встановлені у правильному проектному положенні, виконують прихоплення у місцях майбутніх швів. Це дозволяє зафіксувати деталі та запобігти їх зміщенню чи деформації. Після завершення прихоплювальних операцій переходять до повного зварювання, яке формує остаточні міцні та рівномірні з'єднання, забезпечуючи надійність конструкції.

Отже, технологічна послідовність включає попереднє закріплення деталей і подальше виконання основних швів, що гарантує точність складання та якість готового виробу.

### 2.6.4 Опоряджувальні операції

Після завершення зварювання проводиться зачищення швів та видалення металевих бризок із поверхні виробу. Це необхідно для покращення зовнішнього вигляду конструкції та забезпечення її довговічності.

Для виконання опоряджувальних операцій застосовуються такі інструменти й засоби:

- 1) окуляри DeWalt Concealer – для захисту очей під час механічної обробки;
- 2) молоток слюсарний Compass 500 г – використовується для відбивання бризок металу.
- 3) КШМ Forte AG 26-230S – забезпечує якісне шліфування та вирівнювання поверхні (показана на рисунку 2.4).
- 4) щітка дискова металева Vorel – використовується для остаточного очищення зварних швів.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд кутової шліф машинки Forte AG 26-230S

Для забезпечення доброї корозійної стійкості та гарного зовнішнього вигляду використовується метод гарячого цинкування по із нанесенням шару товщиною не менше 60 мкм.

### 2.6.5 Допоміжні операції

У технологічному процесі виготовлення зварної конструкції поряд із основними етапами важливе місце займають допоміжні операції. Спершу проводиться очищення поверхні від іржі, окалини та забруднень, що гарантує належне формування шва. Далі застосовується прихоплювальне зварювання для тимчасового закріплення деталей у правильному положенні. Після основного зварювання виконують зачищування швів, видаляють бризки металу та проводять шліфування, що покращує зовнішній вигляд і підготовлює поверхню до подальшої обробки.

### 2.6.6 Контроль якості

Контрольні операції у процесі виготовлення зварної конструкції охоплюють комплекс перевірок на кожному етапі виробництва, що гарантує відповідність виробу технічним вимогам і стандартам.

Основні напрями контролю:

- вхідні матеріали;
- зварювальні матеріали;
- технологічні операції;
- зварні з'єднання;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 28   |

- готова продукція.

Зовнішній огляд є одним із найважливіших етапів контролю, адже він дозволяє оцінити відповідність форми та розташування швів кресленню, а також виявити можливі зовнішні дефекти, деформації заготовок чи виробу загалом. Для більшої точності застосовується лупа Есепоміх 90 2х, яка дає змогу детально розглянути поверхню шва та своєчасно виявити недоліки.

## 2.7 Нормування технологічного процесу виготовлення зварної конструкції і витрат матеріалів та електроенергії

Нормування витрат зварювальних матеріалів здійснюється для визначення їх кількості, необхідної у процесі виготовлення конструкції, з метою забезпечення економного використання та раціонального розподілу ресурсів у виробництві. Такий підхід дозволяє точно розрахувати потребу в зварювальному дроті, електродах, захисних газах та інших матеріалах. Всі розрахунки стосовно витрат зварювальних матеріалів та електроенергії виконуватимуться відповідно до ДСТУ 3159-95 «Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання» [7].

При механізованому зварюванні плавким електродом у захисних газах нормуванню підлягають витрати електродного дроту та захисного газу.

Визначаємо масу наплавленого металу за формулою [7, с.6]:

$$Q_n = \alpha_n \cdot I_{зв} \cdot t_{ш}, \quad (2.12)$$

де  $\alpha_n$  – коефіцієнт наплавлення, він визначає кількість наплавленого металу протягом 1 години горіння дуги, при силі струму 1 А, в нашому випадку  $\alpha_n = 15$  г/Атод;

$I_{зв}$  – сила зварювального струму,  $I_{зв} = 140$  А;

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 29   |

$l_{ш}$  – загальна довжина зварних швів,  $l_{ш}=0,72$  м.

Отже:

$$Q_n = 15 \cdot 140 \cdot 0,72 \cdot 10^{-3} = 1,512 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо витрати присаджувального матеріалу за формулою:

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

де  $Q_p$  – маса розплавленого електродного матеріалу [7, с.7],

$$Q_p = Q_n \cdot K_p, \quad (2.14)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт витрат зварювального дроту,  $K_p=0,7$ ;

$$Q_p = 1,512 \cdot 0,7 = 1,058 \quad \text{кг.},$$

$Q_{nn}$  – маса наплавленого металу,

$$Q_{nn} = Q_n \cdot K_0, \quad (2.15)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт витрат зварювального дроту,  $K_0=0,5$ ;

$$Q_{nn} = 1,512 \cdot 0,5 = 0,756 \quad \text{кг.}$$

Отже:

$$H_{el} = 1,058 + 0,756 = 1,814 \quad \text{кг.}$$

Визначаємо норми витрат захисного газу за формулою [7, с.10]:

$$H_g = Q_p \cdot K_g, \quad (2.16)$$

|     |      |          |        |      |                        |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                        | 30   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

де  $K_r$  – коефіцієнт, що виражає відношення маси витраченого газу до маси розплавленого електродного дроту,  $K_r=0,85\dots0,9$ ;

$$H_z = 1,0584 \cdot 0,9 = 0,953 \quad \text{л / хв.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 кг наплавленого металу за формулою:

$$E = \frac{U_d}{\alpha_n \cdot \eta_n \cdot K_n}, \quad (2.17)$$

де –  $U_d$  напруга на дузі, В;

$\eta_n$  – коефіцієнт корисної дії, %;

$K_n$  – коефіцієнт корисної дії джерела дуги,  $K_n=0,75$ ;

$$E = \frac{26 \pm 1}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 2,568 \quad \text{кВт.}$$

Визначаємо витрати електроенергії на 1 м шва за формулою:

$$E = \frac{0,01 \cdot U_d \cdot I_{зв} \cdot t_0}{\eta_n \cdot K_n}, \quad (2.18)$$

де  $t_0$  – час зварювання одного метра шва,  $t_0=0,083$  год;

$$E = \frac{0,01 \cdot 26 \cdot 140 \cdot 0,083}{0,9 \cdot 0,75} 3,182 \quad \text{кВт.}$$

|     |      |          |        |      |                        |      |
|-----|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|     |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|     |      |          |        |      |                        | 31   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Обґрунтування вибору типу пристосувань, які застосовуються при виготовленні конструкції

На зварювальних пристосуваннях здійснюється повне зварювання виробів, які раніше були зафіксовані прихоплювальними швами. Такий підхід забезпечує правильне положення деталей у процесі роботи.

Вибір і розроблення пристосувань є важливим етапом технологічної підготовки виробництва, адже саме вони забезпечують точність складання та якість зварних з'єднань. Конструювання нового пристосування або модернізація вже існуючого здійснюється на основі наступних показників:

1. Вивчення креслень та технічних умов на зварну конструкцію є ключовим етапом підготовки виробництва. Оскільки питання технологічності часто залишаються поза увагою конструктора, під час проектування технологічного процесу та вибору або створення зварювальних пристосувань виникає потреба у їх аналізі. Особливий акцент робиться на конфігурації деталей, що входять до складальних одиниць, точності виготовлення заготовок та стані їх верхонь.

2. Розроблення технологічного процесу виготовлення виробу. Раціональний процес складання та зварювання має бути детально опрацьований у вигляді маршрутного технологічного процесу або більш розгорнутого варіанта, що враховує всі особливості виготовлення. Важливо, щоб цей процес був ретельно вивчений конструктором, який займається створенням чи модернізацією зварювальних пристосувань.

Вибір типу зварювального пристосування визначається низкою факторів, серед яких спосіб складання та зварювання, конструктивні особливості виробу, матеріал і поперечний переріз деталей. Важливе значення має також рівень якості, що вимагається від процесу, зокрема точність розмірів, а кінцевим критерієм виступає необхідна продуктивність.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

У процесі організації виробництва важливо пам'ятати про необхідність зменшення трудомісткості складальних та допоміжних робіт, забезпечення стабільної якості виробів і створення безпечних та комфортних умов праці для робітників. У серійному та масовому виробництві перевага надається механізованим швидкісним пристосуванням, які працюють завдяки енергії повітря, рідини чи електроенергії, а не фізичним зусиллям людини.

Працівник у цьому випадку виконує лише функції керування пристроями, а також займається завантаженням і вивантаженням виробів. Це особливо актуально у ситуаціях, коли комплексна механізація чи автоматизація є технічно складною або економічно недоцільною.

4. Техніко-економічне обґрунтування вибору пристосування передбачає порівняння можливих варіантів за технічними та економічними показниками. На основі такого аналізу визначають найбільш раціональне рішення, яке забезпечує оптимальне поєднання продуктивності, точності та вартості. Зазвичай обирають той варіант, що є найефективнішим з точки зору технології та водночас рентабельним у виробництві.

Складально-зварювальне обладнання поділяється на три основні групи залежно від його призначення та сфери застосування:

- 1) універсальне обладнання – використовується для виконання широкого спектра робіт, придатне для різних типів виробів і процесів;
- 2) спеціальне обладнання – розробляється для конкретних виробів або технологічних операцій, забезпечує високу точність і якість;
- 3) спеціалізоване обладнання – призначене для певної групи виробів чи процесів, поєднує риси універсального та спеціального, але оптимізоване під конкретні умови виробництва.

Такий поділ дозволяє обирати найбільш ефективний варіант залежно від типу виробництва – одиничного, серійного чи масового, а також від вимог до точності та продуктивності.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

### 3.2 Опис роботи зварювального пристосування

Для отримання зварних конструкцій високої якості необхідно забезпечити правильне складання деталей виробу. Це означає їх точне взаємне розташування та надійне закріплення перед виконанням основних швів. Від правильності складання залежить не лише геометрична точність, а й міцність та довговічність конструкції.

Зварювальник має враховувати конфігурацію деталей, які входять до виробу, а також якість їх поверхонь і точність виготовлення заготовок. Використання спеціальних складально-зварювальних пристосувань дозволяє уникнути зміщень, деформацій і забезпечити стабільність процесу.

Процес складання зварного виробу являє собою чітку послідовність дій. Спершу здійснюється подача деталей або вузлів у робочу зону, після чого вони розміщуються у складальному пристосуванні у визначеному положенні. Це положення задається спеціальними установчими елементами чи суміжними деталями виробу.

Для надійності та точності взаємного розташування заготовки фіксують за допомогою затискних елементів, що гарантує їх нерухомість у процесі роботи. Лише після цього виконується основне зварювання. Переміщення та встановлення деталей здійснюється за допомогою транспортного обладнання – універсального або спеціального, залежно від типу виробництва.

Для складання і зварювання стовпчика обмежувального використовують складально-зварювальні маніпулятори.

Зварювальні маніпулятори застосовуються для зручного позиціонування виробів у процесі роботи та їх обертання зі швидкістю, що відповідає режиму зварювання. Вони особливо ефективні при напівавтоматичному та автоматичному зварюванні внутрішніх і зовнішніх кільцевих швів під флюсом, у середовищі захисних газів, а також під час наплавлювальних робіт.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Завдяки використанню маніпуляторів досягається раціональне розміщення зварювальної ділянки, що дозволяє мінімізувати додаткові витрати часу та значно підвищити продуктивність.

Крім цього до даного виду обладнання ставляться наступні вимоги:

- точність базування;
- надійність закріплення;
- міцність і жорсткість;
- ергономіка;
- безпека;
- продуктивність;
- універсальність або спеціалізація;
- можливість механізації та автоматизації.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Розрахунок кількості обладнання

Всі вихідні дані, необхідні для розрахунку наведені в таблицях 4.1 і 4.2.

Таблиця 4.1 - Характеристика стовпчика обмежувального

| Показник                                                     | Одиниці виміру | Кількісна чи вартісна оцінка |               |
|--------------------------------------------------------------|----------------|------------------------------|---------------|
|                                                              |                | фактичні дані                | проектні дані |
| Габаритні розміри виробу                                     | мм             | ø300xø152x780                |               |
| Сума витрат по видах та марках основних матеріалів на виріб: |                |                              |               |
| профільний прокат СтЗсп                                      | кг             | 13,2                         |               |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                                   | кг             | 0,9                          |               |
| захисна суміш (МІХ-1 – Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%)          | л/хв           | 3,6                          |               |
| Розміри поворотних відходів на виріб                         | кг             | 1,6                          |               |
| Ціна придбання матеріалу за кг:                              |                |                              |               |
| профільний прокат:                                           |                |                              |               |
| сталь СтЗсп                                                  | грн            | 53,4                         | 52,8          |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                                   | грн            | 130                          | 129,6         |
| захисна суміш (МІХ-1 – Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%)          | грн            | 45                           | 44,4          |
| Ціна реалізації поворотних відходів                          | грн            | 8                            |               |

Таблиця 4.2 - Характеристика технологічного процесу виготовлення стовпчика обмежувального

| Зміст операції       | Варіанти      | Устаткування                                 |           | Інструменти                                         |                          | Розряд роботи | Штучні норми часу |
|----------------------|---------------|----------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------|--------------------------|---------------|-------------------|
|                      |               | Назва                                        | Ціна, грн | Назва                                               | Ціна, грн                |               |                   |
| 1                    | 2             | 3                                            | 4         | 5                                                   | 6                        | 7             | 8                 |
| Розмічування         | $\frac{3}{П}$ |                                              |           | рулетка<br>лінійка<br>кернер<br>маркер              | 450<br>120<br>185<br>240 | III           | $\frac{2,6}{2,4}$ |
| Різання              | $\frac{3}{П}$ | Установка плазмового різання MaxPro 200      | 750000    |                                                     |                          | IV            | $\frac{2,7}{2,5}$ |
| Свердління           | $\frac{3}{П}$ | Свердильний верстат Bosch PBD 40             | 40000     | молоток                                             | 200                      | IV            | $\frac{2,8}{2,6}$ |
| Складання            | $\frac{3}{П}$ | Стелаж складально-зварювальний               | 134500    | молоток                                             | 200                      | IV            | $\frac{3,3}{2,5}$ |
| Зварювання           | $\frac{3}{П}$ | Зварювальний напівавтомат DeWalt DXWDMIG200E | 150500    |                                                     |                          | IV            | $\frac{3,4}{2,6}$ |
| Зачищування          | $\frac{3}{П}$ | Кутова шліфувальна машина Forte AG 26-230S   | 2600      | щітка Vorel,<br>диск зачисн. Bosch Standart 125x6,0 | 80<br>50                 | III           | $\frac{2,9}{2,5}$ |
| Контроль якості      | $\frac{3}{П}$ | Набір інструментів для візуального контролю  | 11000     |                                                     |                          | VI            | 1,8               |
| Транспортні операції | $\frac{3}{П}$ | Кран                                         | 400000    |                                                     |                          | IV            | $\frac{1,6}{1,4}$ |

Штучна норма часу:

а) по технологічних операціях: по заводу 19,5;

по проекту 16,9;

б) по допоміжних і транспортних операціях: по заводу 1,6;

по проекту 1,4.

Загальна штучна норма часу: по заводу 21,1;

по проекту 18,3.

Для виготовлення стовпчика обмежувального застосовується технологічна форма організації виробництва. Режим роботи на ділянці приймаємо перервний при одній зміні в день. Дійсний фонд часу роботи устаткування визначаємо за формулою [8, с.9]:

$$\Phi_{yc} = D_{роб} \cdot S \cdot g \cdot (1 - K_p), \quad (4.1)$$

де  $D_{роб}$  ~ кількість робочих днів в році,  $D_{роб} = 253$  дні;

$S$  - кількість робочих змін в добу;

$g$  - тривалість зміни, год;

$K_p$  - нормативний коефіцієнт простою устаткування в ремонті, обумовлений конструктивними та виробничими характеристиками,  $K_p = 0,03...0,1$ .

$$\Phi_{yc} = 253 \cdot 1 \cdot 8 \cdot (1 - 0,07) \approx 1882 \text{ год.}$$

Потреба в устаткуванні (робочих місцях) розраховується по кожній операції технологічного процесу або по сумі трудомісткості операцій, що виконуються на однотипному устаткуванні.

Розрахунок проводять за формулою [8, с.10]:

$$n = \frac{T_{шт} \cdot B_{пр}}{\Phi_{yc} \cdot K_{вн}}, \quad (4.2)$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

де  $T_{шт}$  - штучний час на операції, що виконуються на однотипному устаткуванні, нормованих в машино-год. (таблиця 4.2);

$K_{вн}$  – коефіцієнт виконання,  $K_{вн}=1,1$ .

$B_{пр}$  – програма випуску продукції, у нашому випадку  $B_{пр} = 2400 шт.$

Кількість робочих місць для виконання розмічування при виготовленні стовпчика обмежувального:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,01 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,4 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 2,78 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для вирізання заготовок кількість робочих місць рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,7 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,13 \approx 3 \text{ шт.}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 2,9 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання свердлильних операцій необхідно:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,8 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,25 \approx 3 \text{ шт.}$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,01 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання складання кількість робочих рівна:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,3 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,83 \approx 4 \text{ шт,}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,5 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 2,9 \approx 3 \text{ шт.}$$

Для виконання процесу зварювання кількість робочих місць становить:

- заводський варіант:

$$n = \frac{3,4 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,94 \approx 4 \text{ шт,}$$

- проектний варіант:

$$n = \frac{2,6 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,01 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для зачищення зварних швів:

- заводський варіант:

$$n = \frac{2,9 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 3,36 \approx 3 \text{ шт,}$$

- проектний варіант:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$n = \frac{2,5 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 2,9 \approx 3 \text{ шт.}$$

Кількість робочих місць для контролю якості виробу (за двома варіантами):

$$n = \frac{1,8 \cdot 2400}{1882 \cdot 1,1} = 2,09 \approx 2 \text{ шт.}$$

Кількість транспортних засобів, які необхідні для виконання транспортних операцій визначається за формулою [8, с.12]:

$$n = \frac{\sum_1^m B_{mp} \cdot N_{кр} \cdot t_{кр}}{\Phi_n \cdot K_{кр}}, \quad (4.3)$$

де  $B_{mp}$  - кількість вантажних об'єктів іншого виду, що підлягають транспортуванню на протязі року, 2400 шт;

$m$  - кількість різновидів вантажних об'єктів;

$N_{кр}$  - кількість кранових операцій на один  $i$ -тий об'єкт;

$t_{кр}$  - тривалість одної операції, год;

$\Phi_n$  - номінальний річний фонд часу, год., приймається для однозмінної роботи рівним 2100 год;

$K_{кр}$  - коефіцієнт використання номінального фонду часу крана, приймається

$K_{кр} = 0,6...0,7$ .

$$n = \frac{2400 \cdot 2 \cdot 0,6}{2100 \cdot 0,7} = 1,96 \approx 2 \text{ шт.}$$

Приймаємо два настінних крани для між операційного транспортування частин і виробу в цілому.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 4.2 Розрахунок кількості працівників

Розрахунок кількості основних працівників проводиться диференційовано для кожної професії. Хід розрахунку залежить від форми організації виробничого процесу. Для технологічної форми організації кількість основних робітників визначається за формулою [8, с.13]:

$$r_{oi} = \frac{B \cdot \sum_1^y T_{um} i}{\Phi_{ef} \cdot K_{вн}}, \quad (4.4)$$

де  $r_{oi}$  - кількість основних працівників  $i$ -тої професії, чол;

$\sum_1^y T_{um} i$  - штучна норма часу по  $i$ -тим операціям, год;

$B$  - об'єм випуску продукції на рік, приймаємо  $B_{np} = 2400$  шт;

$\Phi_{ef}$  - ефективний річний фонд часу роботи одного робітника, приймається 1850 год;

$K_{вн}$  - коефіцієнт виконання норм часу основними робітниками, приймається  $K_{вн} = 2,1 \dots 2,2$ .

Необхідна кількість розмічувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,6}{1850 \cdot 1,2} = 2,81 \approx 3 \text{ чол,}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,4}{1850 \cdot 1,2} = 2,6 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість різальників:

- за заводським варіантом:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,7}{1850 \cdot 1,2} = 2,92 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,2} = 2,7 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість робітників для виконання свердління:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,8}{1850 \cdot 1,2} = 3,03 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,6}{1850 \cdot 1,2} = 2,81 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість складальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,3}{1850 \cdot 1,2} = 3,57 \approx 4 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,2} = 2,7 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зварювальників:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 3,4}{1850 \cdot 1,2} = 3,68 \approx 4 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,6}{1850 \cdot 1,2} = 2,81 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість зачищувальників:

- за заводським варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,9}{1850 \cdot 1,2} = 3,14 \approx 3 \text{ чол.}$$

- за проектним варіантом:

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 2,5}{1850 \cdot 1,2} = 2,7 \approx 3 \text{ чол.}$$

Необхідна кількість контролерів (за двома варіантами):

$$r_{oi} = \frac{2400 \cdot 1,8}{1850 \cdot 1,2} = 1,95 \approx 2 \text{ чол.}$$

Виходячи з кількості транспортувального обладнання приймаємо необхідну кількість транспортувальників  $r_{oi} = 2$  чол.

Результати розрахунків приведено у таблиці 4.3

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 4.3 - Зведена відомість промислово-виробничого персоналу

| Категорія працівників | Кількість |    | Середній розряд |     |
|-----------------------|-----------|----|-----------------|-----|
|                       | З         | П  | З               | П   |
| 1                     | 2         | 3  | 4               | 5   |
| Основні робітники:    |           |    |                 |     |
| розмічувальники       | 3         | 3  | III             | III |
| різальники            | 3         | 3  | III             | III |
| свердлильники         | 3         | 3  | IV              | IV  |
| складальники          | 4         | 3  | IV              | IV  |
| зварювальники         | 4         | 3  | IV              | IV  |
| зачищувальники        | 3         | 3  | III             | III |
| контролери            | 2         | 2  | VI              | VI  |
| транспортувальники    | 2         | 2  | IV              | IV  |
| Допоміжні робітники:  |           |    |                 |     |
| налагоджувальники     | 2         | 2  | IV              | IV  |
| ремонтники            | 2         | 2  | IV              | IV  |
| електрики             | 1         | 1  | IV              | IV  |
| ІТР:                  |           |    |                 |     |
| майстер ділянки       | 1         | 1  |                 |     |
| МОП: прибиральники    | 1         | 1  | -               | -   |
| Разом                 | 31        | 29 | -               | -   |

#### 4.3 Визначення витрат і вартості основних матеріалів

Вихідними даними для розрахунків є норми затрат матеріальних ресурсів на виріб та розмір поворотних відходів, ціни придбання матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних витрат (5...8% від преїскурантної ціни) та ціни реалізації відходів, обсяг випуску продукції.

Результати розрахунків подано у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Зведена відомість витрат на матеріальні ресурси

| В-нт | Назва матеріалів ресурсів | Од. вим. | Ціна придб. за од. вим., грн/кг |       | Затрати в натуральних одиницях, грн |         |             |          |
|------|---------------------------|----------|---------------------------------|-------|-------------------------------------|---------|-------------|----------|
|      |                           |          |                                 |       | на один виріб                       |         | на програму |          |
| З/П  | Сталь СтЗсп               | кг       | 53,4                            | 52,8  | 7048,8                              | 6969,6  | 16917120    | 16727040 |
| З/П  | Зв. дріт Св-08Г2С         | кг       | 130                             | 129,6 | 507                                 | 505,44  | 1216800     | 1213056  |
| З/П  | Захисна суміш             | кг       | 45                              | 44,4  | 342                                 | 337,44  | 820800      | 809856   |
| Р-ом |                           |          |                                 |       | 7897,8                              | 7812,48 | 18954720    | 18749952 |

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |  |  |  | 45   |

## Продовження таблиці 4.4

| В-<br>НТ | Транспортно-<br>заготівельні<br>витрати |                      |       | Загальна сума, грн |        |             |          | Вартість поворотних<br>відходів, грн |    |                |       |
|----------|-----------------------------------------|----------------------|-------|--------------------|--------|-------------|----------|--------------------------------------|----|----------------|-------|
|          | % ц.<br>куп.                            | в грн. на<br>один кг |       | на один<br>виріб   |        | на програму |          | на один<br>виріб                     |    | на<br>програму |       |
| З/П      | 5                                       | 2,67                 | 2,64  | 352,44             | 348,48 | 845856      | 836352   | 18                                   | 18 | 43200          | 43200 |
| З/П      | 5                                       | 6,5                  | 6,48  | 25,35              | 25,27  | 60840       | 60652,8  |                                      |    |                |       |
| З/П      | 5                                       | 2,25                 | 2,22  | 17,1               | 16,87  | 41040       | 40492,8  |                                      |    |                |       |
| Р-ом     |                                         | 11,42                | 11,34 | 394,89             | 390,62 | 947736      | 937497,6 | 18                                   | 18 | 43200          | 43200 |

#### 4.4 Розрахунок фонду оплати праці

Приймаємо, що всі основні робітники оплачуються по відрядній системі оплати праці, допоміжні - по погодинній, ІТР та МОП - по штатно-окладній системі. Розрахунки проводяться по двох напрямках: на один виріб (для обчислення калькуляції собівартості виробу) та на програму (для визначення об'ємних економічних характеристик). В калькуляцію собівартості виробу безпосередньо включаються затрати по оплаті праці основних (виробничих) робітників.

Основна заробітна плата основних робітників визначається за формулою [8, с.18]:

$$3_{oo} = \sum_1^y C_{pi} \cdot T_{um}, \quad (4.5)$$

де  $y$  - кількість технологічних операцій;

$C_{pi}$  - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для відрядної оплати праці, грн.

Приймаємо заводські тарифні ставки для машинобудування (з врахуванням відповідних коефіцієнтів збільшення) [8, с.18].

Додаткова заробітна плата основних робітників визначається за формулою [8, с.18]:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{oo} = З_{oo} (Д_1 + Д_2), \quad (4.6)$$

де  $Д_1$  - доплата за шкідливість, грн,  $Д_1 = 12...24 \%$ , приймаємо  $Д_1 = 20 \%$ ;  $Д_2$  - інші доплати, грн,  $Д_2 = 15...20 \%$ , приймаємо  $Д_2 = 15 \%$ .

Премії та надбавки основним робітникам визначаються за формулою [8, с.18]:

$$З_{no} = З_{oo} \cdot P, \quad (4.7)$$

де  $P$  - розмір премій та надбавок, грн,  $P = 40 \%$ .

Для визначення річного фонду оплати праці основних робітників результати розрахунків за формулами (4.5), (4.6) та (4.7) множаться на кількість виробів ( $B$ ).

Затрати по оплаті праці розмічувальників:

- заводський варіант:

$$З_{oo} = 6 \cdot 20,7 \cdot 2,6 = 322,92 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 322,92 \cdot (0,2 + 0,15) = 113,02 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 322,92 \cdot 0,4 = 129,17 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{oo} = 6 \cdot 20,7 \cdot 2,4 = 298,08 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 298,08 \cdot (0,2 + 0,15) = 104,33 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 298,08 \cdot 0,4 = 119,23 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці різальників:

- заводський варіант:

$$З_{oo} = 6 \cdot 21,5 \cdot 2,7 = 348,3 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 348,3 \cdot (0,2 + 0,15) = 121,91 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 348,3 \cdot 0,4 = 139,32 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{oo} = 6 \cdot 21,5 \cdot 2,5 = 322,5 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 322,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 112,88 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 322,5 \cdot 0,4 = 129 \text{ грн}.$$

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Затрати по оплаті праці свердлильників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 22 \cdot 2,8 = 431,2 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 431,2 \cdot (0,2 + 0,15) = 150,92 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 431,2 \cdot 0,4 = 172,48 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 22 \cdot 2,6 = 400,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 400,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 140,14 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 400,4 \cdot 0,4 = 160,16 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці складальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6 \cdot 21,7 \cdot 3,1 = 429,66 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 429,66 \cdot (0,2 + 0,15) = 150,38 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 429,66 \cdot 0,4 = 171,86 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6 \cdot 21,7 \cdot 2,5 = 325,5 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 325,5 \cdot (0,2 + 0,15) = 113,93 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 325,5 \cdot 0,4 = 130,2 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зварювальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6 \cdot 21,5 \cdot 3,4 = 438,6 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 438,6 \cdot (0,2 + 0,15) = 153,51 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 438,6 \cdot 0,4 = 175,44 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 6 \cdot 21,5 \cdot 2,6 = 335,4 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 335,4 \cdot (0,2 + 0,15) = 117,39 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 335,4 \cdot 0,4 = 134,16 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці зачищувальників:

- заводський варіант:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 18,5 \cdot 2,9 = 375,55 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 375,55 \cdot (0,2 + 0,15) = 131,44 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 375,55 \cdot 0,4 = 150,22 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 7 \cdot 18,5 \cdot 2,5 = 323,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 323,75 \cdot (0,2 + 0,15) = 113,31 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 323,75 \cdot 0,4 = 129,5 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці контролерів:

$$З_{\text{оо}} = 8 \cdot 32,5 \cdot 1,8 = 468 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 468 \cdot (0,2 + 0,15) = 163,8 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 468 \cdot 0,4 = 187,2 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці транспортувальників:

- заводський варіант:

$$З_{\text{оо}} = 11 \cdot 25 \cdot 1,6 = 440 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 440 \cdot (0,2 + 0,15) = 154 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 440 \cdot 0,4 = 176 \text{ грн};$$

- проектний варіант:

$$З_{\text{оо}} = 11 \cdot 25 \cdot 1,4 = 385 \text{ грн};$$

$$З_{\text{до}} = 385 \cdot (0,2 + 0,15) = 134,75 \text{ грн};$$

$$З_{\text{по}} = 385 \cdot 0,4 = 154 \text{ грн}.$$

Для допоміжних робітників розрахунок проводять на річну програму окремо для кожної категорії за формулою [8, с.19]:

$$З_{\text{од}} = r_{\text{д}} \cdot C_p \cdot \Phi_{\text{эф}}, \quad (4.8)$$

де  $З_{\text{од}}$  - основна заробітна плата допоміжних робітників, грн;

$r_{\text{д}}$  - чисельність допоміжних робітників даної категорії;

$C_p$  - годинна тарифна ставка робітника відповідного розряду для погодинної оплати праці, грн.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Додаткова заробітна плата ( $Z_{dd}$ ) та премії і надбавки ( $Z_{nd}$ ) допоміжних робітників розраховується так само, як для основних робітників (формули 4.6, 4.7).

Затрати по оплаті праці наладжувальників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 35 \cdot 1850 = 129500 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 129500 \cdot 0,35 = 45325 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 129500 \cdot 0,4 = 51800 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці ремонтників:

$$Z_{од} = 2 \cdot 35 \cdot 1850 = 129500 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 129500 \cdot 0,35 = 45325 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 129500 \cdot 0,4 = 51800 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці електриків:

$$Z_{од} = 1 \cdot 35 \cdot 1850 = 64750 \text{ грн};$$

$$Z_{дд} = 64750 \cdot 0,35 = 22662,5 \text{ грн};$$

$$Z_{нд} = 64750 \cdot 0,4 = 25900 \text{ грн}.$$

Для інженерно-технічних робітників, службовців та молодшого обслуговуючого персоналу, розрахунок проводять на річну програму по місячному посадовому окладу одного працівника для кожної категорії працюючих за формулою [8, с.19]:

$$Z_{он} = r_n \cdot O_m \cdot 12, \quad (4.9)$$

де  $Z_{он}$  - основна заробітна плата певних категорій працівників, грн;

$r_n$  - чисельність працівників відповідної категорії;

$O_m$  - місячний посадовий оклад одного працівника, грн;

12 - кількість місяців у році.

Додаткова заробітна плата ( $Z_{он}$ ) та премії і надбавки ( $Z_{nn}$ ) розраховуються так само, як для основних робітників. Затрати по оплаті праці ІТР:

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

$$З_{оп} = 1 \cdot 9100 \cdot 12 = 109200 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 109200 \cdot 0,35 = 38220 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 109200 \cdot 0,4 = 43680 \text{ грн}.$$

Затрати по оплаті праці МОП:

$$З_{оп} = 1 \cdot 8500 \cdot 12 = 102000 \text{ грн};$$

$$З_{до} = 102000 \cdot 0,35 = 35700 \text{ грн};$$

$$З_{по} = 102000 \cdot 0,4 = 40800 \text{ грн}.$$

Результати розрахунків затрат по оплаті праці основних, допоміжних, інженерно-технічних робітників та молодшого обслуговуючого персоналу приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Зведена відомість річного фонду оплати праці

| Категорії працівників     | Основна зар. плата, грн |            | Додаткова зар. плата, грн |           |              |            |
|---------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|-----------|--------------|------------|
|                           |                         |            | за шкідливість            |           | інші доплати |            |
|                           | З                       | П          | З                         | П         | З            | П          |
| 1                         | 2                       |            | 3                         |           | 4            |            |
| <b>Основні робітники:</b> |                         |            |                           |           |              |            |
| розмічувальники           | 245096,28               | 226242,72  | 85783,7                   | 79184,95  | 98038,51     | 90497,09   |
| різальники                | 264359,7                | 244777,5   | 92525,9                   | 85672,13  | 105743,88    | 97911      |
| свердлильники             | 327280,8                | 303903,6   | 114548,28                 | 106366,26 | 130912,32    | 121561,44  |
| складальники              | 434815,92               | 247054,5   | 152185,57                 | 86469,08  | 173926,37    | 98821,8    |
| зварювальники             | 443863,2                | 254568,6   | 155352,12                 | 89099,01  | 177545,28    | 101827,44  |
| зачищувальники            | 285042,45               | 245726,25  | 99764,86                  | 86004,19  | 114016,98    | 98290,5    |
| контролери                | 236808                  |            | 82882,8                   |           | 94723,2      |            |
| транспортувальники        | 222640                  | 194810     | 77924                     | 68183,5   | 89056        | 77924      |
| <b>Допоміжні роб.:</b>    |                         |            |                           |           |              |            |
| налагоджувальники         | 129500                  |            | 45325                     |           | 51800        |            |
| ремонтники                | 129500                  |            | 45325                     |           | 51800        |            |
| електрики                 | 64750                   |            | 22662,5                   |           | 29500        |            |
| ІТР                       | 109200                  |            | 38220                     |           | 43680        |            |
| МОП                       | 102000                  |            | 35700                     |           | 40800        |            |
| Разом                     | 2994856,35              | 2488841,17 | 1048199,72                | 871094,41 | 1706145,04   | 1503738,97 |

#### 4.5 Калькуляція собівартості виробу

В розрахунках по визначенню порівняльної економічності варіантів використовується калькуляційний розріз затрат, при якому всі затрати на виробництво групуються відносно до калькуляційних одиниць.

Таблиця 4.6 - Калькуляція собівартості виробу

| Статті калькуляції                                  | Сума затрат, грн |          |
|-----------------------------------------------------|------------------|----------|
|                                                     | З                | П        |
| 1                                                   | 2                | 3        |
| Основні матеріали:                                  | 7897,8           | 7812,48  |
| сталь СтЗсп                                         | 7048,8           | 6969,6   |
| зварювальний дріт Св-08Г2С                          | 507              | 505,44   |
| захисна суміш (МІХ-1 – Ar 82% +CO <sub>2</sub> 18%) | 342              | 337,44   |
| Поворотні відходи                                   | 18               |          |
| Паливо та енергія на технологічні цілі              | 98,9             | 98,6     |
| Основна заробітна плата основних робітників         | 1024,96          | 814,12   |
| Додаткова заробітна плата основних робітників       | 358,74           | 284,94   |
| Премії та надбавки основних робітників              | 409,98           | 352,65   |
| Відрахування на соціальне страхування               | 25,11            | 19,95    |
| Відрахування на медичне страхування                 | 44,84            | 35,62    |
| Витрати на утримання та експлуатацію устаткування   | 364,22           | 364,22   |
| Цехові (дільничні) витрати                          | 237,6            | 237,6    |
| Всього цехова собівартість                          | 10444,15         | 10002,18 |

#### 4.6 Розрахунок суми капіталовкладень для розробленого технологічного процесу та його економічної ефективності

Необхідні визначення проектної суми капітальних витрат подано у таблиці 4.7.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 4.7 - Зведена відомість капітальних витрат

| Види капітальних<br>затрат | Кількість<br>натуральних<br>одиницях |         | Вартість одиниці,<br>грн       |                                         | Затрати на<br>перевезення та<br>монтаж, грн |       |
|----------------------------|--------------------------------------|---------|--------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|-------|
|                            | З                                    | П       | З                              | П                                       | З                                           | П     |
| Будівлі та споруди         |                                      |         |                                |                                         | -                                           | -     |
| Устаткування:              |                                      |         |                                |                                         |                                             |       |
| різальне                   | 3                                    | 3       | 15000                          | 15000                                   | 750                                         | 750   |
| свердлильне                | 1                                    | 1       | 40000                          | 40000                                   | 2000                                        | 2000  |
| складальне                 | 4                                    | 3       | 134500                         | 134500                                  | 6725                                        | 6725  |
| зварювальне                | 4                                    | 3       | 150500                         | 150500                                  | 7525                                        | 7525  |
| зачищувальне               | 3                                    | 3       | 2600                           | 2600                                    | 130                                         | 130   |
| контрольне                 | 2                                    | 2       | 11000                          | 11000                                   | 550                                         | 550   |
| транспортне                | 2                                    | 2       | 400000                         | 400000                                  | 20000                                       | 20000 |
| Інструменти:               |                                      |         |                                |                                         |                                             |       |
| молоток                    | 10                                   | 8       | 200                            | 200                                     | 10                                          | 10    |
| диск зачисний              | 3                                    | 3       | 50                             | 50                                      | 2,5                                         | 2,5   |
| щітка                      | 3                                    | 3       | 80                             | 80                                      | 4                                           | 4     |
| рулетка                    | 9                                    | 8       | 450                            | 450                                     | 22,5                                        | 22,5  |
| кернер                     | 3                                    | 3       | 185                            | 185                                     | 9,25                                        | 9,25  |
| лінійка                    | 9                                    | 8       | 120                            | 120                                     | 6                                           | 6     |
| маркер                     | 9                                    | 8       | 240                            | 240                                     | 12                                          | 12    |
| Разом                      |                                      |         |                                |                                         |                                             |       |
| Види капітальних<br>затрат | Загальна вартість,<br>грн            |         | Норма<br>амортиз.<br>відрах, % | Річна сума амортиз.<br>відрахувань, грн |                                             |       |
|                            | З                                    | П       |                                | З                                       | П                                           |       |
| Будівлі та споруди         | 6990500                              | 6990500 | 5                              | 349525                                  | 349525                                      |       |
| Устаткування:              |                                      |         |                                |                                         |                                             |       |
| різальне                   | 45750                                | 45750   | 8,5                            | 3888,75                                 | 3888,75                                     |       |
| свердильне                 | 42000                                | 42000   | 8,5                            | 3570                                    | 3570                                        |       |

Продовження таблиці 4.7

|               |            |            |     |           |           |
|---------------|------------|------------|-----|-----------|-----------|
| складальне    | 544725     | 410225     | 7   | 38130,75  | 28715,75  |
| зварювальне   | 609525     | 459025     | 7,5 | 45714,38  | 34426,88  |
| зачищувальне  | 7930       | 7930       | 8,5 | 674,05    | 674,05    |
| контрольне    | 22550      | 22550      | 6,5 | 1465,75   | 1465,75   |
| транспортне   | 820000     | 820000     | 7,5 | 61500     | 61500     |
| Інструменти:  |            |            | 15  |           |           |
| молоток       | 2010       | 1610       |     | 301,5     | 241,5     |
| диск зачисний | 152,5      | 152,5      |     | 22,88     | 22,88     |
| щітка         | 244        | 244        |     | 36,6      | 36,6      |
| рулетка       | 4072,5     | 3622,5     |     | 610,88    | 543,38    |
| кернер        | 564,25     | 564,25     |     | 84,64     | 84,64     |
| лінійка       | 1086       | 966        |     | 162,9     | 144,9     |
| маркер        | 2172       | 1932       |     | 325,8     | 289,8     |
| Разом         | 9093281,25 | 8807071,25 |     | 506013,86 | 485129,86 |

#### 4.7 Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

Річний економічний ефект визначається за формулою [8, с.27]:

$$E_{\phi} = ((C_{nz} + E_n \cdot \Phi_{mz}) - (C_{nn} + E_n \cdot \Phi_{mn})) \cdot B, \quad (4.10)$$

де  $C_{nz}$  - повна собівартість виробу за заводськими даними, грн ( $C_{nz} = 16812,57$  грн);

$C_{nn}$  - повна собівартість виробу за проектними даними, грн ( $C_{nn} = 15886,81$  грн);

$\Phi_{mz}$  - фондомісткість продукції за заводськими даними, грн/шт ( $\Phi_{mz} = 10444,15$  грн/шт);

$\Phi_{mn}$  - фондомісткість продукції за проектними даними, грн/шт ( $\Phi_{mn} = 10002,18$  грн/шт);

$E_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ( $E_n=0,15$ ).

$$E_{\phi} = ((16812,57 + 0,15 \cdot 10444,15) - (15886,81 + 0,15 \cdot 10002,18)) \cdot 2400 = 2380933,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень визначається за формулою [8,с.28]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{ocz} - \Phi_{ocn}}{E_{yp}}, \quad (4.11)$$

де  $\Phi_{ocz}$  - вартість основних виробничих фондів за заводським варіантом, грн ( $\Phi_{ocz}= 33653232$  грн);

$\Phi_{ocn}$  - вартість основних виробничих фондів за проектним варіантом, грн ( $\Phi_{ocn}= 32327184$  грн);

$E_{yp}$  - умовна річна економія, грн, яка розраховується за формулою [8, с.28]:

$$E_{yp} = B \cdot (C_{nz} - C_{mn}), \quad (4.12)$$

$$E_{yp} = 2400 \cdot (16812,57 - 15886,81) = 2221824 \text{ грн};$$

$$T_{ок} = \frac{33653232 - 32327184}{2221824} = 0,6 \text{ р.}$$

Порівняльний аналіз техніко-економічних показників показано у таблиці 4.8.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 4.8 - Основні техніко-економічні показники розробленого технологічного процесу

| Показники                                     | Одиниця виміру | Величина |           |
|-----------------------------------------------|----------------|----------|-----------|
|                                               |                | З        | П         |
| 1                                             | 2              | 3        | 4         |
| Річна програма випуску продукції              | шт             | 2400     | 2400      |
| Кількість технологічного устаткування         | шт             | 18       | 17        |
| Собівартість товарної продукції               | грн            | 16812,57 | 15886,81  |
| Чисельність промислово-виробничого персоналу: |                |          |           |
| - всього                                      | чол            | 31       | 29        |
| - основних робітників                         | чол            | 24       | 22        |
| Фондомісткість продукції                      | грн/шт         | 10444,15 | 10002,18  |
| Умовна річна економія                         | грн            | -        | 2221824   |
| Річний економічний ефект                      | грн            | -        | 2380933,2 |
| Термін окупності капітальних вкладень         | роки           | -        | 0,6       |
| Місячний оклад основних робітників:           |                |          |           |
| - розмічувальники                             | грн            | 11867,31 | 10954,44  |
| - різальники                                  | грн            | 12800,03 | 11851,88  |
| - свердлильники                               | грн            | 15846,6  | 14714,7   |
| - складальники                                | грн            | 15790,01 | 11962,13  |
| - зварювальники                               | грн            | 16118,55 | 12325,95  |
| - зачищувальники                              | грн            | 13801,46 | 11897,81  |
| - контролери                                  | грн            | 17199    | 17199     |
| - транспортувальники                          | грн            | 16170    | 14148,75  |

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Джерела та оцінка мікроклімату робочої зони при виконанні зварювання

Характеристика основних показників метеорологічних умов.

Життєдіяльність людини завжди протікає у певних метеорологічних умовах, що визначаються поєднанням температури повітря, швидкості його руху і відносної вологості, барометричним тиском та інтенсивністю теплового випромінювання. Ці показники в сукупності (за винятком барометричного тиску) характеризують метеорологічні умови середовища (мікроклімат) виробничого приміщення. Якщо робота виконується на відкритих майданчиках, то метеорологічні умови визначаються кліматичним поясом і сезоном року. Проте і в цьому випадку в робочій зоні створюється певний мікроклімат [9, с155].

Характеристика основних параметрів.

- Температура ( $t, ^\circ\text{C}$ ) є одним з основних параметрів повітря, що характеризує його тепловий стан (ступінь нагрятості), тобто кінетичну енергію молекулярних рухів повітря [9, с155-156]:

- Вологовміст повітря у виробничому приміщенні оцінюється відносною вологістю ( $\phi, \%$ ), тобто відношенням абсолютної вологості до максимально можливої при цій температурі.

- Швидкість (рухливість) повітря ( $V, \text{м/с}$ ) оцінюється вектором усередненої швидкості переміщення повітряних потоків (струменів) під дією різних сил, що їх викликають.

- Під атмосферним тиском ( $P, \text{мм рт. ст.}$ ) розуміють модуль величини, яка характеризує інтенсивність сил, зумовлених масою вищого стовпа повітря на одиницю поверхні. Нормальним прийнято вважати тиск, що дорівнює  $1013,25 \text{ ГПа}$  ( $760 \text{ мм рт. ст.}$ ). Для перерахування в гектопаскалі тиску, вираженого в мм рт. ст., користуються таким співвідношенням:  $P, \text{ГПа} = 4/3P$ ,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 57   |

мм рт. ст. Інші фактори мікроклімату: тиск повітря, концентрація кисню в повітрі, ступінь іонізації повітря, а також температура навколишніх поверхонь – будуть розглянуті далі у відповідних підрозділа [9, с156].

- Мікроклімат в робочій зоні визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості і швидкості руху повітря, а також температурою навколишніх поверхонь. За ступенем впливу на тепловий стан людини мікрокліматичної умови поділяють на оптимальні та допустимі.

Оптимальні мікрокліматичні умови – це поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Величини показників, які характеризують допустимі мікрокліматичні умови, встановлюються для постійних і непостійних робочих місць [10].

Постійне робоче місце - місце, на якому працюючий знаходиться понад 50% робочого часу або більше 2-х годин безперервно. Якщо при цьому робота здійснюється в різних пунктах робочої зони, то вся ця зона вважається постійним робочим місцем.

Непостійне робоче місце - місце, на якому працюючий знаходиться менше 50% робочого часу або менше 2-х годин безперервно [11].

Нормовані параметри мікроклімату: температура, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря в приміщенні встановлюються з урахуванням

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 58   |

періоду року та категорії робіт по енергозатратам. У зв'язку з тим, розрізняють теплий та холодний період року.

Теплий період року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього середовища вище  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Холодний період року – період року, який характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря, що дорівнює  $+10^{\circ}\text{C}$  і нижче.

Всі роботи, що виконуються людиною, залежно від енерговитрат на їх виконання поділяються на три категорії (табл. 1) [10].

1) Легкі фізичні роботи (категорія I) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 105-140 Вт (90-120 ккал/год.) – категорія Ia та 141-175 Вт (121-150 ккал/год.) – категорія Ib. До категорії Ia належать роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження. До категорії Ib належать роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням.

2) Фізичні роботи середньої важкості (категорія II) охоплюють види діяльності, при яких витрата енергії дорівнює 176-232 Вт (151-200 ккал/год.) – категорія IIa та 233-290 Вт (201-250 ккал/год.) – категорія IIb. До категорії IIa належать роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи і потребують певного фізичного напруження. До категорії IIb належать роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів та супроводжуються помірним фізичним напруженням.

3) Важкі фізичні роботи (категорія III) охоплюють види діяльності, при яких витрати енергії становлять 291-349 Вт (251-300 ккал/год.). До категорії III належать роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль. Зварювальні роботи відносять до третьої категорії [10].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таблиця 5.1 - Категорії робіт за ступенем важкості [10]

| Категорія робіт    |     | Енерговитрати |           |
|--------------------|-----|---------------|-----------|
|                    |     | ват           | ккал/год  |
| Легкі              | Ia  | До 139        | До 120    |
|                    | Iб  | 140-174       | 121-150   |
| Середньої важкості | IIa | 175-232       | 151-200   |
|                    | IIб | 233-290       | 201-250   |
| Важкі III          |     | Понад 290     | Понад 250 |

При комфортному (оптимальному) мікрокліматі встановлюється стаціонарний тепловий стан системи «людина – оточуюче середовище», який характеризується тим, що кількість тепла, що утворюється за одиницю часу, дорівнює кількості тепла, що віддає організм за той же проміжок часу в оточуюче середовище. При цьому утворюються оптимальні умови для роботи всіх функціональних систем організму в сполученні з суб'єктивним відчуттям комфорту. Такі умови мікроклімату забезпечують високий рівень працездатності. Незначне відхилення стаціонарного стану від комфортного навіть на короткий час приводить до зниження працездатності людини в середньому на 10–15%, що особливо відчутно при інтенсивній розумовій праці [10].

В даному пункті ми розглянули основні показники мікроклімату на робочому місці і їх характеристику, різновид мікрокліматичних умов праці, види робочих місць, періоди року що мають доволі великий вплив на мікрокліматичні умови праці а також категорії важкості робіт за енерговитратами.

Зварювальні роботи належать до категорії важкої фізичної праці, яка потребує значних енерговитрат. Зварювальник постійно перебуває під впливом метеорологічних умов, які включають температуру, вологість, швидкість руху повітря та інші фактори, що визначають мікроклімат робочого

середовища. Забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов є важливим для підтримання теплового комфорту, високої працездатності та здоров'я зварювальника. Допустимі мікрокліматичні умови можуть викликати тимчасовий дискомфорт і напруження механізмів терморегуляції, але не повинні завдавати шкоди здоров'ю. Таким чином, створення належних мікрокліматичних умов на робочому місці є ключовим фактором для ефективної і безпечної роботи зварювальника.

## 5.2 Вимоги до організації робочого місця зварювальника

### Загальні вимоги

Організація робочого місця зварювальника повинна забезпечити ефективну та безпечну роботу, відповідати вимогам охорони праці, забезпечувати зручність і комфорт для працівника. Правильне розміщення обладнання, інструментів і матеріалів сприяє підвищенню продуктивності праці та зниженню ризику виробничих травм.

### Розташування робочого місця

Робоче місце зварювальника повинно бути розташоване таким чином, щоб забезпечувати зручний доступ до всіх необхідних матеріалів та обладнання. У приміщенні повинно бути достатньо простору для вільного пересування зварювальника та розміщення зварювальних апаратів, допоміжних інструментів і матеріалів.

На кожне стаціонарне робоче місце працівника з електрозварювальних робіт, крім площі, займаної устаткуванням і проходами, повинно бути відведено не менше 4,5 м<sup>2</sup>. На стаціонарних робочих місцях у положенні «стоячи» повинні використовуватися спеціальні підставки (підвіски) для зменшення статичного навантаження на руки працівника. Не дозволяється полегшувати навантаження на руку працівника перекиданням шланга (кабелю) через плече або навиванням його на руку працівника [12].

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 61   |

Робоче місце має бути обладнане стійкими і міцними столами, верстаками або спеціальними підставками для зварювання. Важливо, щоб робоча поверхня була виготовлена з негорючих матеріалів і мала стійкість до високих температур.

#### Освітлення

Освітлення на робочому місці зварювальника повинно бути достатньо яскравим, рівномірним і не створювати тіней. Оптимальним варіантом є комбіноване освітлення, яке включає як природне, так і штучне освітлення. Лампи мають бути розташовані таким чином, щоб світло не засліплювало зварювальника і не створювало відблисків на робочій поверхні.

Для зварювальних робіт рекомендується використовувати лампи з високою світловіддачею і відсутністю мерехтіння. Також доцільно використовувати спеціальні зварювальні щитки або маски з автоматичним затемненням для захисту очей від яскравого світла дуги.

#### Вентиляція

Зварювальні роботи супроводжуються виділенням шкідливих газів, диму та пилу. Тому важливо забезпечити ефективну вентиляцію на робочому місці. Приміщення повинно бути обладнане витяжною вентиляцією з локальними відсосами, розташованими безпосередньо над робочою зоною зварювання.

Локальні відсоси повинні бути налаштовані таким чином, щоб максимально ефективно видаляти шкідливі виділення, не перешкоджаючи роботі зварювальника. Вентиляційна система повинна регулярно перевірятися і чиститися для підтримання її ефективності.

#### Захисні засоби

Зварювальне обладнання та робоче місце повинні бути забезпечені необхідними засобами захисту. Зварювальник повинен користуватися спеціальним одягом, включаючи вогнетривкий костюм, рукавиці, захисні

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 62   |

окуляри або маску з автоматичним затемненням, а також взуття з негорючих матеріалів.

Крім індивідуальних засобів захисту, робоче місце повинно бути обладнане захисними екранами або перегородками, які захищають інших працівників від яскравого світла дуги та шкідливих виділень.

#### Організація робочого процесу

Організація робочого процесу повинна передбачати зручний доступ до всіх необхідних інструментів і матеріалів. Інструменти та матеріали мають бути розміщені на спеціальних стелажах, полицях або візках, що дозволяє зварювальнику швидко знайти потрібний предмет і мінімізувати час на пошук.

Важливо забезпечити зручний доступ до зварювальних апаратів і розеток для підключення обладнання. Кабелі та шланги не повинні створювати небезпеку спотикання або перешкоджати руху зварювальника.

#### Техніка безпеки

Техніка безпеки при зварювальних роботах передбачає дотримання ряду вимог. Зварювальник повинен пройти спеціальне навчання з охорони праці та зварювальних технологій. Працювати з обладнанням, що знаходиться у справному стані, а також дотримуватися всіх правил зварювання та обслуговування апаратів.

На робочому місці повинні бути розміщені вогнегасники, аптечки першої допомоги та інші засоби для екстрених ситуацій. Важливо регулярно проводити інструктажі та перевірки з техніки безпеки для підтримання високого рівня безпеки на робочому місці.

У виробничих приміщеннях зварювальних цехів, де проводяться роботи зі шкідливими речовинами (кислотами, лугами), для промивання очей і шкіри повинні бути передбачені душі і фонтанчики. Працівники повинні бути забезпечені питною водою, якість якої повинна відповідати Державним санітарним нормам та правилам «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» ДСанПін 2.2.4-171-10. Оброблення поверхонь

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

виробничих приміщень повинно унеможливлювати накопичення пилю, поглинання парів та газів і дозволяти систематичне прибирання поверхонь вологим способом [13].

Організація робочого місця зварювальника є важливою складовою ефективного та безпечного виконання зварювальних робіт. Забезпечення належних умов праці, включаючи правильне розташування обладнання, достатнє освітлення, ефективну вентиляцію, захисні засоби та дотримання техніки безпеки, сприяє підвищенню продуктивності праці та зниженню ризику виробничих травм. Усе це забезпечує комфорт і безпеку зварювальника, що є ключовими факторами для успішного виконання робіт.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 64   |

## ВИСНОВКИ

При вдосконаленні технологічного процесу виготовлення обмежувального стовпчика було запропоновано низку рішень, спрямованих на підвищення ефективності та якості виробництва, а саме:

- заміна обладнання – використання сучасних апаратів забезпечить стабільні режими зварювання та підвищить якість шва;
- застосування газової суміші MIX-1 (Ar 82% + CO<sub>2</sub> 18%) – вона зменшує розбризкування електродного металу, що скорочує час на зачищення та покращує поверхню шва;
- клавішні пневматичні притискачі – їх використання значно прискорює процес складання порівняно з гвинтовими, знижуючи трудомісткість і витрати часу.

Обмежувальний стовпчик виготовляється із конструкційної маловуглецевої сталі марки Ст3сп, тому зварювання виконується напівавтоматичним способом в суміші MIX – 1 (82% Ar+18% CO<sub>2</sub>) із використанням дроту марки Св-08Г2С ø 1,2 мм.

Зварювальні роботи в технологічному процесі виготовлення обмежувального стовпчика виконуватимуться напівавтоматом DeWALT DXWDMIG200E.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк І.В., Іваськів О.Ф., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
2. Сталь Ст3сп. Метінвест: веб-сайт. URL: <https://metinvestholding.com/ua/products/steel-grades/st3sp> (дата звернення: 21.05.2026).
3. Квасницький В.В. Теорія процесів зварювання. Дослідження фізико-хімічних і металургійних процесів та здатності металів до зварювання: навч. посіб. Миколаїв: УДМТУ, 2002. 181 с.
4. Довідник зварника. Бібліотека Дніпровської політехніки: веб-сайт. URL: <https://libarch.nmu.org.ua/handle/GenofondUA/77382?locale-attribute=es> (дата звернення: 25.05.2026)
5. Технологія і обладнання зварювання плавленням. Зварювання і споріднені процеси: веб-сайт. URL: <http://drawings.zp.ua/index.php/literatura/87-metallurgiya/zwariuvannia-i-sporidneni-protsessy/zahal-na-literatura-po-zwariuvanniu/558-A-a-i-tekhnologiya-i-obladnannia-zwariuvannia-plavlenniam> (дата звернення: 25.05.2026).
6. Зварювальний інверторний напівавтомат DeWALT DXWDMIG200E. Напівавтомати (MIG/MAG) DeWALT: веб-сайт. URL: <https://e-ukrservice.com/napivavtomaty-mig-mag/zvarjuvalnyj-invertornyj-napivavtomat-dewalt-dxwdmig200e-dxwdmig200e> (дата звернення: 25.05.2026).
7. ДСТУ 3159-95. Ресурсозбереження. Нормування витрат зварювальних матеріалів. Загальні вимоги, методи визначення нормативів ручного і механізованого електрозварювання. [Чинний від 1996-07-01]. Київ, 1995. 36 с. (Держстандарт України).
8. Редьква О.З. Економіка та організація виробництва: методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2022. 30 с.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

9. В.В. Березуцький, Т.С. Бондаренко, Г.Г. Валенко та ін. Основи охорони праці: навч. посіб. Харків: Факт, 2007. 480 с.

10. Дослідження параметрів мікроклімату. Теоретична частина: веб-сайт. URL: [https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/40293/mod\\_resource/content/1/Практична%20робота%20№5.pdf](https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/40293/mod_resource/content/1/Практична%20робота%20№5.pdf) (дата звернення: 11.06.2026).

11. Постанова N 42 від 01.12.99 м.Київ. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 11.06.2026).

12. Новини. Які є основні вимоги до умов праці під час виконання зварювання металів: веб-сайт. URL : <https://oppb.com.ua/news/yaki-ye-osnovni-vymogy-do-umov-praci-pid-chas-vykonannya-zvaryuvannya-metaliv> (дата звернення: 11.06.2026).

13. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (ДСанПіН 2.2.4-171-10). НАКАЗ 12.05.2010 № 400: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 11.06.2026).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

ДОДАТКИ

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КР.422.35.00.00.000.ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |